

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTÉ DE GÉNIE ÉLECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE

THÈSE DE DOCTORAT LMD

DISCIPLINE : INFORMATIQUE

Option « Intelligence Artificielle et Système d'Information »

Présentée par
Aicha AID

Sujet

Formulation d'un environnement générique d'un service dans un système pervasif public en cas de situation d'urgence

Devant le jury d'examen composé de :

Mr	AHMED OUAMER Rachid	Professeur	U.M.M.T.O	Président
Mr	RASSOUL Idir	M.C.A	U.M.M.T.O	Rapporteur
Mr	DJOUADI Mansour Yacine	Professeur	USTHB	Examineur
Mr	MEZGHICHE Mohamed	Professeur	UMBBoumerdes	Examineur
Mr	DAOUI Mhamed	M.C.A	U.M.M.T.O	Examineur

Soutenue le:

Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier vivement monsieur Idir Rassoul, Maître de conférences à l'Université de Tizi-Ouzou, pour avoir encadré et dirigé mes travaux de recherche. Je lui exprime ma profonde gratitude pour la confiance qu'il m'a accordé en me proposant le sujet de ma thèse, ainsi que pour ses précieuses remarques, ses commentaires, sa disponibilité et son aide qui m'ont permis d'accomplir et d'améliorer la qualité de mes travaux.

Je remercie grandement monsieur Mansour Yacine Djouadi, Professeur à l'USTHB, monsieur Mohamed Mezghiche, Professeur à l'Université de Boumerdes, et monsieur Mhamed Daoui, Maître de conférences à l'Université de Tizi-Ouzou, pour l'honneur qu'ils me font en acceptant d'être rapporteurs de ce mémoire et d'évaluer ses contributions. Je remercie également vivement monsieur Rachid Ahmed Ouamer, Professeur à l'Université de Tizi-Ouzou, pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ma soutenance de thèse. Je tiens à leur témoigner à tous toute ma gratitude pour leurs remarques et leurs commentaires éclairés et pertinents.

Je remercie chaleureusement les responsables de la bibliothèque centrale de l'USTHB pour leur générosité et leurs précieuses formations. Je leur suis sincèrement reconnaissante de m'avoir fourni les moyens nécessaires me permettant de mener à bien mes travaux.

Merci à toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à mes recherches et à l'élaboration de cette thèse. Je pense particulièrement aux membres du LARI ainsi qu'à tous ceux, au laboratoire ou ailleurs, avec lesquels j'ai pu échanger avis, idées et conseils. Je leur souhaite beaucoup de succès.

Je remercie du fond du cœur, peut-être jamais assez, ma famille et particulièrement mes parents et mon petit frère Sofiane qui ont toujours cru en moi et m'ont soutenu par leur affection inconditionnelle et leurs encouragements tout au long de mes années d'étude.

Merci enfin à tous mes amis qui, à l'université ou en dehors, ont grandement contribué par leur présence, leur aide et leur appui, à l'accomplissement de cette thèse.

Résumé

Quand une catastrophe naturelle ou d'origine anthropique se produit dans une zone géographique donnée, la tâche principale de tout décideur et de tout secouriste impliqués dans sa gestion est de collecter un maximum d'informations situationnelles susceptibles de contribuer à la compréhension de cette crise et de ses impacts sur l'environnement. Ce processus de compréhension, appelé situation-awareness, est capital pour ces entités responsables qui leur permettrait de prendre conscience et d'analyser correctement la situation et être ainsi en mesure de lancer les bons plans d'interventions et de secours. Ces informations situationnelles collectées sont partagées et rendues accessible aux différentes entités participantes dans l'objectif de supporter la communication et la coopération dans les opérations de gestion de crise et de réponse. En effet, ces dernières nécessitent un accès dynamique et en continu à des informations situationnelles pertinentes, précises, à jour, et hétérogènes. En plus des sources classiques d'information, les solutions technologiques tel que les outils applicatifs et logiciels d'alerte professionnels ou grand public, les médias sociaux, le journalisme numérique, les forums de discussion communautaires, et les plateformes de cartographie en ligne ont permis à de nouvelles formes de collecte et de partage d'informations situationnelles d'émerger et de s'imposer. De plus, le rapide développement et l'adoption des smartphones, des PDA, des capteurs et d'autres périphériques personnels, conduisant à des technologies de l'information et de la communication ubiquitaires, offre la possibilité aux décideurs professionnels, aux secouristes, et aux volontaires affiliés ou spontanés d'enrichir, de relier, et de coordonner l'envoi et la réception de l'information situationnelle collectée entre tous les différents acteurs impliqués dans le processus de gestion de crise. De grandes quantités d'informations, provenant de sources hétérogènes, sous des formats différents, sont par conséquent reçues et transmises de manière dynamique et pervasive, ce qui rend critique leur consultation et leur utilisation. En effet, le manque en temps et en ressource qu'éprouvent les décideurs et les secouristes dans les situations d'urgence impose une meilleure gestion afin d'éviter la surcharge informationnelle et le gaspillage des ressources disponibles. Ajoutant à cela, la multitude d'organismes et d'organisations impliqués dans les efforts d'intervention et de réponse face à une crise impose la gestion d'un partage d'informations entre différents

domaines et acteurs. Ainsi, savoir qui est quoi, qui a besoin de quoi et où est nécessaire pour accomplir convenablement cette tâche. Les techniques de gestion et de filtrage d'information combinées à la sensibilité au contexte peuvent être utilisées afin de personnaliser la transmission et la distribution des informations situationnelles entre les acteurs de réponse. Cela dit, l'utilisation de ces techniques peut être rendue compliquée à cause des caractéristiques des opérations d'intervention et de réponse en gestion de crise et de l'environnement communicatif construit par les entités responsables participantes. Durant une crise, l'environnement touché est imprévisible et peut changer à tout moment. L'information décrivant cette situation d'urgence est donc collectée et partagée en continu et en temps réel afin de mettre à jour et de transmettre au bon moment ces nouveaux changements pour appuyer une bonne prise de décision. Ce type de partage d'informations situationnelles doit prendre en compte notamment la nature dynamique et pervasive de l'environnement construit par les différents acteurs d'urgence qui s'appuient désormais sur des périphériques mobiles et hétérogènes à ressources-limitées pour informer et s'informer. De là, la transmission en temps réel d'une information situationnelle actionnable et pertinente au bon décideur/secouriste devient extrêmement difficile vis-à-vis de ces nouvelles contraintes et tendances de communication et d'échange d'information.

Nos travaux réalisés dans cette thèse visent à apporter des solutions aux défis cités ci-haut en proposant un framework orienté web service pour périphériques qui décompose ces derniers en un ensemble de six couches. Ce framework permet de regrouper tous les acteurs d'urgence impliqués dans un seul environnement de communication. Cet environnement est pervasif ou chaque acteur, décideur ou secouriste, est un nœud de l'environnement implémenté comme web service pour périphériques et qui a pour fonction de collecter et d'échanger des informations situationnelles (i.e. une source de données). Dès qu'une information situationnelle est collectée et est disponible, le framework se charge d'en extraire un événement situationnel sous le format 5Ws (i.e. What, What-about, Where, When, et Who) puis le modéliser en triplets RDF en se basant sur les techniques du web sémantique et des ontologies. Ensuite, cet événement situationnel modélisé est transmis en temps réel aux autres nœuds actifs dans l'environnement. Les nœuds à qui l'événement leur sera transmis sont sélectionnés en fonction de leur contexte. En effet, chaque acteur d'urgence dispose d'un profil contextuel construit à partir de trois dimensions de contexte, à savoir, la localisation, l'activité professionnelle, et l'affiliation. Ce profil contextuel est utilisé pour filtrer et personnaliser l'échange des événements situationnels entre les décideurs et les secouristes et ainsi ne leur délivrer que ceux qui leurs sont pertinents.

Les sources de données deviennent donc intelligentes en personnalisant la transmission de leurs informations situationnelles en fonction des besoins des autres sources actives dans l'environnement. Ce framework proposé rend donc capable les acteurs d'urgence d'échanger et de délivrer au bon moment et à la bonne personne la bonne information situationnelle qui répond à des besoins spécifiques ; une information actionnable, à jour, accessible et sous un format approprié.

Mots Clés : informatique pervasive, sensibilité au contexte, situation-awareness, gestion de crise, DPWS, environnement ubiquitaire, web sémantique, filtrage d'information, extraction d'information.

Abstract

When a crisis event occurs, there is a strong need for any involved decision maker to gather in short time frames relevant situational information from different available data sources, to better understand the caused disruptions. Technological devices proliferation and ICT efficiency in timely information sharing didn't leave a choice to responders only to adopt them, supporting their operations. This thesis proposes a framework that aims to solve challenges brought by this new paradigm of information sharing. Based on service oriented architecture, our framework relies on Web Service standard for Devices to make pervasive situation-awareness environment that allows seamless integration of heterogeneous devices. It also provides solutions to filter in real time received information by taking into account the decision maker's context. This context-aware mechanism plays an important role in making the data source intelligent that delivers personalized and actionable view of the situation, relevant to decision maker current needs.

Keywords: pervasive computing; context-awareness; situation-awareness; disaster management; DPWS; ubiquitous environment; semantic web; information filtering; event extraction; emergency response.

Table des matières

Chapitre 1 : Introduction	1
1.1 Contexte et problématiques	2
1.2 Approche et contributions	6
1.3 Plan de la thèse	9
Partie I : Etat de l'art	11
Chapitre 2 : Situation-Awareness dans la Gestion de Crise	11
2.1 Introduction	11
2.2 La gestion de crise et ses phases	13
2.2.1 La mitigation	14
2.2.2 La préparation	14
2.2.3 La réponse	15
2.2.4 Le rétablissement.....	15
2.3 Qu' est ce qui se passe durant une crise ?.....	15
2.4 Le processus de réponse à une situation de crise	17
2.4.1 Le cycle de réponse	18
2.5 Situation-awareness dans la gestion de crise.....	19
2.6 Les TIC dans la réponse et la situation-awareness en gestion de crise	22
2.7 Conclusion.....	26
Chapitre 3 : Les Environnements Sensibles au Contexte	27
3.1 Introduction	27
3.2 Les environnements pervasifs	28
3.2.1 Définition et défis.....	28
3.2.2 Les sous composants d' un environnement pervasif	31
3.2.3 Les environnements pervasifs orientés-services	32
3.2.4 Les environnements pervasifs sensibles au contexte	35

3.2.4.1	Définitions du contexte.....	36
3.2.4.2	Types de contexte	38
3.2.4.3	La capture du contexte.....	39
3.2.4.4	Modélisation du contexte.....	42
3.2.4.5	La sensibilité au contexte (Context-awareness)	45
3.2.4.6	Cycle de vie de la sensibilité au contexte	47
3.2.4.7	Les architectures sensibles au contexte dans la littérature	48
3.3	Conclusion	51

Partie II : Contribution et Réalisation..... 52

Chapitre 4 : Un Framework Sensible au Contexte pour Soutenir la Situation-Awareness 52

4.1	Introduction	53
4.2	Les défis dans le développement d' une solution technologique pour la situation-awareness	53
4.2.1	Travaux connexes.....	61
4.3	Le framework proposé	64
4.3.1	Vision	64
4.3.2	DPWS : Devices Profile for Web Services	66
4.3.3	La couche gestion de contexte.....	71
4.3.3.1	Le modèle contextuel.....	74
4.3.3.2	Le profil contextuel	78
4.3.3.2.1	La dimension contextuelle Where	78
4.3.3.2.2	La dimension contextuelle Who	79
4.3.3.2.3	La dimension contextuelle What	79
4.3.3.3	Architecture	80
4.3.4	La couche d' extraction	81
4.3.5	La couche de modélisation.....	87
4.3.6	La couche de filtrage	88
4.3.7	La couche d' interrogation et de transmission.....	92
4.4	Conclusion.....	92

Chapitre 5 : Réalisation et Evaluation	94
5.1 Introduction	94
5.2 Implémentation du framework proposé.....	95
5.2.1 Langages d' implémentation	95
5.2.2 Plateformes et outils de développement.....	96
5.2.3 Implémentation des consommateurs et producteurs d' événements avec JMEDS	97
5.3 Evaluation du framework proposé.....	99
5.3.1 Evaluation architecturale	102
5.3.2 Evaluation algorithmique	104
5.4 Résultats et discussion	105
5.5 Conclusion	109
 Chapitre 6 : Conclusion & Perspectives	 110
 Références Bibliographiques	 115

Liste des figures

- 1.1 Les domaines de recherche liés à notre problématique principale

- 2.1 Les phases du cycle de la gestion de crise
- 2.2 Le modèle de Situation Awareness proposé par Endsley (1995)
- 2.3 Transformation des informations situationnelles en décisions (Harrald & Jefferson, 2007)
- 2.4 Le flux d'information en gestion de crise

- 3.1 Les acteurs SOA
- 3.2 Architecture générale d'un environnement pervasif sensible au contexte
- 3.3 Pyramide des étapes du contexte-awareness (Coutaz et al., 2005)
- 3.4 Cycle de vie de la sensibilité du contexte selon B. Schilit et al. (1994)

- 4.1 Pile protocolaire de la spécification DPWS
- 4.2 L'architecture des composants DPWS
- 4.3 Le framework de situation-awareness sensible au contexte proposé
- 4.4 Vue d'ensemble sur le modèle contextuel proposé par de Freitas Bulcao Neto and da Graca Campos Pimentel (2005)
- 4.5 Une partie de l'ontologie des Décideurs/Secouristes
- 4.6 Exemple d'un profil contextuel en graphe RDF d'un chef responsable en télécommunications appartenant à l'équipe FITTEST du programme alimentaire mondial et situé à la position (18.53917, -72.335)
- 4.7 L'architecture de la couche gestion de contexte du framework proposé
- 4.8 Le processus de filtrage des événements situationnels

- 5.1 Diagramme de séquence du processus de découverte de services producteurs et de transmission d'événements situationnels au consommateur
- 5.2 Illustration d'un scénario SA implémenté
- 5.3 Les pourcentages des événements évalués « Totalement utile »
- 5.4 Les performances temporelles des Producteurs lors des processus de découverte et de souscription
- 5.5 Les performances temporelles lors des interactions entre Producteurs et Consommateurs d'événements

Liste des tableaux

- 3.1 Eléments du contexte par catégories (Yin, 2012)

- 4.1 Extraction d'événement situationnel à partir d'une information situationnelle rapportée par un acteur du cluster logistique
- 4.2 Liste des classes et des verbes VerbNet de chaque type d'information situationnelle

- 5.1 Langages et outils d'implémentation du framework proposé
- 5.2 Exemples d'évènements situationnels extraits et sélectionnés
- 5.3 Les scores enregistrés dans chaque expérimentation

Liste des acronymes

CAR	Context-Aware Retrieval
DPWS	Devices Profile for Web Services
EI	Extraction d'Information
GPS	Global Positioning System
JMEDS	Java Multi DPWS Stack
MANET	Mobile Ad hoc Network
MOAC	Management of a Crisis Ontology
NER	Named Entity Recognition
OWL	Web Ontology Language
POS tagging	Part-Of-Speech Tagging
RDF	Resource Description Framework
SA	Situation-awareness
SOA	Service Oriented Architecture
SOAD	Service Oriented Architecture for Device
SOAP	Simple Object Access Protocol
SPARQL	Sparql Protocol and RDF Query Language
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication TIC
UPnP	Universal Plug and Play
URI	Uniform Resource Identifier
W3C	World Wide Web Consortium
WSOA	Web Service Oriented Architecture
WSOAD	Web Service Oriented Architecture for Device
XML	Extensible Markup Language
5Ws	What, What-about, Where, Who et When

Chapitre 1

Introduction

Sommaire

Chapitre 1	1
1.1 Contexte et problématiques	2
1.2 Approche et contributions	6
1.3 Plan de la thèse	9

Les situations d'urgence et d'intervention face à une crise naturelle ou technologique représentent des efforts de coopération critiques en termes de temps et de ressources, où l'accès au bon moment à des informations justes et précises est essentiel au bon déroulement des opérations de secours. Un partage efficace d'informations pertinentes décrivant la situation d'après crise entre les différentes entités responsables participantes à ces efforts est susceptible d'être grandement bénéfique, à condition que la disponibilité et la transmission de ces informations situationnelles soient simplifiées et optimisées. Les décideurs et les secouristes s'appuient désormais sur une multitude de périphériques électroniques mobiles comme les smartphones, les PDA, les ordinateurs portables et les tablettes pour collecter, communiquer et transmettre un large volume d'informations et de décisions de manière totalement autonome et pervasive. A ce titre, de nombreuses recherches ont été conduites dans l'objectif de proposer des solutions technologiques intégrant ces nouveaux moyens et techniques apportés par l'informatique pervasive dans les processus de gestion de crise. Leur utilisation s'avère avantageuse, fournissant ainsi une riche infrastructure de communication et de partage d'informations durant les opérations d'intervention. Ces informations à partager

doivent être transmises en temps réel aux bonnes personnes et/ou stocker pour des besoins ultérieurs. Afin d'éviter la surcharge en informations situationnelles transmises, les informations doivent être filtrées préalablement et délivrées aux utilisateurs sous une forme actionnable, appropriée et personnalisée. Cette thèse se focalise sur la manière dont ces informations situationnelles peuvent être partagées et échangées efficacement entre les entités responsables participant aux opérations de secours, sachant que ces dernières s'appuient sur des technologies et des périphériques mobiles pour accomplir leurs tâches, qui reliés ensemble, forment un environnement totalement pervasif.

1.1 Contexte et problématiques

Quand une catastrophe frappe une zone géographique, décideurs et secouristes affiliés à multiples organismes et organisations participent activement aux opérations d'intervention en collaborant ensemble dans le but d'aider la population touchée, sauver des vies et limiter les dégâts matériels et environnementaux causés par cette catastrophe. Ces opérations capitales sont dynamiques et spécifiques à chaque type de situation d'urgence. Les entités responsables se voient attribuées des tâches appropriées relatives à leurs expertises, leurs activités professionnelles et leurs affiliations. Pour organiser efficacement ce type de travail qui nécessite une totale coopération et coordination, la communication entre les participants est donc essentielle afin d'informer par exemple les membres de son équipe sur les tâches réalisées, discuter les décisions à prendre et les transmettre aux bonnes personnes, sélectionner les tâches prioritaires, lister les ressources nécessaires pour chaque opération, assigner et distribuer les tâches, informer et alerter la population sur plans d'évacuation, etc. Ces informations sont appelées informations situationnelles et le bon déroulement des opérations d'intervention et de réponse dépend de manière proportionnelle de la qualité de communication et de circulation de ces informations. En effet, selon la Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge (FISCR), la bonne circulation des informations situationnelles tout au long du cycle de la crise est cruciale pour des opérations de secours efficaces. Une meilleure circulation informationnelle implique un meilleur partage d'information entre les décideurs et les secouristes et donc une meilleure prise de décision et une meilleure gestion de crise. A ce titre, de nombreux équipements, périphériques, technologies et applications logicielles ont été intégrés et développés pour augmenter et améliorer la communication et le partage des informations situationnelles : des

plateformes de cartographie des dommages collaboratives, des applications permettant d'accéder aux dossiers médicaux des patients à distance, des smartphones munis de caméras permettant de prendre en photo et de filmer l'état des lieux et les opérations et de les transmettre en temps réel, des réseaux sociaux publics et professionnels pour faciliter la communication des informations, des écrans et des interfaces de monitoring adaptés aux tâches des utilisateurs, des applications concernant les personnes disparues, des capteurs déployés dans la zone géographique qui mesurent et transmettent des données sur les niveaux d'eau en cas d'inondation, des algorithmes de data mining et de big data qui traitent les informations disponibles afin de prédire de nouvelles connaissances, etc.

Le processus de prise de conscience de la situation d'après crise décrit ci-dessus, incluant la collecte des informations situationnelles et la transformation de celles-ci en décisions de réponse, est appelé Situation-awareness (SA). Selon le modèle d'Endsley (1995), la situation-awareness peut être divisée en trois niveaux hiérarchiques et interdépendants : la perception, la compréhension, et la projection. Le premier niveau inclut les processus de collecte des informations décrivant l'état actuel des éléments qui constituent l'environnement affecté. La compréhension englobe l'intégration et l'interprétation de cet ensemble d'information pour extraire une vue compréhensible de la situation actuelle. Enfin, la projection prédit le futur état de ces mêmes éléments de l'environnement dans l'objectif de supporter une prise de décision préalable.

Ces trois niveaux de SA reflètent l'importance de la précieuse ressource qui transite d'un niveau à un autre, qui est l'information situationnelle. Le processus de prise de décision dans la gestion de crise est fortement lié à la disponibilité au bon moment, à la précision et à la fiabilité de cette dernière. En effet, ce processus exige de fournir des informations situationnelles justes, complètes, détaillée et à jour depuis les zones touchées afin d'être en mesure d'analyser, comprendre et lancer ainsi les opérations d'intervention appropriées à la situation en cours.

Dans les catastrophes naturelles ou anthropiques, comme les ouragans, les typhons, les tremblements de terre et accidents nucléaires, la situation-awareness est considérée comme une partie essentielle et cruciale qui permet de prendre des décisions rapides et efficaces afin d'améliorer les efforts de la phase de réponse du cycle de vie de la gestion de crise. Pour accomplir cette partie critique, nombreuses unités d'intervention et de réponse sont envoyées sur place dès qu'une crise est annoncée afin de collecter, de rassembler et de partager un

grand volume d'informations actionnables pouvant aider à mieux comprendre ce qui se passe dans la zone touchée. Dans ce type de scénarios, la provenance des informations situationnelles peut être depuis des sources multiples et différentes, comme les organismes gouvernementaux, les organisations non gouvernementales, les médias, les organisations de volontariat ou les citoyens. Ces entités travaillent dans des secteurs d'urgence distincts et produisent des formes et des formats informationnels différents en utilisant leurs périphériques hétérogènes (smartphones, tablettes, capteurs, etc.). Toutes ces équipes sont supposées coopérer, coordonner, et communiquer, ensemble, afin d'atteindre l'objectif commun, qui est de sauver des vies, minimiser les pertes économiques et remettre la zone affectée à son état normal d'avant crise.

Ce nouveau paradigme de communication et de partage d'informations entre les décideurs et les secouristes a lancé de nouveaux défis à la situation-awareness et au développement de ses solutions technologiques. En effet, l'intégration rapide des technologies de l'information et de la communication dans les processus de gestion de crise et de réponse a changé les caractéristiques des informations situationnelles collectées en rendant leur volume énorme, leur accès pervasif et leur comportement de diffusion dynamique. Par conséquent, le besoin d'une gestion et d'une transmission informationnelle efficace est incontestable, particulièrement dans la situation-awareness, où les décideurs sont sous contrainte de ressource et de temps dans la prise de décisions critiques. Ceci implique de sélectionner parmi une grande quantité d'informations rendues accessibles par leurs producteurs celles qui sont les plus utiles et les plus pertinentes et de les transmettre directement aux bons consommateurs afin d'éviter la surcharge informationnelle. Ce processus est appelé filtrage d'information.

Selon Hristidis et al. (2010), les systèmes de filtrage d'information filtrent les informations en se basant sur (a) la similarité entre un profile utilisateur et l'information situationnelle et (b) le feedback de pertinence de l'utilisateur. Le profile utilisateur est généralement exprimé sous forme d'un ensemble d'informations contextuelles décrivant l'utilisateur et son environnement. Ces informations contextuelles sont définies par Dey and Abowd (2000) comme toute information qui peut être utilisée pour caractériser la situation d'une entité. Une entité est une personne, un lieu, ou un objet considérée comme pertinente à l'interaction entre l'utilisateur et l'application, y compris l'utilisateur et l'application. Par conséquent, un système de filtrage d'information est sensible au contexte (context-aware) s'il est capable de

prendre en compte le contexte utilisateur afin d'adapter ses opérations de diffusion et d'échange d'informations avec celui-ci.

Autre défi que la situation-awareness dans la gestion de crise devra relever est celui de l'hétérogénéité de l'information situationnelle avec ses formes et formats qui se sont multipliés. En effet, les entités responsables participantes aux opérations de réponse sont affiliées à des organisations différentes utilisant des modèles de données, des standards, des langages et des vocabulaires différents et amenées à échanger leurs informations situationnelles. Par conséquent, des mécanismes supportant des formats standards et un échange informationnel inter et intra organisation doivent être pris en compte (Sanderson, 2007). Ce problème peut être résolu en utilisant les standards de représentation de données, les techniques du web sémantique et les ontologies. De plus, l'information situationnelle est caractérisée par sa dynamicité et sa nature en streaming. En effet, dans un environnement de crise la situation est imprévisible et change continuellement. Ainsi, pour supporter une meilleure situation-awareness, les informations situationnelles collectées doivent être transmises en temps réel pour que les décideurs et les secouristes soient à jour concernant l'état de la situation en cours.

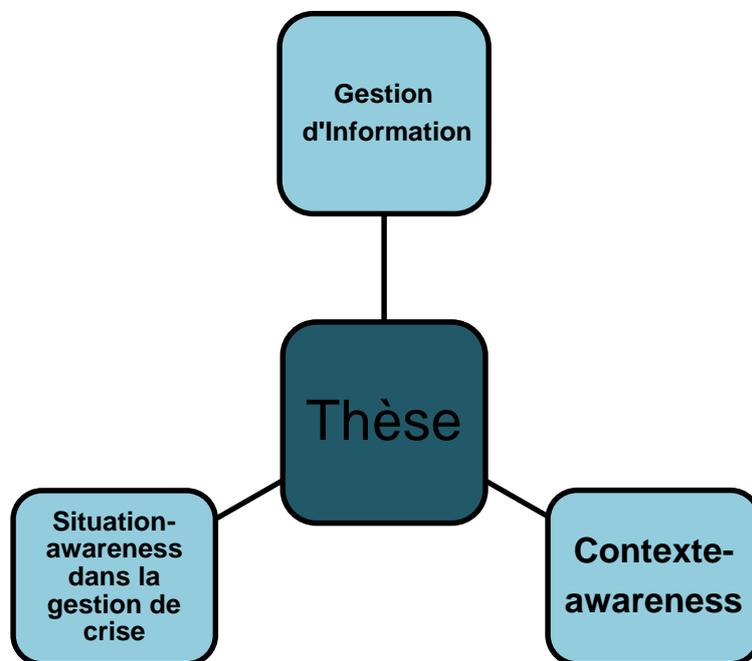


FIG 1.1 – Les domaines de recherche liés à notre problématique principale

Les catastrophes, qu'elles soient naturelles et anthropiques, peuvent toucher n'importe quelle zone géographique comme les métropoles, les petites villes, les sites industriels, etc. Ces environnements diffèrent en termes de moyens et d'infrastructures de communication ; certains sont mieux équipés que d'autres. De plus, les infrastructures existantes peuvent être partiellement ou totalement endommagées à cause de la crise et leur réparation prend du temps. Ceci contraint les décideurs et les secouristes à s'appuyer sur les réseaux avec peu ou pas d'infrastructures pour communiquer les informations situationnelles pertinentes à leurs opérations d'intervention. Ces réseaux se caractérisent par des nœuds/participants dynamiques et distribués causant des changements dans l'organisation du réseau et des déconnexions fréquentes. Par conséquent, des architectures et des mécanismes appropriés sont nécessaires pour gérer ce type de scénario et faciliter le développement des applications pour ces environnements hétérogènes et instables. L'informatique pervasives et ses évolutions ont rendu possible la prise en compte et l'implémentation de ces contraintes. En effet, ses architectures orientées services et ses intergiciels permettent de résoudre les problèmes de dynamique et d'hétérogénéité en fournissant la transparence et l'indépendance des détails de communication, des systèmes d'exploitation, et du matériel (Coulouris, 2005).

De nombreux travaux ont été fait et proposés dans la littérature afin d'aider les décideurs et les secouristes à améliorer leur situation-awareness au moment d'une crise. Aucun d'entre eux n'offre cela dit une solution efficace et adéquate pour le filtrage d'information dans le but de délivrer des informations situationnelles personnalisées aux unités de réponse, pertinentes à leurs besoins informationnels courants et prenant en compte les hétérogénéités matérielles et informationnelles que posent l'adoption des TICs dans les scénarios d'urgence.

Afin de répondre aux questionnements et d'apporter des solutions aux défis présentés dans cette section, trois domaines de recherche ont été décelés et croisés pour y parvenir : la situation-awareness dans la gestion de crise, la sensibilité au contexte et la gestion/partage d'information, comme représenté sur la figure 1.1.

1.2 Approche et contributions

Afin d'accomplir efficacement le processus d'échange et de partage des informations situationnelles collectées et des décisions prises par les différentes entités pervasives de

l'environnement tout en prenant en compte les problématiques et les caractéristiques citées dans la section précédente, cette thèse propose des solutions pour les aspirations suivantes :

Aspiration principale :

Partager et délivrer au bon moment et à la bonne personne la bonne information situationnelle qui répond à des besoins spécifiques ; une information actionnable, à jour, accessible et sous un format approprié.

Cette thèse s'appuie sur les technologies de l'informatique pervasive, à savoir, les architectures orientées web services pour périphériques et la sensibilité au contexte (context-awareness) pour montrer la faisabilité de cette principale aspiration.

Pour réaliser cette principale aspiration, nous l'avons divisé en cinq sous-aspirations :

Aspiration 1 :

Intégrer dynamiquement les différents et hétérogènes périphériques/sources de données qui composent l'environnement et qui agissent de manière totalement autonome et dynamique dans celui-ci en le rejoignant ou en le quittant à tout moment.

Dans un scénario de crise, différentes organisations et entités sont appelées à opérer et à collaborer ensemble pour y faire face. Chacune est équipée de son propre matériel et périphériques servant, entre autres, à collecter et à échanger les informations situationnelles sur l'urgence et le déroulement des opérations d'intervention. Ces sources de données sont hétérogènes et dynamiques dans l'environnement posant un problème d'interopérabilité et de disponibilité de l'information. Cette thèse s'appuie sur le paradigme de l'informatique pervasive et les intergiciels orientés services pour périphériques afin de répondre à ces problématiques. L'implémentation DPWS (Devices Profile for Web Services) est exploitée pour intégrer les différentes sources de données et former un environnement pervasif indépendant du périphérique utilisé et qui gère leur découverte, leur accès et disponibilité pouvant se dégrader à cause des fréquentes déconnexions et interruptions des communications.

Aspiration 2 :

Exploiter les techniques de sensibilité au contexte (context-awareness) pour filtrer et personnaliser les informations situationnelles échangées et ainsi résoudre le problème de surcharge informationnelle qui retarde la prise des décisions.

La démocratisation et l'intégration rapide des périphériques ubiquitaires dans les opérations de situation-awareness en gestion de crise a rendu le volume des informations collectées et échangées énorme, et par conséquent difficile à traiter par les décideurs et les secouristes, qui peuvent notamment être équipés par ces mêmes périphériques à ressources limitées. Transmettre toutes ces informations causera une surcharge informationnelle qui se répercutera à son tour négativement sur le processus de la prise de décision. Dans cette proposition, des profils utilisateurs sont construits à partir de trois dimensions contextuelles, à savoir, la localisation, l'activité professionnelle et l'affiliation pour filtrer les informations situationnelles disponibles et ainsi ne délivrer à un utilisateur donné que celles qui sont pertinentes à son profil contextuel. Les sources de données deviennent donc intelligentes en personnalisant la transmission de leurs informations en fonction des consommateurs de ces informations.

Aspiration 3 :

Gérer l'hétérogénéité des informations situationnelles et de leurs formats.

Les informations situationnelles peuvent être textuelles, sonores ou visuelles, comme des rapports situationnels, des rapports d'évaluation de dommage, des alertes et des avertissements sur un incident, des appels à l'aide, des rapports sur les pertes et les victimes, des donations, des informations logistiques ou sur l'état des routes, etc. Leurs formes, leur provenance et leurs formats sont par conséquent hétérogènes et nombreux. Cette thèse s'appuie sur les techniques du web sémantique, les ontologies, la représentation des données en RDF/XML et le langage de requête SPARQL pour répondre à ce problème.

Aspiration 4 :

Délivrer des informations situationnelles à jour, en temps réel et au bon moment.

Dans les environnements en constant et rapide changement, comme le sont les situations d'urgence, l'information situationnelle est produite continuellement pour fournir aux décideurs la meilleure information à jour. Ces environnements dynamiques rendent également difficile à n'importe quel individu la prédiction de ce qui pourrait arriver, où et quand. Par conséquent, les informations situationnelles doivent être accessibles et délivrées en temps réel dès leur disponibilité. Pour le faire, nous exploitons les mécanismes de souscription et de notification permis par le paradigme orienté service.

Aspiration 5 :

Prendre en considération les contraintes de temps qui se posent aux décideurs et aux secouristes est essentiel dans une solution pour la situation-awareness en gestion de crise.

Les opérations d'intervention et de secours sont des opérations complexes et stressantes pour les décideurs et les secouristes les obligeant à prendre des décisions le plus rapidement possible. N'ayant pas le temps et les ressources nécessaires pour consulter les différentes et nombreuses informations disponibles, ces derniers ont besoin d'informations situationnelles simples et concises pour accomplir efficacement leurs tâches. Dans notre solution, nous exploitons les techniques d'extraction d'information et du traitement automatique du langage afin d'extraire à partir de ces informations des événements modélisés sous le format 5Ws : What, What-about, Where, Who et When.

Les problématiques et les aspirations énumérées ci-haut ont été abordées en étudiant et en analysant des rapports situationnels produits par différentes unités d'intervention et de secours, la littérature et les travaux en rapport avec nos trois domaines de recherche (voir figure 1.1) et enfin, les solutions de situation-awareness en gestion de crise proposées par les chercheurs. En se basant sur ces études et analyses, un ensemble de contraintes et d'aspirations a donc été extrait nous servant de guide dans la conception et la réalisation de notre proposition présentée dans ce manuscrit. Notre contribution se résume en un framework orienté web service pour périphériques décomposant les problématiques et les exigences décrites précédemment en un ensemble de six couches principales: La couche d'extraction, la couche de modélisation, la couche de filtrage, la couche d'interrogation et de transmission, la couche de gestion de contexte et la couche sémantique. Chaque couche apporte une solution aux contraintes et répond à une aspiration donnée.

1.3 Plan de la thèse

Dans ce **premier chapitre**, nous avons présenté le contexte de la situation-awareness dans la gestion de crise et décrit les problématiques qui y sont liées en termes de partage d'informations entre les différentes entités responsable prenant part aux opérations d'intervention. Ensuite, nous avons mis en évidence les défis à relever et les contributions de notre travail. Ce manuscrit est organisé en deux parties principales : la première partie, regroupant les deux chapitres suivants, représente un état de l'art des domaines de recherche

dans lesquels se situe notre travail ; la seconde partie comprend les détails de notre contribution et de sa réalisation. Elle comporte les chapitres 4 et 5.

Le chapitre 2 présente un état de l'art incluant les concepts de base de la gestion de crise et de la situation-awareness en situation d'urgence. Nous étudions les différentes phases du processus de gestion de crise en décrivant un scénario réel de crise. Nous définirons également la situation awareness et ses différents modèles et caractéristiques proposés dans la littérature. Nous terminons le chapitre par une synthèse des usages des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans la situation awareness en gestion de crise et des nouveaux défis que cette dernière a posé dans le développement des solutions informatiques.

Le chapitre 3 présente un état de l'art sur l'informatique pervasive. Dans ce chapitre, nous présentons dans un premier temps les environnements pervasifs et les besoins à satisfaire pour les implémenter. Dans un second temps, nous développons une des caractéristiques de ces environnements qui est la sensibilité au contexte (context-awareness).

Le chapitre 4 détaille l'architecture de notre framework proposé ainsi que les différentes couches qui le composent. Dans ce chapitre, nous présentons les architectures orientés services web pour périphériques et leur implémentation DPWS (Devices Profile for Web Services) sur lesquelles le framework s'appuie. Ensuite, nous détaillons le fonctionnement de chaque couche, les relations entre ces couches et les différents mécanismes et algorithmes développés et utilisés.

Le chapitre 5 détaille l'implémentation du framework sensible au contexte. Nous en présentons les outils de développement utilisés pour concevoir et réaliser ce dernier. Ensuite, nous illustrons le fonctionnement de notre framework à travers un scénario de situation-awareness en situation de crise. La dernière section détaille les évaluations conduites selon trois niveaux et discute les résultats obtenus.

Le chapitre 6 conclue et propose une synthèse des propositions présentées. Par la suite, nous donnons les perspectives et directions de recherche possibles à ce travail.

Première Partie :

Etat de l'Art

Chapitre 2

Situation-Awareness dans la Gestion de Crise

Sommaire

Chapitre 2	11
2.1 Introduction	11
2.2 La gestion de crise et ses phases.....	13
2.2.1 La mitigation	14
2.2.2 La préparation	15
2.2.3 La réponse	15
2.2.4 Le rétablissement.....	15
2.3 Qu’ est ce qui se passe durant une crise ?.....	16
2.4 Le processus de réponse à une situation de crise.....	17
2.4.1 Le cycle de réponse	18
2.5 Situation-awareness dans la gestion de crise.....	19
2.6 Les TIC dans la réponse et la situation-awareness en gestion de crise	22
2.7 Conclusion.....	22

1.1 Introduction

Depuis les années 1990, on assiste à une forte augmentation des catastrophes naturelles dans le monde : inondations, incendies, typhons, sécheresses, etc. Ces désastres climatiques sont devenus à la fois plus fréquents et plus violents sous l’effet du réchauffement planétaire entraînant de lourdes pertes humaines et matérielles. En effet, en moyenne par an, plus de 220 millions de personnes ont été affectées par les catastrophes naturelles et plus de 92 000 ont trouvé la mort de 2000 à 2012 selon les chiffres de l’EM-DAT. Autres catastrophes qui

peuvent toucher une société ou un pays sont celles provoquées par l'homme et ses activités pétrolières, industrielles ou nucléaires. L'un des exemples le plus majeur illustrant la gravité de ce type de désastre est le dernier accident nucléaire qui s'est produit dans la centrale de Fukushima au Japon.

L'ampleur des catastrophes naturelles et technologiques peut varier, à la fois en gravité et en superficie de la zone géographique touchée. En plus de leur impact sur la vie humaine, leurs impacts socio-économiques et politiques, tangibles ou intangibles, sont souvent non négligeables (**Hajji, 2005**). Cette situation de crise risque d'engendrer une paralysie importante des activités quotidiennes des populations affectées. En ce sens, des plans de préparations et d'interventions ont été élaborés et mis en place par les experts afin d'aider les entités responsables et les populations à mieux s'organiser et se protéger face aux situations de vulnérabilité les plus urgentes qui les frappent.

Quelle que soit la crise enregistrée, un lancement rapide et efficace de toute opération d'intervention et de secours réduirait le nombre de morts et de blessés, préviendrait des incidents secondaires et limiterait les pertes économiques et environnementales. Différentes entités publiques, gouvernementales et de volontariat sont appelées à s'engager dans ces opérations, selon l'ampleur de la crise. Les tâches de ces décideurs et secouristes incluent par exemple les mesures d'évacuation, de logistique, d'installation de camps, de distribution de nourriture et d'eau, d'assistance médicale, etc. L'organisation efficace de ce type d'effort basé sur la coopération implique une totale communication et un rapide partage d'information entre ces nombreuses personnes et entités participantes. En effet, ces dernières doivent s'informer sur les tâches accomplies, discuter les décisions à prendre et transmettre les décisions prises, définir les priorités des tâches, distribuer les tâches, prévenir et alerter les citoyens pour le tenir au courant des risques, etc. La qualité de communication et de circulation d'information peuvent influencer sur l'efficacité des opérations d'intervention et de sauvetages (**Sanderson et al., 2007**).

Afin d'être en mesure de lancer dans l'immédiat les opérations d'intervention adéquates, la tâche principale de tout décideur est, par conséquent, de collecter au moment opportun un maximum d'informations pertinentes susceptibles de contribuer à la compréhension de la nouvelle situation d'urgence. La provenance de ces informations situationnelles pourrait être depuis des sources de données différentes, comme des organismes gouvernementaux, des

citoyens, des médias, des organisations non gouvernementales ou d'associations de volontariat, qui travaillent dans des secteurs d'urgence différents et fournissent différents types de rapport servant à décrire efficacement le nouvel état d'après crise de l'environnement.

Un large volume de données situationnelles est collecté lors des situations de crise. Leur exactitude, leur disponibilité en temps réel et leur fiabilité auront un fort impact sur la qualité du processus de la prise de décision (**Mehrotra et al., 2003**). Le rapide développement et adoption des smartphones, des capteurs et des périphériques personnels, conduisant à des technologies de l'information et de la communication ubiquitaires, n'ont laissé d'autres choix aux décideurs que celui de les intégrer afin de soutenir leurs différentes activités de collecte et de partage d'information, permettant ainsi de gagner en efficacité et d'augmenter la situation-awareness.

Ce chapitre est organisé en trois grandes sections : la première présente la gestion de crise, ses concepts de base et ses différentes phases constituant son cycle de vie. La deuxième décrit un scénario de crise et les mesures nécessaires permettant d'intervenir et de répondre à cette crise. Ces mesures englobent la phase de réponse du cycle de vie de la gestion de crise. La troisième section sera consacrée à la situation-awareness en gestion de crise en présentant ses définitions dans la littérature, ses modèles proposés, ses objectifs et ses contraintes. Nous terminons le chapitre par une section synthétisant les usages des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans la situation-awareness en gestion de crise et des nouveaux défis que cette dernière a posés dans le développement des solutions informatiques.

1.2 La gestion de crise et ses phases

Toutes les sociétés modernes sont vulnérables aux catastrophes aussi bien naturelles qu'anthropiques. Former et maintenir des capacités de gestion des crises est alors essentiel et concerne autant les populations à risques que les pouvoirs publics et les formes organisées de la société civile. Ainsi, la gestion de crise en cas de catastrophes englobe l'ensemble des moyens et stratégies qui visent à réduire l'impact et les conséquences de ces événements d'urgence sur la société. Elle consiste à évaluer, prévenir, intervenir, maîtriser et surveiller les risques.

Une crise (ou une situation d'urgence, emergency en anglais) est un événement soudain et imprévu menaçant la sécurité d'une population, des propriétés ou de l'environnement et nécessitant à cet effet des actions d'intervention immédiates (**Cronan, 1998**). La gestion de crise est conceptualisée par un modèle constitué de quatre phases interdépendantes correspondant au cycle de vie et impliquant des compétences différentes (**Drabek, 1986; Landgren, 2007**). Ces quatre phases sont : la mitigation, la préparation, la réponse et le rétablissement (voir figure 2.1).

1.2.1 La mitigation

Cette phase regroupe toutes les activités qui permettent l'élimination et la minimisation des impacts dû aux catastrophes. Elle inclut également l'ensemble des mesures mises en place avant la catastrophe permettant d'étudier les risques et d'identifier les dangers et les vulnérabilités de l'environnement afin de les éviter (par exemple, la construction de digues, l'établissement de règles de construction, la cartographie des risques, etc). La mitigation vise notamment à développer une culture du risque au sein de la population, de la société civile et des autorités locales, notamment au moyen de campagnes de sensibilisation.

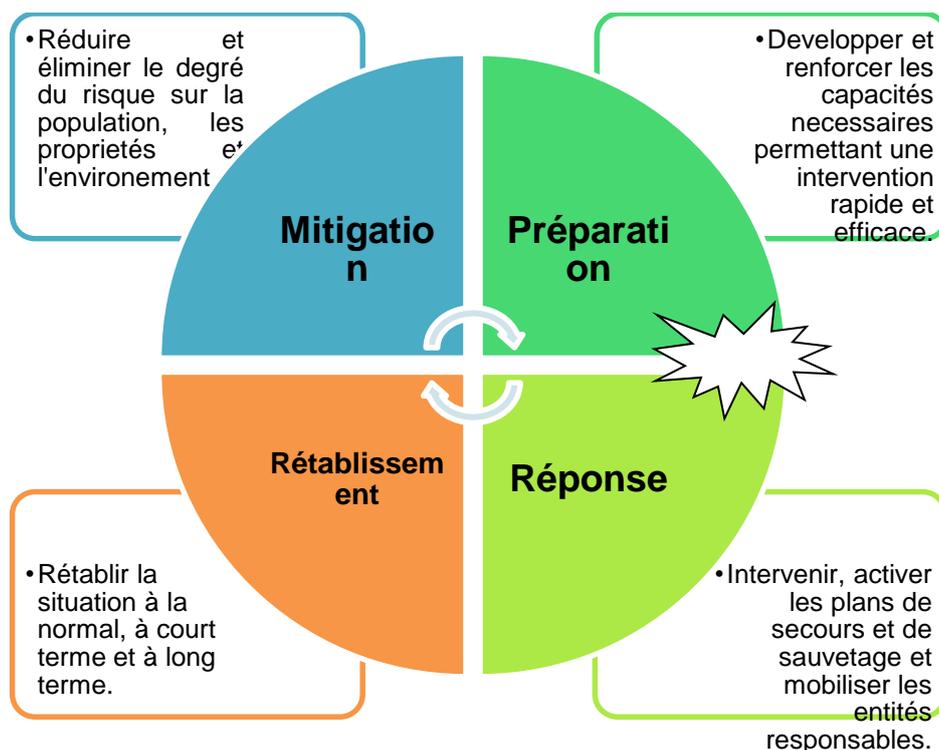


FIG. 2.1 – Les phases du cycle de la gestion de crise

1.2.2 La préparation

Dans la continuité des mesures prises dans la mitigation, des plans et des mécanismes d'intervention et de réaction face à tout type de catastrophe sont élaborés et planifiés par les experts. Ces plans ont pour objectif d'atteindre un niveau satisfaisant de préparation en vue d'intervenir efficacement dans toute situation d'urgence à travers des processus qui renforcent la capacité technique et gestionnaire des entités responsables amenées à protéger les individus et réduire les dégâts socio-économiques. A titre d'exemple, ces mesures préparatifs incluent les systèmes d'alerte, les exercices d'entraînement pour les secouristes, les plans d'évacuation et de sauvetage, la surveillance des risques, l'inventaire des ressources et du matériel, etc.

1.2.3 La réponse

Cette phase concerne les opérations d'intervention à activer dès que qu'une alerte est communiquée. Ces activités de réponse en cas de catastrophe sont exécutées par des décideurs et des secouristes de diverses organisations gouvernementales, des organisations humanitaires, des organismes internationaux et nationaux, des entités locales et des particuliers, chacun avec ses rôles et tâches. Leurs objectifs visent à fournir de l'aide et du secours à la population touchée (par exemple, la recherche et le sauvetage, l'évacuation, l'identification des corps, les soins médicaux, installation des camps de réfugiés, etc.), minimiser les pertes et le risque d'aggravation, ainsi qu'à stabiliser la situation d'urgence pour un retour à la normale le plus vite possible.

1.2.4 Le rétablissement

La phase de rétablissement englobe les activités qui consistent à remettre la zone géographique touchée à sa situation d'avant la crise. On distingue deux types d'activités : (a) les activités de rétablissement à court terme qui permettent de rétablir les fonctions vitales du système et (b) des activités de rétablissement à long terme qui peuvent durer plusieurs années après le désastre (**Hajji, 2005**).

1.3 Qu'est ce qui se passe durant une crise ?

Dans cette partie, un scénario d'une opération de réponse et d'intervention après un séisme est présenté. Ce scénario se base sur des faits d'un réel tremblement de terre ayant frappé Haïti le 10 janvier 2010. Un aussi violent tremblement de terre d'une magnitude de 7,0 sur l'échelle de Richter peut ravager entièrement la zone géographique touchée causant un nombre élevé de morts et de blessés et un total dysfonctionnement qui prive la population de ses besoins les plus élémentaires. Par conséquent, les activités de réponse et de secours peuvent durer des jours, voire des semaines après la catastrophe afin de rétablir la situation et sortir de l'urgence.

Un puissant tremblement de terre provoque des effondrements, des incendies, des chutes de pierres et des avalanches, des glissements de terrains, etc. Les impacts peuvent être importants sur les bâtiments, les routes et l'infrastructure. En effet, les habitations et les hôpitaux peuvent s'effondrer ou s'endommager par les incendies, les infrastructures d'approvisionnement en eau peuvent se dégrader, les infrastructures d'électricité peuvent être endommagées, les ponts et les tunnels peuvent s'écrouler bloquant ainsi les routes aux évacués et aux secouristes et certaines prisons peuvent s'effondrer laissant échapper des prisonniers devenant une source d'insécurité pour la population.

De plus, une des plus grandes conséquences des catastrophes qui affectent une large zone géographique, comme ce fut le cas lors du séisme d'Haïti, est que les équipements de secours, les postes de police, les casernes de pompiers, les sièges des ONG et les bâtiments gouvernementaux peuvent être touchés et endommagés retardant et compliquant ainsi les tâches des entités responsables de la gestion de crise (Sanderson et al., 2007). Endommagées ou surchargées, les infrastructures de communications peuvent elles aussi être affectées par le tremblement de terre, qui affecteront à leurs tour le partage d'information entre les décideurs et les acteurs prenant part aux opérations de réponse nécessaire au bon déroulement de ces opérations (Pužar, 2010).

Dès que la catastrophe est annoncée, les entités responsables et les acteurs d'intervention sont alertés et demandés à se rendre rapidement sur les lieux affectés par la crise. Une fois sur place, leur première tâche réside en la collecte d'un maximum d'information décrivant l'état de la situation actuelle. Ces informations situationnelles sont par la suite analysées et communiquées aux entités appropriées pour qu'elles puissent activer et lancer les plans de réponse adéquats pour chaque situation d'urgence rapportée. Selon Sanderson (Sanderson et

al., 2007), il existe plusieurs flux de communication des informations et des décisions lors d'une catastrophe :

- Des individus travaillant dans une équipe ; Cela pourrait être un groupe d'individus appartenant à une même organisation ou à des organisations distinctes.
- Des flux d'information de la part du leader des opérations de secours destinées au niveau suivant de la hiérarchie, concernant les instructions à faire, etc.
- Des informations de la part des leaders organisationnels au leader des opérations de secours, à propos des activités, du personnel disponible, etc.
- Des informations de la part des coordinateurs aux équipes travaillant sur place, pour transmettre des informations reçus depuis l'extérieur par exemple.
- Des informations de la part des secouristes et des individus se trouvant sur les lieux, rapportant sur les activités faites, les besoins de la population, la sécurité des lieux, les soins donnés, etc.
- Des informations recueillies par les capteurs comme la température, la pression dans les réservoirs, le niveau des rivières, etc.
- Des informations de la part de certains experts, pas nécessairement impliqués dans les opérations de réponse.

1.4 Le processus de réponse à une situation de crise

La réponse à une catastrophe est l'une des quatre phases principales de la gestion de crise. Le degré de mobilisation des entités et des acteurs responsables des opérations d'intervention et de secours dépend de l'ampleur de la catastrophe en question. En effet, la réponse face à une catastrophe à grande ampleur nécessite la participation des autorités publiques, des organisations gouvernementales, des organisations non gouvernementales (ONG), des associations caritatives, des médias, les entreprises privées et des citoyens. Toutes ces entités impliquées travaillent conjointement dans le but d'atteindre l'objectif commun, à savoir le sauvetage et l'apport de l'aide à la population et la réparation des biens et des infrastructures endommagés histoire de rétablir la situation à la normale.

Les sociologues experts en la gestion de crise recommandent une organisation décentralisée des opérations de réponse qui favorise la coopération entre ces différents acteurs, tout en

considérant le citoyen comme une ressource utile aux opérations (Dynes, 1994; Landgren, 2007; Neal & Phillips, 1995). Les acteurs présents sur les lieux de l'incident transmettent aux décideurs les informations situationnelles recueillies décrivant l'état de l'environnement et des ressources pour qu'elles soient analysées et transformées par la suite en décisions d'intervention. Il y a une forte corrélation entre la précision, la temporalité et la fiabilité des informations transmises et la qualité des décisions prises (Ashish et al., 2008).

1.4.1 Le cycle de réponse

Selon Mehrotra et al. (Mehrotra et al., 2003), les opérations de réponse et d'intervention peuvent être considérées comme constituées de quatre phases interdépendantes, et ce indépendamment de la nature et de l'ampleur de la crise et des entités impliquées dans ces opérations :

- *Evaluation des dommages* : Dans cette phase, toutes les pertes causées par la crise et leur degré de détérioration sont évalués. Les zones sévèrement touchées, les infrastructures affectées et les autres dégâts nécessitant une intervention prioritaire sont identifiés et le temps nécessaire pour leur réparation est estimé.
- *Evaluation des besoins* : Dans cette phase, les besoins et les situations d'urgence qui requièrent un certain niveau d'intervention sont identifiés puis classés par ordre de priorité en fonction de leur dangerosité.
- *Hiérarchisation des opérations de réponse* : Dans cette phase, chaque besoin et situation d'urgence précédemment identifié est associé avec les ressources d'intervention qu'il lui faut, selon son ordre de priorité déjà établi par les décideurs impliqués.
- *Organisation de la réponse* : Dans cette phase, les ressources d'intervention sont déployées et les décisions de réponse prises par les décideurs (correspondant aux plans d'urgence établis lors de la phase de préparation) sont transmises aux secouristes et autres acteurs impliqués présents sur place.

Ce processus cyclique et continu est répété à chaque disponibilité de nouvelles informations situationnelles. Les besoins et les priorités sont par conséquent réévalués et les décisions révisées puis retransmises le plus rapidement possible (Mehrotra et al., 2003).

1.5 Situation-awareness dans la gestion de crise

Un lancement efficient et rapide des mesures d'intervention appropriées à l'annonce d'une situation d'urgence implique la disponibilité au moment opportun des informations situationnelles qui détaillent avec précision l'état actuel de la zone touchée et ses différentes entités la composant. Ainsi, tout acteur présent sur place et participant à ces opérations œuvre dans le but de répondre à ce besoin informationnel primordial et nécessaire à l'accomplissement réussi du processus de prise de décision. En effet, la réponse face aux crises et aux catastrophes est considérée comme étant un processus centré-décision où les entités et les acteurs responsables sont amenés à prendre des séries de décisions critiques engendrant des conséquences sur les vies humaines et les propriétés (Ashish et al., 2008). Ces derniers, Ashish et al. (2008), distinguent plusieurs facteurs qui peuvent influencer la qualité de ces décisions. Le plus critique parmi eux réside en la prise de conscience de la situation (passé, présent et future) et les implications des actions et inactions. Une meilleure connaissance de la situation implique donc une meilleure prise de décision. Ce processus de prise de conscience est appelé Situation-Awareness (SA). D'une manière générale, la situation-awareness se réfère à la possibilité d'avoir des informations actionnables exactes, précises et à jour sur la crise et ses impacts sur l'environnement afin d'être en mesure de les transformer en bonnes décisions d'intervention et de réponse.

Plusieurs définitions et modèles de situation-awareness ont été proposés dans la littérature. Endsley (1995) définit la SA comme étant un processus complexe de trois phases hiérarchiquement organisées : « la *perception* des éléments de l'environnement dans un volume de temps et d'espace, la *compréhension* de leur signification et la *projection* de leur état dans le futur proche ». Ce modèle à trois niveaux, représenté dans la figure 2.2, amène à savoir ce qui se passe dans un environnement donné et comprendre ce qu'une information donnée veut dire dans une situation donnée, incluant la perception des éléments constituant cet environnement et comment ces éléments sont reliés entre eux (Endsley, 1995; Sarter & Woods, 1991; S. E. Vieweg, 2012).

Le premier niveau du modèle SA proposé par Endsley (1995) implique des processus de collecte d'informations qui décriraient l'état actuel des éléments constituant la zone géographique touchée par la crise. La compréhension implique l'intégration et l'interprétation de cet ensemble d'informations collectées afin de produire une vue compréhensible de la situation actuelle d'après crise. Enfin, la projection prédit le possible futur état de ces mêmes éléments qui constituent l'environnement afin de soutenir une rapide prise de décision.

McGuinness et Foy (2000) ont étendu le modèle SA proposé par Endsley en ajoutant un quatrième niveau appelé *résolution*. Ce niveau fournit la conscience à propos du meilleur chemin à suivre et des meilleures actions à entreprendre pour résoudre les problèmes relatifs à une situation d'urgence. Ils affirment que la perception est la tentative de répondre à la question «Quels sont les faits actuels?»; La compréhension demande «Qu'est-ce qui se passe réellement?»; La projection demande «Qu'est ce qui est le plus susceptible de se produire si ...? » et la résolution demande : « Qu'est ce que je dois faire exactement? » (McGuinness & Foy, 2000; Salerno, Hinman, & Boulware, 2004).

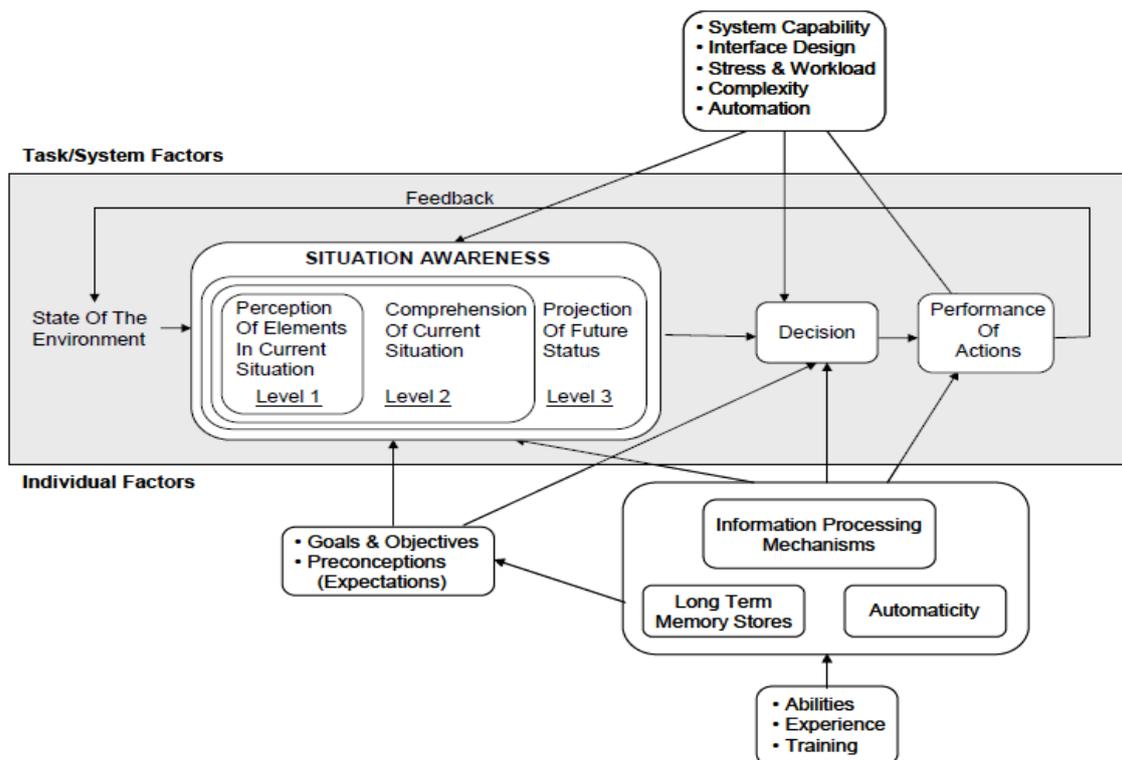


FIG 2.2 - Le modèle de Situation-Awareness proposé par Endsley (1995)

La réponse à une catastrophe est considérée comme un processus dynamique complexe où les contraintes augmentent en temps réel. Les facteurs qui contribuent à cette complexité incluent : la surprise, la vitesse de développement, l'extension spatiale, le nombre des entités et acteurs d'urgence impliqués, l'incertitude, les écarts de perception, le manque de flexibilité dans la prise de décision, le manque des ressources disponibles, le manque des options d'intervention, incapacité de communiquer et les événements en cascade (l'effet domino) (Sapateiro & Antunes, 2009; Wybo & Latiers, 2006). Sous ces conditions, les participants aux opérations de réponse accumulent deux comportements principaux: un comportement basé-règle et un comportement basé-connaissance (Sapateiro & Antunes, 2009). Le premier comportement s'appuie sur les plans de secours et de sauvetage existants, élaborés lors de la phase de préparation et d'entraînement. Le deuxième comportement s'appuie sur les informations contextuelles, les connaissances tacites et l'expérience des secouristes.

Dans leurs recherches sur les comportements humains lors d'une crise, Fritz and Marks (1954) attestent que le problème immédiat lors d'une crise n'est ni le comportement incontrôlé ni la réaction émotionnelle intense, mais les déficiences de coordination et d'organisation, rendues compliquées par des personnes agissant en se basant sur des définitions individuelles de la situation. Ils affirment que les personnes définissent les crises individuellement (une SA individuelle), ce qui peut conduire à des résultats problématiques et appelle à la nécessité d'avoir une commune situation-awareness chez les entités responsables et les populations affectées (S. E. Vieweg, 2012). Dans cette même direction, McManus, Seville, Brunson, and Vargo (2007) énoncent que le manque d'une prise de conscience collective (collective-awareness) conduit à une défaillance organisationnelle dans la gestion de crise. Cette prise de conscience collective, appelée aussi SA d'équipe (Team SA), combine les SA individuelles avec les compréhensions partagées sur une même situation entre les mêmes membres d'une équipe donnée (Endsley, 1995; Sapateiro & Antunes, 2009).

Autre contrainte qu'on peut rencontrer lors d'une réponse à une crise est la contrainte informationnelle. En effet, selon Harrald and Jefferson (2007), les informations situationnelles collectées sont incomplètes, ce qui oblige les décideurs à percevoir la réalité de la situation en se basant sur des informations limitées. En ce sens, Sonnenwald and Pierce (2000) affirment la nécessité, dans un processus dynamique tel que la réponse, de rechercher, de collecter, d'intégrer et d'analyser les bonnes informations situationnelles depuis des sources de données hétérogènes et de les disséminer au bon moment aux différents acteurs impliqués. Ceci aidera

à soutenir un efficace processus de prise de décision consistant à transformer ces informations situationnelles actionnables en bonnes actions d'intervention (voir la figure 2.3).

1.6 Les TIC dans la réponse et la situation-awareness en gestion de crise

De par leur nature dynamique, complexe et hétérogène, les opérations de réponse et de prise de décision nécessitent une communication et un accès rapides et continus à des informations situationnelles précises, pertinentes et qui répondent aux besoins des décideurs impliqués. Cette contrainte informationnelle est d'une importance capitale, contribuant à la prise de conscience (SA) requise pour une formulation de qualité des décisions d'intervention. Ainsi, un grand volume d'informations situationnelles est collecté et rendu disponible par les différents acteurs d'urgence participants pour satisfaire cette contrainte.

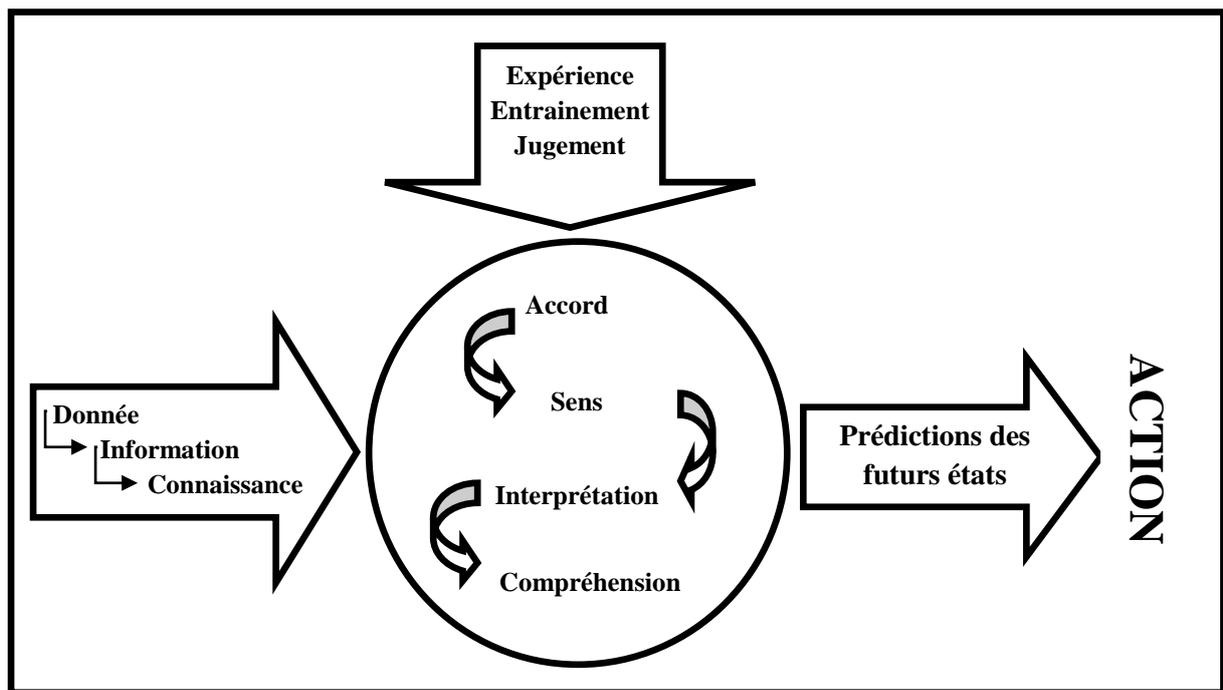


FIG 2.3 – Transformation des informations situationnelles en décisions (Harrald & Jefferson, 2007)

L'émergence et la démocratisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC) n'ont pas laissé indifférents les secouristes et les décideurs, qui les ont rapidement intégrés pour soutenir leurs différentes activités de gestion de crise. En effet, ces derniers s'équipent désormais de PDA, de smartphones, de tablettes, de GPS, de capteurs,

d'ordinateurs portables et développent des systèmes d'information, des outils et des applications spécialisés pour accomplir leurs tâches et satisfaire leurs divers besoins en communication et en information.

L'usage des TIC a permis l'amélioration de la coordination en temps critique, la collaboration inter et intra-organisationnelle et joue le rôle crucial de médiateur des informations situationnelles entre les multiples acteurs impliqués (Landgren & Nulden, 2007). De plus, pour Li, Li, Liu, Khan, and Ghani (2014), ces technologies sont utilisées pour : a) alerter efficacement en utilisant plusieurs canaux de communication ; b) intégrer les informations situationnelles depuis des sources hétérogènes ; c) coordonner les différentes opérations d'intervention ; d) encourager les interventions sociales, institutionnelles et publiques ; e) évaluer les dommages causés par la crise.

Au cours de ces quelques dernières années, les usages des TIC dans les activités de réponse et de SA en gestion de crise ont su gagné l'intérêt des chercheurs. Attirant diverses communautés de recherche, des systèmes et des outils de gestion de crise ont été élaborés et proposés dans la littérature ciblant de nombreuses directions de recherche. Plusieurs études fournissent notamment des frameworks de haut niveau qui informent sur les bonnes méthodes de conception de ces systèmes et outils (Landgren, 2005). A titre d'exemple, ces outils comportent :

- Ceux qui se focalisent sur une classe spécifique de catastrophe: naturelle (séismes, inondations, feux de forêt, etc.) ou d'origine humaine (révolutions politiques, matières dangereuses, etc.) ;
- Ceux qui se focalisent sur une phase spécifique de la gestion de crise, comme dans (Luqman & Griss, 2010), qui s'appuie sur un système multi-agent pour faciliter la collaboration dans la phase de réponse ;
- Ceux qui se focalisent sur une catégorie spécifique de secouristes et de décideurs, comme les pompiers (Monares et al., 2011) ;
- Ceux qui proposent des plateformes crowdsourcées qui intègrent les informations collectées par les citoyens (Okolloh, 2009) ;

- Ceux qui proposent des frameworks pour extraire les informations situationnelles depuis les médias sociaux, tel que Twitter (Abel, Hauff, Houben, Stronkman, & Tao, 2012; S. Vieweg, Hughes, Starbird, & Palen, 2010) ;
- Ceux qui proposent des frameworks qui fournissent des processus TIC complets pour l'échange d'information (Iannella & Henricksen, 2007);
- Ceux qui développent des solutions en technologie de l'information qui stockent dynamiquement les données situationnelles générées et les diffusent aux décideurs dans des formats appropriés (Mehrotra et al., 2003);
- Ceux qui soutiennent les décideurs avec des solutions de visualisation par cartographie (Nóbrega, Sabino, Rodrigues, & Correia, 2008) et des interfaces utilisateurs multitouch (Zibuschka et al., 2011) pour coordonner les multiples équipes impliquées.

Les défis rencontrés dans la réalisation de ce genre de solutions informatiques surviennent à cause de l'échelle et de la complexité du domaine, la diversité des sources de données, le large volume d'informations situationnelles disponibles, la combinaison de données statiques et en streaming, l'état des infrastructures de communication et d'information sur lesquelles les informations circulent et la diversité et la nature dynamique des entités et des acteurs de réponse impliqués (Ashish et al., 2008).

Tous ces modèles et solutions élaborés pour assister la situation-awareness au moment de la réponse à une crise témoignent l'importance de la précieuse ressource qui y circule et alimente leur fonctionnement, qui est l'information situationnelle. Cette ressource se caractérise par son hétérogénéité, provenant de sources diverses et sous des formats différents. Elle peut être : a) des plans d'action en situation d'urgence ; b) des rapports situationnels en continu ; c) des rapports d'analyse des dommages ; d) des données et des cartes géographiques de la zone touchée ; e) des informations sur l'état des routes/ponts/aéroports et sur d'autres infrastructures comme l'électricité, le carburant, les hôpitaux, les écoles, etc. ; f) des informations logistiques sur les livraisons de nourriture/eau/médicaments ; g) des données financières pour gérer les donations ; h) des images satellitaires de la zone touchée après la crise. De plus, ces informations situationnelles ont des caractéristiques spatiales/temporelles et peuvent être catégorisées sous trois types distincts : information spatiale, information

temporelle et information spatiotemporelle. Par conséquent, l'analyse et le management de ces informations situationnelles implique l'application des technologies de l'information bien étudiées à cet unique domaine et qui sont (Hristidis, Chen, Li, Luis, & Deng, 2010):

- *L'extraction d'information (IE)*: Les données situationnelles doivent être extraites depuis des sources hétérogènes et stockées sous un format structuré commun qui permet leur traitement.
- *La recherche d'information (IR)*: Les utilisateurs doivent être en mesure de rechercher et d'accéder aux informations situationnelles pertinentes. Ces besoins sont exprimés en utilisant des requêtes appropriées.
- *Le filtrage d'information (IF)*: Dès que les informations situationnelles arrivent depuis les producteurs, elles doivent être filtrées et redirigées aux consommateurs adéquats.
- *Le data mining (DM)*: Les données situationnelles collectées doivent être analysées pour extraire des modèles et des tendances intéressants.
- *L'aide à la décision*: L'analyse des données situationnelles aide à la prise de décision.

La figure 2.4 montre comment l'extraction, la recherche et le filtrage d'information et le data mining s'inscrivent dans le processus de circulation d'information en gestion de crise, adapté depuis le schéma proposé par Hristidis et al. (2010).

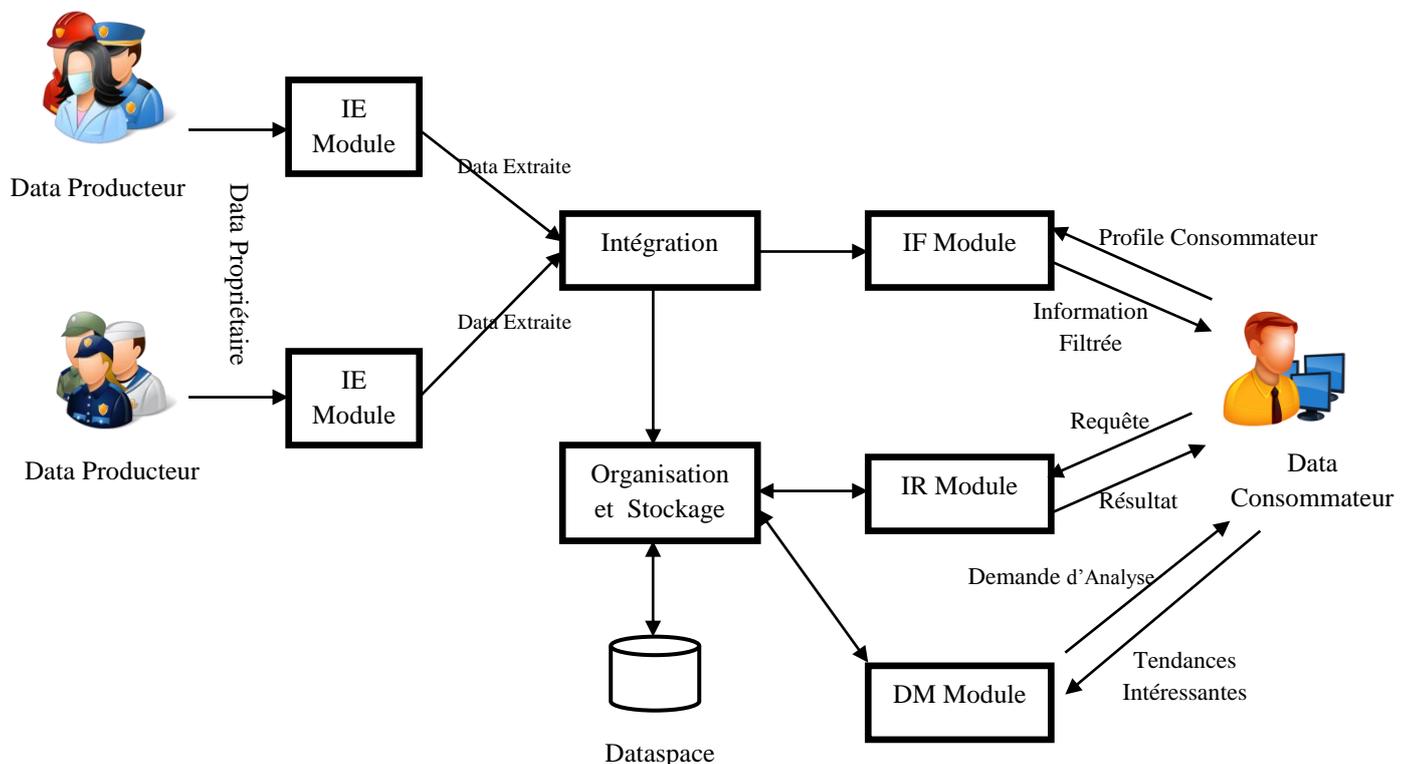


FIG 2.4 – Le flux d'information en gestion de crise

1.7 Conclusion

Nous avons présenté au cours de ce chapitre les notions de base de la gestion de crise et de catastrophe, ainsi que les mesures et les tâches d'intervention à entreprendre en premier lieu par les entités d'urgence responsables, constituant la phase de réponse. Nous avons abordé l'une de ces tâches essentielles permettant de mener à bien les efforts de secours et qui est la situation-awareness. Nous avons également listé les différents défis rencontrés dans le développement des solutions informatiques afin d'appuyer la SA dans les situations d'urgence. En effet, avec la démocratisation des usages des TIC et des périphériques mobiles par les décideurs et les secouristes, la production et la consommation des informations situationnelles deviennent accessibles pour n'importe qui, de n'importe où et n'importe quand. Ce nouveau paradigme de partage d'information suit parfaitement les caractéristiques de la nouvelle informatique dite pervasive. A ce titre, nous évoquerons les architectures, les mécanismes, et les solutions de cette dernière dans le prochain chapitre nous permettant d'apporter des réponses aux défis précédemment listés.

Chapitre 3

Les Environnements Sensibles au Contexte

Sommaire

Chapitre 3	27
3.1 Introduction	27
3.2 Les environnements pervasifs	28
3.2.1 Définition et défis	28
3.2.2 Les sous composants d' un environnement pervasif	31
3.2.3 Les environnements pervasifs orientés-services	32
3.2.4 Les environnements pervasifs sensibles au contexte	35
3.2.4.1 Définitions du contexte	36
3.2.4.2 Types de contexte	38
3.2.4.3 La capture du contexte	39
3.2.4.4 Modélisation du contexte	42
3.2.4.5 La sensibilité au contexte (Context-awareness)	45
3.2.4.6 Cycle de vie de la sensibilité au contexte	47
3.2.4.7 Les architectures sensibles au contexte dans la littérature	48
3.3 Conclusion	51

3.1 Introduction

« Les technologies les plus profondes sont celles qui sont devenues invisibles. Celles qui, nouées ensemble, forment le tissu de notre vie quotidienne au point d'en devenir indissociables ». Ainsi commença (Weiser) son article en 1991 décrivant sa vision de l'informatique de demain, une informatique ubiquitaire (appelée aussi informatique

pervasive). L'essence de cette vision était la création d'environnements saturés de capacité de calcul, de communication et de traitement automatique de l'information, harmonieusement intégrés avec les utilisateurs humains (Satyanarayanan, 2001). Le développement incessamment croissant des équipements et périphériques informatiques, des systèmes de télécommunication et leurs capacités de réseautage au cours des dernières années a conforté cette vision et permis par conséquent à cette nouvelle ère informatique de devenir une réalité.

L'informatique pervasive se définit comme un environnement composé de dispositifs informatiques hétérogènes susceptibles de coopérer de façon autonome et transparente afin d'améliorer l'interactivité et l'expérience de l'utilisateur (Addlesee et al., 2001) en mettant les nouvelles technologies de l'information et de la communication au service de ce dernier (Bromberg, 2006). Cette expérience se traduit en fonctionnalités ciblées utilisateur souvent abstraites sous forme de services implémentés et accessibles via ces mêmes périphériques qui composent l'environnement pervasif.

Dans la suite de ce chapitre, nous présentons dans un premier temps les environnements pervasifs, leurs caractéristiques, leurs composants et les besoins à satisfaire pour les implémenter. Dans un second temps, nous développons une des caractéristiques de ces environnements qui est la sensibilité au contexte (context-awareness).

3.2 Les environnements pervasifs

3.2.1 Définition et défis

L'approche décrite par l'informatique pervasive accorde aux infrastructures informatiques existantes la possibilité d'améliorer et d'assister les personnes dans leur vie de tous les jours en leur offrant une aide ubiquitaire et transparente. Cette nouvelle ère informatique vise à créer un environnement intelligent composé de périphériques informatiques et communicatifs fournissant aux utilisateurs humains de l'environnement un accès à l'information et à des services omniprésents et totalement personnalisés.

Les technologies permettant l'implémentation de l'informatique pervasive consistent en des terminaux électroniques intelligents, des communications sans fils (Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LTE, NFC, etc.), du logiciel et des interactions homme-machine évoluées (Raychoudhury,

Cao, Kumar, & Zhang, 2013). Les développements dans ces appareils électroniques incluent des terminaux informatiques puissants comme les ordinateurs de bureau et portables et des terminaux à ressources limitées tel que les PDA, les smartphones, les capteurs, les GPS, les objets connectés, les radio-étiquettes (RFID tags), etc. Ces limitations peuvent être en termes de CPU, de stockage, d'affichage, d'alimentation et de bande passante. Les périphériques peuvent être fixes ou mobiles et leur but est de fournir les fonctionnalités matérielles et logicielles nécessaires à l'environnement pervasifs, appelées fonctionnalités pervasives ou services (Ben Mokhtar, 2007). De plus, ces périphériques hétérogènes sont connectés en permanence au réseau pervasif formé via des moyens de communications filaires ou sans fils.

L'association des puissants, petits et abordables périphériques informatiques avec un réseau qui les relie et des systèmes logiciels qui s'adaptent à cet environnement mène à la vision de l'informatique pervasive (Mokhtar, Preuveneers, Georgantas, Issarny, & Berbers, 2008). La transparence dans les interactions homme-machine et machine-machine dans ce type d'environnement n'a fait que confirmer cette vision permettant l'accomplissement d'une réelle avancée technologique. En effet, Weiser a vu que l'évolution exponentielle des données, du logiciel, du matériel et de la connectivité produirait de nouveaux environnements riches en éléments informatiques qui manqueront d'interaction (Dana Al Kukhun, 2012). Par conséquent, il a présenté un paradigme où ces éléments informatiques disparaîtraient de la conscience de l'utilisateur pendant qu'ils s'exécutent en arrière-plan de l'environnement. L'objectif final est de fournir aux utilisateurs de l'environnement pervasif des services et des fonctionnalités omniprésents et transparents disponibles n'importe quand et n'importe où (Dana Al Kukhun, 2012). En d'autres termes, l'informatique pervasive tel proposée par Weiser permet le couplage du monde physique au monde de l'information et fournit une multitude de services et d'applications qui permettent aux utilisateurs, aux machines, aux données, aux applications et aux espaces physiques d'interagir en toute transparence avec l'autre (Ranganathan et al., 2005).

Le développement d'environnements pervasifs et leurs applications repose sur une pile de technologies superposées allant du niveau matériel au niveau logiciel couvrant différents domaines (Hamida, 2010). Intégrer cette panoplie hétérogène de technologie dans un seul environnement revient donc à faire face à certaines contraintes. En effet, les différentes technologies matérielles et logicielles composant l'environnement le rendent hétérogène, ce qui limite la faculté de communication et de développement d'applications compatibles avec tous les périphériques. De plus, ces périphériques peuvent être, comme indiqué, de ressources

limitées et mobiles, ce qui rend l'environnement hautement dynamique entraînant des apparitions et disparitions hasardeuses des utilisateurs et des fonctionnalités pervasives proposées. Enfin, Capra, Emmerich, and Mascolo (2003) identifient une caractéristique supplémentaire de l'informatique pervasive qui est la sensibilité (awareness) à l'environnement permettant d'adapter le comportement et la sélection des services et des fonctionnalités à l'utilisateur, à ses besoins et au contexte dans lequel il se trouve. En effet, dans les environnements pervasifs, l'utilisateur est le centre de l'attention (user centrism) et la sélection des services qui lui sont proposés devrait être personnalisée en accord avec ses attentes et son contexte (context-awareness), le tout de manière transparente (Ben Mokhtar, 2007). Ainsi, la conscience du contexte fournit une perspective informatique centrée autour de la personne, de ses habitudes, de ses actions et de ses mouvements, qui a fait évoluer la nature de la relation qu'entreprend l'utilisateur avec les systèmes informatisés en passant d'un mode où ce dernier ne faisait que subir l'information à un mode où il en produit constamment grâce à ses données contextuelles (Hamida, 2010). De plus, la consommation informationnelle de l'utilisateur devient personnalisée, et donc plus efficace.

Les défis cités ci-dessous manifestent clairement la difficulté pour les programmeurs d'implémenter et de développer les applications pervasives, tenant compte de toutes les préoccupations définies précédemment. Par conséquent, afin d'éviter aux développeurs de devoir gérer à leur niveau ces complexités matérielles et technologiques et plutôt leur permettre de se concentrer sur l'application elle-même, des outils sophistiqués sont apparus : les intergiciels (les middlewares). Les middlewares sont des outils logiciels qui aide à cacher la complexité et l'hétérogénéité des périphériques et des plateformes réseau sous-jacents, à faciliter la gestion des ressources système et à augmenter la prévisibilité des applications (Raychoudhury et al., 2013).

L'intergiciel, comme son nom l'indique, est défini comme étant un logiciel intermédiaire qui réside entre les applications et les couches de bas niveau comme les systèmes d'exploitation et les protocoles réseau (Vinoski, 2004). Il peut être vu comme un ensemble extensible de services et de fonctions dont de nombreuses applications ont communément besoin de fonctionner correctement dans un environnement réseau, facilitant ainsi considérablement leur développement (Hourdin, 2010). Plusieurs catégories d'intergiciels existent dans la littérature dont l'appel de procédure distant (RPC), l'intergiciel orienté message (MOM), l'Object Request Broker et l'intergiciel orienté service (SOM). Ce dernier, est l'intergiciel qui correspond le mieux aux exigences de l'informatique pervasive permettant le développement

d'applications pervasives en termes de services et fonctionnalités faiblement couplés (Ben Mokhtar, 2007). Dans ce qui suit et dans cette thèse, nous nous intéresserons à ce type d'intergiciel.

3.2.2 Les sous composants d'un environnement pervasif

D Al Kukhun and Sèdes (2006) définissent les systèmes pervasifs comme étant des environnements interactifs composés de quatre éléments principaux visant à les fournir en interaction homogène et transparente n'importe où, n'importe quand et n'importe comment. Ces composants sont : les utilisateurs, le logiciel, le matériel et les données.

L'utilisateur pervasif se caractérise par sa mobilité se servant d'une multitude de périphériques informatiques pour satisfaire ses propres besoins computationnels et accéder aux services proposés par l'environnement. Ces services centrés-utilisateur devraient être personnalisés à ses envies, à sa localisation, au temps, à ses activités professionnelles, etc.

Le logiciel est le composant logique d'un environnement pervasif et est d'une importance centrale permettant la connexion et la communication entre les différents périphériques hétérogènes et les différents utilisateurs de cet environnement dynamique et effectuant la cartographie appropriée entre chaque tâche et les services désirés que les utilisateurs demandent (Dana Al Kukhun, 2012; E. Chen, Zhang, Shi, & Xu, 2005). Afin de gérer les hétérogénéités et la dynamique dans les environnements pervasifs, le logiciel doit être extrêmement flexible et adaptable. A titre d'exemple, l'utilisation des technologies basées-XML augmente la flexibilité des systèmes pervasifs et permet une cartographie tâche-services adaptable (E. Chen et al., 2005).

Les périphériques matériels sont les composants physiques de l'environnement pervasif. Cet environnement requière des périphériques pouvant être facilement utilisés et intégrés en fournissant des niveaux de sécurité et d'interopérabilité élevés.

Les données collectées et partagées dans les systèmes pervasifs ont des formes et des formats distincts pouvant être textuelles, sonores, visuelles, etc. Leur hétérogénéité ne se limite pas au genre mais aussi aux sources totalement décentralisées d'où elles proviennent. De plus, ces données pervasives sont générées d'une manière totalement dynamique, en temps réel et peuvent être statiques ou en streaming. Par conséquent, l'unification de la représentation,

l'intégration, la gestion et la structuration de toutes ces données hétérogènes sont nécessaires afin d'offrir aux utilisateurs une manipulation et une accessibilité informationnelle facile et efficace (D Al Kukhun & Sèdes, 2006).

3.2.3 Les environnements pervasifs orientés-services

Les intergiciels orientés services destinés à l'informatique ubiquitaire s'appuient sur les architectures logicielles orientées services (SOA) dans la conception et le développement des applications pervasives. Grâce à ce type de middleware, ces applications seront en mesure de gérer de manière transparente et efficace la mobilité, l'hétérogénéité, la réactivité et la dynamique des utilisateurs et leurs périphériques dans ces environnements ubiquitaires. Selon MacKenzie et al. (2006), « l'architecture orientée service est un paradigme qui sert à organiser et à utiliser des capacités distribuées pouvant être sous le contrôle de domaines de propriété différents. Elle fournit des moyens uniformes pour offrir, découvrir, interagir avec et utiliser ces capacités afin de produire des effets désirés compatibles avec les préconditions et les attentes mesurées ». En effet, les SOA représentent une nouvelle approche de programmation qui permet une construction souple et simple d'applications dynamiques et distribuées en utilisant un ensemble de fonctionnalités basiques appelés services. Le service est défini comme le moyen permettant de connecter les consommateurs et les fournisseurs de ces capacités (Ferry, Hourdin, Lavirotte, Rey, & Tigli, 2013). Ainsi, l'objectif des SOA est de décomposer l'application pervasive à développer en un ensemble de services fournis par des composants de l'environnement pervasif et de décrire finement le schéma d'interaction entre ces consommateurs et fournisseurs de services.

En utilisant les architectures orientées services, les fonctionnalités pervasives fournies par les périphériques pervasifs disponibles sont abstraites comme étant des services. Ces services sont des entités logicielles indépendantes avec des interfaces bien définies qui peuvent être accessibles via des protocoles standards et sans connaissance aucune des technologies implémentées (Tigli et al., 2009).

Le style architectural des SOA est structuré autour de trois acteurs principaux représentés par la figure 3.1 : fournisseur de service (service provider) est le rôle assumé par une entité logicielle qui offre un service, consommateur de service (service consumer) est le rôle d'une entité cliente qui cherche à consommer un service spécifique et registre de service (service

registry) est le rôle d'une entité qui informe que les services disponibles et la manière de leur accéder (Ben Mokhtar, 2007).

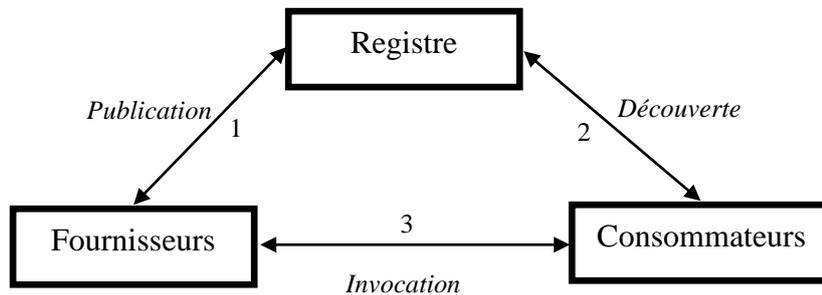


FIG 3.1 – Les acteurs SOA

Les acteurs SOA sont associés par leurs basiques tâches SOA qu'ils effectuent. Ces tâches incluent, entre autres, la description, la publication, la découverte et l'invocation. Grâce à la description et à la publication, les informations décrivant les services fournis sont affichées et rendues accessible publiquement via le registre afin d'en permettre leur invocation et leur utilisation par les consommateurs. Ensuite, le mécanisme de découverte recouvre la possibilité de rechercher et d'appeler un service parmi ceux qui ont été publiés par les fournisseurs de services. Le principal standard utilisé est UDDI (Universal Description Discovery and Integration), normalisé par l'OASIS. Enfin, l'invocation représente la connexion et l'interaction du consommateur avec le service. Pour établir la communication entre les fournisseurs et les consommateurs de services, les échanges possibles sont décrits dans la partie visible du service, masquant ainsi les détails d'implantation et réduisant le couplage entre les services (Hamida, 2010). Le principal protocole utilisé pour l'invocation de services est le protocole SOAP (Simple Object Access Protocol).

Tigli et al. (2009) et MacKenzie et al. (2006) ont réussi à synthétiser les caractéristiques principales des services communes avec les périphériques ubiquitaires qui ont amené à adopter l'architecture orientée services comme l'infrastructure logicielle la plus adéquate pour l'informatique pervasive : l'*encapsulation*, permettant d'encapsuler facilement n'importe quelle fonctionnalité matérielle ou logicielle comme étant un service et donc de faire partie de l'ensemble des services disponibles de l'application pervasive ; le *faible couplage et l'autonomie*, permettant de minimiser les dépendances entre les services et d'augmenter la dynamique et la réutilisabilité. Les services sont donc indépendant et l'absence d'un d'eux n'empêche pas les autres de s'exécuter et de réaliser leurs fonctions ; le *contrat*, forçant les services à adhérer à un accord de communication. Les services doivent décrire les

fonctionnalités qu'ils offrent via des contrats pour informer les consommateurs de ces services ; l'*abstraction*, permettant de présenter le service ou le périphérique comme une boîte noire où seul le contrat est connu et pas la logique métier. La réutilisation des services est facilitée par le fait que les fournisseurs de services ne sont pas développer pour un consommateur spécifique ; la *découverte dynamique*, permettant aux services d'être découvert dynamiquement dès leur publication selon quelques critères. Les consommateurs de services envoient une requête au registre pour chercher des services qui répondent à leurs critères formulés. Ensuite, les contrats de ces services leurs sont envoyés avec une adresse (généralement une URI) pour les contacter (Ferry et al., 2013) ; et enfin la *composabilité*, permettant la coordination des services et la possibilité de les regrouper en un seul nouveau composite service. Les applications pervasives peuvent donc être vues comme des compositions des services disponibles et implémentés dans l'environnement en question (Ferry et al., 2013).

Pour valider l'utilisation des services comme infrastructure logicielle de l'informatique ubiquitaire, Ferry et al. (2013) ont approfondi la synthèse ci-dessus pour vérifier la prise en compte des propriétés d'hétérogénéité, de dynamique, de réactivité et de mobilité par ces architectures SOA. En effet, ces propriétés caractérisant les environnements ubiquitaires ont relevé de nouvelles contraintes permettant d'adapter pleinement ces architectures au développement d'applications pervasives. D'abord, dû à l'hétérogénéité logicielle et matérielle des entités pervasives, une *interopérabilité* des plateformes et des protocoles de communication est requise pour supporter une interaction entre les services et les périphériques totalement indépendante des technologies utilisées par ces derniers. Ensuite, dans le cas des applications pervasives, chaque entité pervasive doit être en mesure de *découvrir dynamiquement* tous les services disponibles dans son contexte (Bussiere et al., 2007). De plus, à cause de l'hyper mobilité des entités pervasives conduisant à des *apparitions/disparitions* fréquentes et à des changements du réseau, la topologie de l'environnement ne peut être connue a priori. Or, pour développer des applications basées sur ces entités, le middleware a besoin de connaître les entités disponibles dans cet environnement (Ferry et al., 2013). Enfin, les applications pervasives sont réactives et les déconnexions fréquentes doivent être traitées rapidement. A cause des limitations de batterie des périphériques ubiquitaires, les programmes doivent être efficace et utiliser les *notifications (eventing)* plutôt que l'attente active (polling) (Ferry et al., 2013).

Depuis leur création, les architectures orientées services n'ont pas cessé d'évoluer vers des directions différentes et produisant de nouveaux types d'architectures basés SOA afin d'apporter des solutions technologiques aux contraintes posées, entre autres, par l'informatique pervasive. En effet, pour répondre au problème d'interopérabilité entre les services, les architectures WSOA (Web Service Oriented Architecture), s'appuyant sur les technologies standards Web, ont été proposées. Par ailleurs, les architectures SOAD (Service Oriented Architecture for Device) ont été développées afin de permettre une découverte dynamique et décentralisée des services non connus a priori et de supporter les interactions événementielles entre les fournisseurs et les consommateurs. Dans le but de bénéficier des avantages apportés par ces deux dernières architectures, une combinaison des deux a été suggérée, appelée WSOAD (Web Service Oriented Architecture for Device) (Ferry et al., 2013). Deux principales implémentations de WSOAD existent : l'UPnP (Universal Plug and Play) et le DPWS (Devices Profile for Web Services). Nous nous intéressons à ce dernier dans cette thèse.

3.2.4 Les environnements pervasifs sensibles au contexte

L'informatique pervasive requière une perception de l'environnement dans lequel les périphériques et les utilisateurs évoluent, en particulier, la localisation spatiale et temporelle, mais aussi, toute information liée à l'environnement physique dans lequel les services sont disponibles (Khriyenko & Terziyan, 2005). Ces informations représentent une part du contexte utilisé par les applications pervasives afin d'adapter les services qu'elles proposent à ses utilisateurs. Cette prise en compte de ces informations contextuelles dans la suggestion de solutions pervasives adaptées à l'utilisateur est l'un des objectifs majeurs de l'informatique ubiquitaire. La figure 3.2 synthétise ces relations qui existent entre les différents éléments composant l'environnement pervasif, à savoir, les périphériques, les utilisateurs, les services et le contexte. Ainsi, un environnement qui prend en compte le contexte est appelé un environnement sensible au contexte ou context-aware et le processus de l'adaptation au contexte est appelé context-awareness. Dans ce qui suit, nous définissons et détaillons ces différents concepts ainsi que leurs mécanismes d'utilisation dans l'informatique pervasive.

3.2.4.1 Définitions du contexte

La compréhension du contexte représente le premier pas vers son utilisation efficace (Yin, 2010). Utilisé dans de nombreux domaines et applications, ce dernier n'a pas de définition unique. En effet, différents chercheurs ont débattu et proposé dans la littérature un grand nombre de définitions du contexte tentant de trouver celle qui répond le mieux à leurs besoins applicatifs. Ainsi, malgré tous ces débats menés depuis plusieurs années, aucun consensus commun n'a été trouvé pour aboutir à une définition généralement partagée par tous (Dourish, 2004). Néanmoins, parmi toutes celles proposées par la communauté de recherche, une définition du contexte se distingue par sa précision et sa citation : celle proposée par Dey and Abowd (2000). Les auteurs définissent le contexte comme : « toute information qui peut être

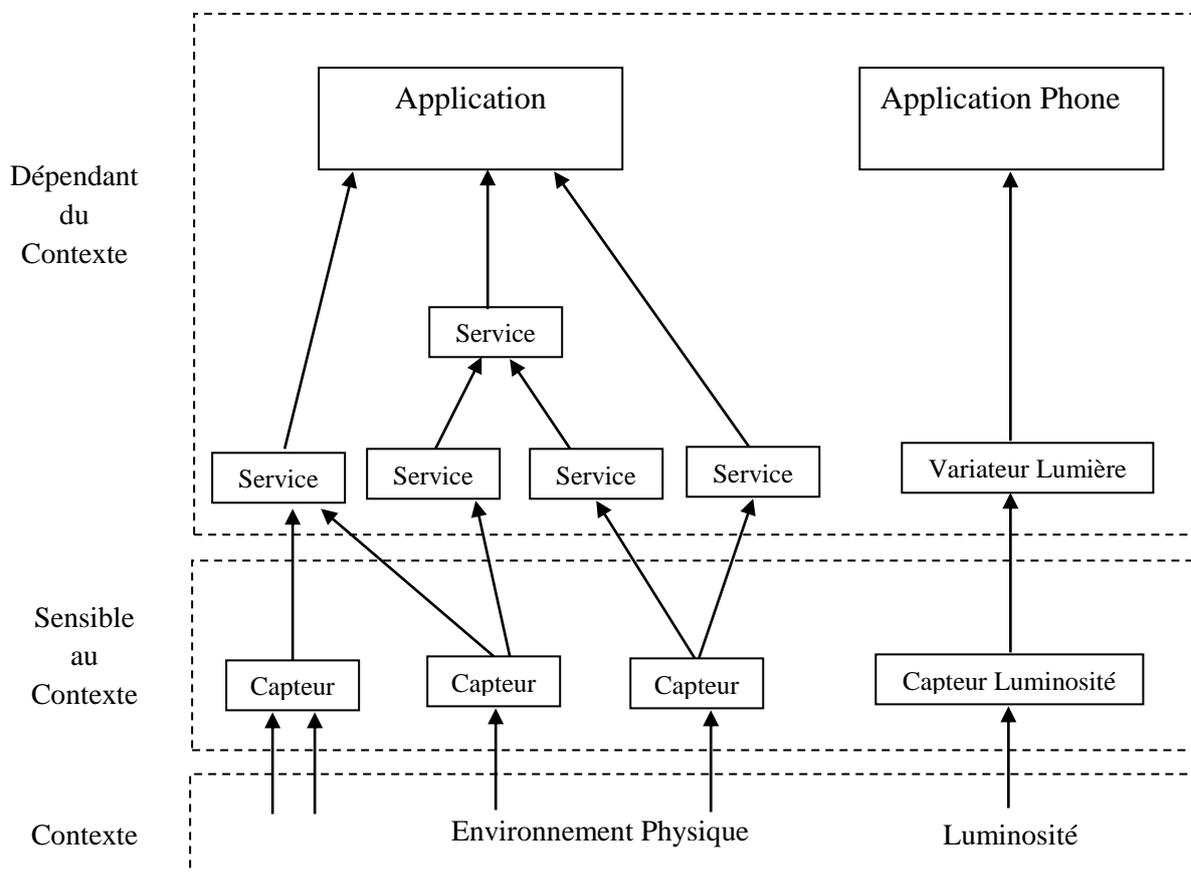


FIG 3.2 – Architecture générale d'un environnement pervasif sensible au contexte: capteurs, p. ex., capteur de luminosité, qui fournissent des informations sur l'environnement (ici la lumière). Ces capteurs sont fournis comme services permettant aux applications ou à d'autres services d'accéder et d'évaluer le contexte pour adapter leur comportement. [Adaptée depuis (Euzenat, Pierson, & Ramparany, 2008)].

utilisée pour caractériser la situation d'une entité. Une entité est une personne, un lieu, ou un objet considérée comme pertinente à l'interaction entre l'utilisateur et l'application, y compris l'utilisateur et l'application ». Cette définition met l'accent sur l'importance des informations contextuelles relatives à l'état émotionnel d'un utilisateur, à l'environnement, à l'identité, à la localisation, au temps et aux objets et personnes qui entourent l'environnement de l'utilisateur (Dey, 1998). Par ailleurs, la définition de Dey et Abowd a attiré beaucoup de critiques et de propositions à se parfaire (Yin, 2010). Dourish (2004) propose de faire plus attention à l'activité humaine et Chalmers (2004) indique que l'historique et l'expérience d'un individu doivent faire partie du contexte en cours.

Dans la même optique, B. N. Schilit and Theimer (1994) considèrent le contexte dans leur article qui a introduit le terme « context-aware » comme étant la localisation, l'identité des personnes et des objets avoisinants ainsi que les changements concernant ces derniers. Dans une définition similaire, Brown, Bovey, and Chen (1997) décrivent le contexte comme étant les éléments de l'environnement de l'utilisateur que l'ordinateur peut connaître en incluant à la définition précédente la localisation de l'utilisateur, la saison de l'année, l'heure, la température, etc. Par ailleurs, B. Schilit, Adams, and Want (1994) centrent le contexte autour de trois aspects importants : Où sommes-nous ? Avec qui ? Et quelles sont les ressources qui nous entourent ? Quant à G. Chen and Kotz (2000), ils le définissent comme étant un ensemble d'états et de paramètres de l'environnement qui, soit déterminent le comportement d'une application, soit dans quel état un événement applicatif survient et est intéressant pour l'utilisateur.

En se basant sur ces différentes définitions du contexte proposées dans la littérature, Hamida (2010) et (Yin, 2010) ont établi une synthèse de ces définitions récapitulant les apports de chacune d'elles et aidant à extraire une définition générale du contexte. Pour Hamida, le contexte relatif au déploiement d'une application pervasive regroupe l'ensemble des données pouvant être pertinentes à celui-ci. Ces données peuvent être d'ordre matériel, logiciel, provenant de l'utilisateur ou d'autres sources elles-mêmes diverses. Pour Yin, le contexte est un ensemble d'informations qui concernent les utilisateurs, les environnements, les périphériques et les activités, qui pourront être utilisées pour faciliter des tâches de l'utilisateur. Ce dernier liste les éléments du contexte par cinq catégories (voir tableau 3.1).

Utilisateur	identité, rôle, activité professionnelle, coordonnées, âge, sexe, préférences, expérience, niveau d'éducation, position sociale, réseau social, etc.
Périphérique	capacité de processeur, manière d'interaction (output, input), système d'exploitation, logiciel, interface, batterie, mémoire, connectivité, accessoires, taille, poids, portabilité, coût, etc.
Environnement	mobilité, localisation (maison, bureau, usine, rue, transport, etc.), temps, luminosité, bruit, etc.
Activités	objectif, tâche, outils, objet à manipuler, services disponibles, etc.
Collaboration	contexte d'autres utilisateurs, processus, mode de collaboration (synchrone, asynchrone), services de collaboration, etc.

Tableau 3.1 – Eléments du contexte par catégories (Yin, 2010)

3.2.4.2 *Types de contexte*

Toutes les discussions et propositions relatives au contexte et à son usage s'accordent sur le fait que le choix du type de ce dernier à prendre en compte dans une application pervasive revient uniquement à son développeur. L'un des contexte le plus courant et le mieux exploité dans la littérature est sans le moindre doute celui de la localisation de l'utilisateur (Ranganathan, Al-Muhtadi, Chetan, Campbell, & Mickunas, 2004), (Want, Hopper, Falcao, & Gibbons, 1992), (D. Abowd, Dey, Orr, & Brotherton, 1998) et (Ward, Jones, & Hopper, 1997). Avec le temps, de plus en plus d'autres informations contextuelles ont été utilisées : le périphérique matériel et ses ressources en puissance, stockage et batterie (Chan & Chuang, 2003), le temps (Tao, Mamoulis, & Papadias, 2003) et (Bouidghaghen, Tamine-Lechani, & Boughanem, 2009), l'environnement physique comme la température ou le niveau d'eau d'une rivière (Gourbesville et al., 2012), etc. Pour Coutaz, Crowley, Dobson, and Garlan (2005), le contexte ne correspond plus seulement à un état de l'environnement, mais peut être enrichi par des informations provenant directement des utilisateurs, grâce à des entrées, des notes ou des renseignements depuis leurs profil utilisateur (Hourdin, 2010).

Différentes typologies et taxonomies de l'information contextuelle ont été suggérées par les auteurs. En effet, une catégorisation des types de contexte permet aux développeurs d'applications de découvrir les éléments les plus probables du contexte qui pourront leurs être

utiles dans leurs applications (G. D. Abowd et al., 1999). Ryan, Pascoe, and Morse (1998) suggèrent les types de localisation, d'environnement, d'identité et du temps. B. Schilit et al. (1994) dégagent trois types de contexte : celui du périphérique, celui de l'utilisateur et celui de l'environnement physique. Quant à Bolchini, Curino, Quintarelli, Schreiber, and Tanca (2007), ils identifient cinq catégories : la localisation géographique, l'activité de l'utilisateur, l'environnement et le périphérique, les contrats et les partages entre groupes d'utilisateurs et la sélection de données, de fonctionnalités et de services pertinents.

Dey and Abowd (2000) identifient deux types de contexte : le contexte primaire et le contexte secondaire. Le contexte primaire comporte les informations les plus importantes caractérisant la situation d'une entité particulière, à savoir, la localisation, l'identité, le temps et l'activité. Ces quatre contextes primaires répondent aux questions qui ?, quoi ?, quand ?, et où ?, mais aussi jouent le rôle d'indices permettant de retrouver d'autres sources d'information contextuelle. Par exemple, en fonction de l'identité d'une personne, on peut extraire de nombreuses autres informations associées comme le numéro de téléphone, l'adresse, l'adresse électronique, les relations avec d'autres personnes de l'environnement, etc. Ces dernières informations contextuelles représentent le contexte secondaire, indexé par le contexte primaire.

G. Chen and Kotz (2000) catégorisent le contexte en fonction de son usage par les applications pervasives : un contexte actif qui influence sur les comportements de l'application et un contexte passif qui est pertinent mais pas critique pour l'application. Pour les auteurs, il y a donc essentiellement deux manières d'utiliser le contexte : adapter automatiquement les comportements en fonction du contexte actif disponible ou transmettre le contexte passif directement à l'utilisateur et/ou le stocker pour une utilisation ultérieure.

3.2.4.3 La capture du contexte

D'après B. Schilit et al. (1994), la sensibilité au contexte est la capacité d'une entité logicielle ou matérielle à percevoir les divers états de l'environnement et d'elle-même pour pouvoir réagir aux changements de ces derniers. Ainsi, la perception occupe une part importante dans ces systèmes sensibles au contexte et est appelée capture (Hourdin, 2010). La capture du contexte réfère au processus de collecte de toute information contextuelle disponible sur l'utilisateur et son environnement et utile à l'application. Cette capture d'informations est

effectuée par les observateurs de contexte, parfois appelés sources, cues ou encore context providers qui sont l'entité logicielle interagissant avec le système et avec les capteurs matériels ou logiciels dédiés (Hourdin, 2010).

Le contexte est capturé grâce à des capteurs. Il est à noter que le mot « capteur » réfère, non seulement aux périphériques physiques, mais aussi à toute source de donnée susceptible de fournir de l'information contextuelle utilisable (Baldauf, Dustdar, & Rosenberg, 2007). En fonction de la manière dont le contexte est capturé, ces capteurs peuvent être classifiés sous trois groupes principaux (Indulska & Sutton, 2003) : les capteurs physiques (matériel), les capteurs virtuels (logiciel : application, service, etc.) et les capteurs logiques qui combinent les informations issues des capteurs physiques et virtuels avec d'autres informations provenant de sources différentes (prédiction, inférence, etc.).

Selon Raychoudhury et al. (2013), il y a deux méthodes principales pour collecter l'information contextuelle disponible depuis l'environnement: la méthode orientée-événement (event-driven) et la méthode basée-requête (query-based). La méthode orientée-événement permet aux applications de spécifier leur intérêt pour certains changements d'états des données, appelé événement. Lors de la détection d'un tel événement, le système envoie une notification aux applications intéressées par cet événement. Dans la méthode basée-requête, les applications envoient des requêtes pour rechercher un contexte donné en s'appuyant sur le modèle requête-base de données.

Par ailleurs, coté implémentation et style architectural, Harry Chen, Tim Finin, and Anupam Joshi (2003) ont défini trois approches différentes sur la manière d'accéder au contexte capturé: accès direct aux capteurs, via intergiciel ou via serveurs de contexte. Dans la première approche, les données contextuelles sont collectées à partir d'un accès direct aux capteurs et aucune couche intermédiaire n'existe pour les traiter tel que dans (Ward et al., 1997). Les pilotes des capteurs sont incorporés dans l'application imposant une forte dépendance entre le contexte et l'application. La deuxième approche basée sur un intergiciel utilise les méthodes d'encapsulation pour séparer, par exemple, la logique métier des interfaces graphiques utilisateurs. Une couche intermédiaire est donc ajoutée pour encapsuler les données capturées et cacher les détails de bas niveau de la capture. La séparation entre le contexte et l'application fournit une approche intéressante car d'une part elle garantit l'extensibilité du modèle et d'autre part le contrôle des notifications des changements contextuels (Hamida, 2010). Enfin, l'approche par serveur de contexte est basée sur

l'architecture client/serveur. La collecte des données des capteurs est faite par ce serveur de contexte permettant et facilitant des accès multiples de différents clients à ces données capturées. Cette approche étend celle basée sur l'intergiciel en introduisant un composant de gestion d'accès à distance.

Par conséquent, et comme on vient de le voir, plusieurs types de capteurs et de méthodes de capture existent sur le marché et dans la littérature respectivement, et ceux-là dépendent du type de l'information contextuelle qu'on cherche à collecter et de l'application qu'on cherche à développer. En effet, selon le type, appelé aussi dimension, du contexte considéré, de nombreuses sources d'informations contextuelles ont été identifiées et présentées dans (G. Chen & Kotz, 2000), (Ressad-Bouidghaghen, 2011), (Tamine-Lechani, Boughanem, & Daoud, 2010) et (Hourdin, 2010) et qui sont :

- *Le contexte d'exécution et du périphérique matériel* : Ce type de contexte inclut des informations relatives à un périphérique pervasif donné et de son environnement d'exécution : les dimensions d'écran, les mécanismes d'entrées/sorties, le stockage, la connectivité réseau, la bande passante, ressources informatiques disponibles ou à proximité, etc. Les sources d'information se réfèrent à des spécifications standards tels que : WURFL (Wireless Universal Resource FiLe) et le Dépôt de Description de Dispositif (Device Description Repository-DDR) (Ressad-Bouidghaghen, 2011). Le mode de capture se fait d'une manière implicite sans la connaissance de l'utilisateur.
- *Le contexte de l'environnement physique* : Cette dimension du contexte inclut toutes les données pouvant être mesurées dans l'environnement physique, comme la luminosité, la température, le bruit, la distance, etc.
- *Le contexte spatial* : Pour l'acquisition de la localisation des utilisateurs, une large gamme de différentes technologies de positionnement existent et sont utilisées dans la littérature. Chaque technologie a été conçue pour un environnement identifié, comme le système de positionnement mondial (Global Positioning System-GPS) largement utilisé en extérieur. En environnement intérieur, d'autres technologies ont été exploitées pour faire face au problème de fiabilité et d'exactitude du GPS, comme le Bluetooth, l'infrarouge ou encore les antennes des réseaux cellulaires. Le mode de capture des sources d'information pour le contexte spatial est implicite mais n'échappe pas à la connaissance de l'utilisateur qui peut autoriser ou bloquer l'accès au service de localisation (Ressad-Bouidghaghen, 2011). Dans cette optique, Deshpande and

Borriello (2002) ont classé les technologies de capture de localisation utilisateur en deux catégories : celles basées sur les réseaux et celles basées sur des dispositifs.

- *Le contexte temporel* : Il comporte toutes les données qui ont une relation avec le temps : date, heure, durée, agenda, saison de l'année, etc. Ce contexte est obtenu en utilisant l'horloge intégré au périphérique pervasif et son mode de capture est implicite et automatique.
- *Le contexte utilisateur et son profil* : englobe les données qui concerne l'utilisateur. On distingue deux modes de capture des données servant à la construction du profil utilisateur : capture explicite et capture implicite. Le premier mode permet aux utilisateurs de saisir et d'entrer manuellement leurs propres préférences et données. Son avantage majeur est que la construction du profil utilisateur est plus précise. Contrairement, la capture implicite consiste à collecter les données de l'utilisateur en observant ses comportements et interactions avec le système durant ses activités.
- *Le contexte social* : des données relatives à l'état social de l'utilisateur peuvent être extraites depuis ses calendriers électroniques, ses listes d'adresses, ses listes de contacts et ses listes d'amis pour déterminer par exemple les personnes géographiquement proches de lui, etc.

3.2.4.4 Modélisation du contexte

Après que le contexte soit capturé, sa modélisation et sa représentation est nécessaire pour valider l'intégrité et la structure de cette information contextuelle collectée. Le modèle contextuel est un pattern ou une description permettant de représenter le contexte. Il est nécessaire pour pouvoir définir et stocker le contexte sous une forme traitable par une machine (Baldauf et al., 2007). Ce modèle de représentation doit être assez flexible pour pouvoir manipuler un ensemble hétérogène et dynamique d'informations contextuelles. De plus, si un contexte est partagé par plusieurs entités, un modèle commun doit être défini pour le décrire et pour que toutes les entités puissent le traiter de la même façon (Hourdin, 2010). Des modèles de contexte efficaces peuvent soutenir une interrogation d'informations contextuelles courantes ou historiques et une inférence de contexte de haut niveau depuis des données contextuelles brutes, et de plus, sont facile à étendre, de manière à pouvoir ajouter de nouveaux types de contexte sans affecter l'existant (Raychoudhury et al., 2013).

Plusieurs modèles permettant de représenter l'information contextuelle ont été développés au cours de la dernière décennie, allant des modèles les plus simples aux modèles les plus complexes et sophistiqués. La décision revient cependant au développeur de l'application afin d'adopter le modèle qui satisfait le mieux ses besoins en termes d'expressivité, de traitement, de raisonnement, etc. En se basant sur la structure de données utilisée pour représenter et échanger l'information contextuelle, Strang and Linnhoff-Popien (2004), Baldauf et al. (2007) et Raychoudhury et al. (2013) ont résumé dans leurs articles respectives les principaux modèles contextuels qui ont été proposés dans la littérature. Nous listons ci-après quelques-uns de ces modèles.

Les premiers modèles proposés sont les modèles de représentation par *paire de clé/valeur*. Ces modèles sont les plus basiques et les plus faciles à mettre en place, mais manquent de flexibilité lorsqu'il s'agit d'exprimer et de traiter des ensembles plus complexes d'informations contextuelles. Dans cette représentation, une variable d'environnement est considérée comme la clé et la valeur représente la donnée actuelle de cette variable, par exemple, < Température, 25° >. Les services pervasifs peuvent être décrits sous une forme de liste d'attributs clé/valeur. Ensuite, la découverte de ces services est effectuée en faisant correspondre ces attributs clés. À titre d'exemple, les auteurs dans (Maass, 1998) se basent sur cette technique dans leur application pour décrire le contexte de la localisation.

La deuxième classe concerne les modèles *basés sur les balises*. Ce modèle représente le contexte en utilisant une structure de données hiérarchique constituée de balises avec des attributs et du contenu. Ces balises peuvent être interprétées par des dispositifs pour contrôler la manière dont le contexte est organisé et échangé. Les langages tels que XML sont les plus courants et les plus utilisés pour modéliser le contexte sous forme de balises. Une autre approche pour représenter le contexte consiste à utiliser *les modèles graphiques*. Dans (Ayed, Taconet, Bernard, & Berbers, 2008), les auteurs s'appuient sur le langage UML pour modéliser les différents contextes considérés, ainsi que leurs propriétés sous forme de classe.

La modélisation du contexte se confronte à plusieurs problématiques telles que la gestion de l'hétérogénéité des informations et des sources contextuelles, la mobilité des périphériques, la gestion des relations et des dépendances entre différents types de contexte, la facilité d'utilisation des modèles et leur flexibilité, etc. (Hamida, 2010). Ainsi, d'autres modèles plus expressifs facilitant la représentation et le traitement d'une information contextuelle de plus en plus complexe sont apparus. Ces modèles s'appuient sur des techniques avancées de

représentation et de raisonnement. Parmi eux, le *modèle orienté objet*. Dans ce type de modèle, le but est de tirer profit des principaux avantages des paradigmes objet comme l'encapsulation, l'héritage, la réutilisation, etc. Le contexte et ses détails de capture et de représentation sont ainsi encapsulés au niveau de l'objet et donc masqués aux autres composants. L'accès à l'information contextuelle est rendu possible grâce à des méthodes spécifiques. Cependant, ce modèle orienté objet peut s'avérer difficile aux développeurs car ils les obligent à analyser et concevoir le système sensible au contexte dans sa totalité.

La logique et ses différents formalismes ne sont pas restés indifférents face à cet engouement qu'a suscité la modélisation de l'information contextuelle et les chercheurs ont ainsi proposé leurs modèles basés sur la *logique formelle*. Typiquement, les faits, les expressions et les règles sont utilisés pour définir le modèle contextuel. Un système logique est utilisé pour gérer ces derniers et permettre l'ajout, la mise à jour et la suppression de nouveaux faits. L'inférence (appelée aussi raisonnement) peut être utilisée pour déduire de nouveaux faits depuis les règles existantes dans ce système. A titre d'exemple, des intergiciels pervasifs proposés dans la littérature exploitent la logique du premier ordre et l'algèbre booléenne pour modéliser le contexte sous cette forme : (*<type contexte = Température>*, *<objet = Salle A>*, *<prédicat = est>*, *<objet = 25°>*) ou sous une forme plus complexe : Contexte (Nombre de personnes, Salle 2401, >, 4) ET Contexte (Application, PowerPoint, est, en Exécution) → Contexte (Activité Sociale, Salle 2401, est, Présentation).

Dernier modèle majeur de la représentation du contexte est celui *basé sur les ontologies*. Les ontologies constituent un modèle de description de données sous forme d'un ensemble de concepts et de relations entre ces concepts. Ces modèles de modélisation exploitent donc le formalisme RDF (Resource Description Framework) et ses différentes versions et les ontologies recommandés par le W3C, qui incorporent la sémantique dans une représentation basée XML. Les ontologies sont des techniques de représentation de l'information contextuelle très prometteuses dues à leur expressivité formelle permettant d'enrichir le contexte et leurs puissantes capacités de le traiter et de l'inférer. Dans leur article, Gu, Wang, Pung, and Zhang (2004) ont proposé un modèle contextuel basé sur des ontologies décrivant une maison intelligente développées avec le langage OWL (Web Ontology Language). Dans leur approche, le contexte comprend deux niveaux : upper ontology qui est une ontologie de haut niveau qui capture et modélise le contexte de l'environnement physique et de l'utilisateur; domain-specific ontologies qui sont une collection d'ontologies de bas niveau

relatives au contexte de chaque sous domaine (home-domain, vehicle-domain, etc.) définissant les détails de chaque concept de l'upper ontology.

La conclusion de l'évaluation présentée dans (Strang & Linnhoff-Popien, 2004), basée sur six exigences, montre que les ontologies sont les modèles de représentation du contexte les plus expressives qui remplissent la majorité de leurs exigences. Cependant, la combinaison de plusieurs techniques peut annuler quelques inconvénients de certains modèles, d'où l'apparition des approches *hybrides* (Hamida, 2010).

3.2.4.5 La sensibilité au contexte (Context-awareness)

Depuis la première introduction du terme context-awareness par B. Schilit et al. (1994), celui-ci est devenu une technologie incorporée dans une grande variété d'applications comme un moyen facilitant l'interaction de haut niveau entre l'utilisateur et l'application (Yin, 2010). Engendré par l'informatique pervasive, un système context-aware est un système capable d'adapter ses opérations au contexte courant sans intervention explicite de l'utilisateur et ainsi vise à augmenter l'accessibilité et l'efficacité en prenant en compte le contexte environnemental et utilisateur dans son fonctionnement. Les fonctionnalités pervasives et les services implémentés réagissent spécifiquement à leurs localisations, au temps ou autres attributs contextuels et adaptent leur comportement en fonction de ces derniers qui peuvent changer rapidement.

L'histoire de la sensibilité au contexte a commencé quand Want et al. (1992) ont introduit leur système Active Badge Location System, considéré comme la première application context-aware (Baldauf et al., 2007). Leur système basé sur la technologie infrarouge est capable de déterminer la localisation de l'utilisateur et l'utiliser ensuite pour transmettre les appels téléphoniques vers le téléphone le plus proche de l'utilisateur. Plusieurs applications proposées dans la littérature ont suivi cette approche faisant du contexte spatial la première information la plus exploitée pour implémenter un environnement qui s'adapte aux états de ceux qui le composent. B. Schilit et al. (1994) ont ainsi donné le mot context-aware pour désigner tout environnement qui peut s'adapter et réagir au contexte capturé.

Hull, Neaves, and Bedford-Roberts (1997) définissent le context-aware comme la capacité des périphériques de détecter, de sentir, d'interpréter et de répondre aux aspects de

l'environnement local des utilisateurs. Dey and Abowd (2000) considèrent qu'un système est context-aware s'il exploite le contexte pour fournir des informations et des services pertinents à l'utilisateur, où la pertinence dépend de la tâche de l'utilisateur même. Pour Byun and Cheverst (2010), un système est contextuel s'il est capable d'extraire, d'interpréter et d'utiliser l'information contextuel afin d'adapter ses fonctionnalités au contexte d'utilisation en cours.

La généralisation des systèmes sensibles au contexte et de l'informatique pervasive a offert de nouvelles opportunités aux développeurs d'application et aux utilisateurs finaux permettant la capture du contexte et l'adaptation du comportement des systèmes en conséquence. Pour Weiser (1991), le contexte représente l'ensemble des informations à prendre en compte lors d'une adaptation, qui peuvent être simples ou complexes. Cette adaptation permet donc à un système de maintenir un comportement cohérent lors des variations dans l'environnement opérationnel (Hourdin, 2010). Ce dernier a présenté une liste des buts de la prise en compte du contexte, comprenant les différents types d'adaptation qu'un système context-aware peut effectuer. La première famille a pour but *d'adapter les données* présentées aux utilisateurs, envoyées dans des messages ou sur des périphériques. Elle vise à filtrer et limiter les informations à celles qui sont les plus pertinentes pour l'application ou l'utilisateur, et à augmenter la précision des informations sauvegardées pour faire un aide-mémoire par exemple. La deuxième famille permet *d'adapter les interfaces homme-machine* aux capacités des périphériques utilisés et les améliorer pour rendre implicites les interactions avec les utilisateurs. Enfin, la troisième famille correspond aux adaptations de comportement, à l'introduction de nouvelles fonctionnalités ou à l'amélioration des applications. Elle permet de découvrir des services pertinents, d'améliorer les communications et les interactions de groupe et de construire des espaces intelligents et actifs.

Le déclenchement de l'adaptation d'une application pervasive sensible au contexte survient généralement en réaction à la détection d'un changement de contexte. Il dépend donc de la capacité qu'a le système de capture et de traitement des informations contextuelles à détecter ces changements (Hourdin, 2010). G. Chen and Kotz (2000) distinguent deux approches principales permettant aux applications context-aware de réaliser l'adaptation : passive et active. Les applications passives transmettent les nouveaux contextes capturés à l'utilisateur ou les sauvegardent pour les récupérer plus tard. Tandis que les applications actives adaptent automatiquement leur comportement en fonction du contexte capturé.

3.2.4.6 Cycle de vie de la sensibilité au contexte

Si nous essayons de résumer toutes ces définitions et caractéristiques du contexte et de la sensibilité au contexte présentées ci-dessus, nous verrons en fait que cette dernière peut être regroupée en un processus de plusieurs opérations. Les informations contextuelles doivent être regroupées, gérées, sauvegardées, traitées et disséminées vers les mécanismes de prise en compte du contexte (Henricksen, Indulska, & Rakotonirainy, 2002). Toutes ces opérations représentent le cycle de vie de context-awareness.

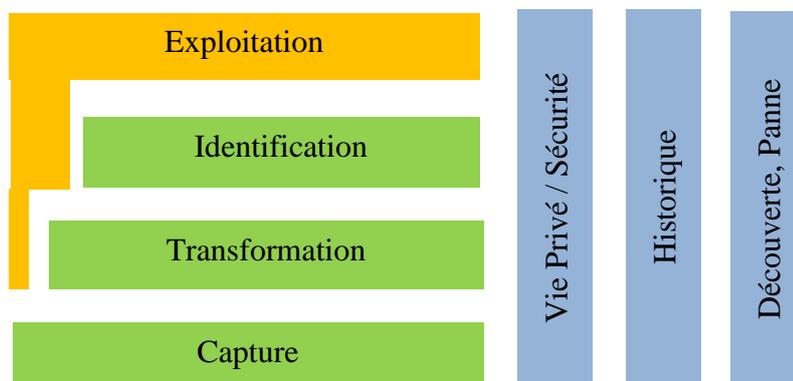


FIG 2.3 – Pyramide des étapes du contexte-awareness (Coutaz et al., 2005)

B. Schilit et al. (1994) ont défini trois étapes dans leur cycle de vie de context-awareness (voir figure 3.4) : La découverte du contexte, l'interprétation et la sélection du contexte, et l'abstraction et l'utilisation du contexte. La première étape consiste en la phase de capture de toutes les informations contextuelles disponibles à partir des différentes sources d'acquisition. La deuxième étape est responsable de la sélection et de la transformation des informations contextuelles collectées lors de la première étape en contexte utile et utilisable. La dernière étape représente l'étape d'exploitation du contexte transformé et d'adaptation de l'environnement à ce dernier.

De la même manière que les auteurs précédents, Coutaz et al. (2005) résument le context-awareness en une pyramide à quatre niveaux, comme décrite dans la figure 3.3 : la capture pour récupérer le contexte depuis les capteurs et les observateurs, la perception et la transformation pour transformer les informations contextuelles capturées et prendre en compte les interdépendances entre ces informations, l'identification et l'exploitation pour utiliser le bon contexte et déclencher ainsi les bonnes adaptations appropriées en conséquence.

Des couches transversales sont aussi identifiées. Elles correspondent aux opérations non-fonctionnelles, telles que la gestion de la sécurité des données capturées, des connexions aux capteurs, ou encore l'historique, qui est souvent utilisé pour lisser les données capturées ou déterminer un contexte en fonction des actions passées (Hourdin, 2010).

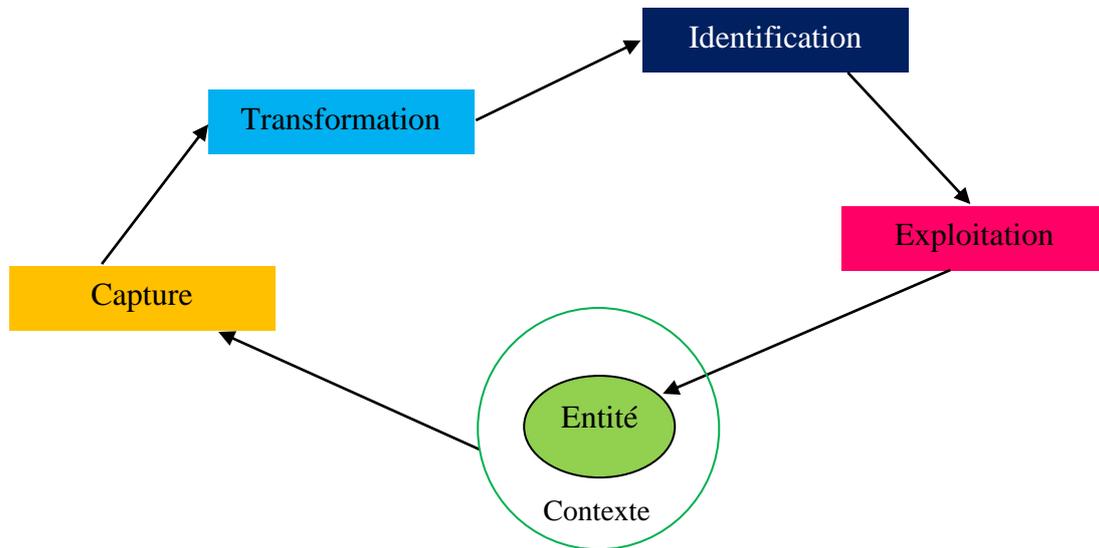


FIG 3.4 – Cycle de vie de la sensibilité du contexte selon B. Schilit et al. (1994)

En se basant sur ces différents cycle de vie de context-awareness, Yin (2010) a identifié quatre étapes simplifiées et essentielles dans n'importe quel processus de contextualisation : spécification des actions d'adaptation contextuelles à exécuter selon chaque contexte, acquisition du contexte, utilisation du contexte, et enfin, exécution des actions d'adaptation.

3.2.4.7 Les frameworks sensibles au contexte dans la littérature

Les différentes et nombreuses opérations contextuelles décrites dans ce chapitre font de la prise en compte du contexte dans un système ou une application un processus complexe. Ces systèmes et applications sensibles au contexte peuvent être implémentés de plusieurs façons. L'approche dépend de certaines exigences et conditions spécifiques, comme l'emplacement et la position des capteurs et observateurs de contexte, le nombre d'utilisateurs participants, les ressources disponibles des périphériques utilisés ou la facilité dans l'extension du système

(Baldauf et al., 2007). Pour prendre en considération ces contraintes et ainsi simplifier le développement de tel systèmes et d'applications, un framework est nécessaire. E effet, les derniers auteurs considèrent le framework comme le bloc de construction de base pour les systèmes et les applications context-aware fournissant, par ailleurs, à un client l'accès pour chercher et récupérer les informations contextuelles et la flexibilité dans l'extensibilité du système lors d'ajout de nouvelles sources de données. De nombreux travaux sont donc apparus dans la littérature dans le but de proposer des frameworks et des architectures génériques, qui facilitent l'implémentation de systèmes et d'applications sensibles au contexte en isolant les opérations de la prise en compte du contexte.

Le Context Toolkit est un framework context-aware proposé par Salber, Dey, and Abowd (1999) qui s'inspire des widgets dans le développement d'interfaces graphiques (Graphical User Interface toolkit) pour séparer la capture du contexte et son traitement de l'application et cacher ainsi leur complexité. Ce framework est distribué où les entités principales qui le constituent, appelées context widgets, sont des composants logiciels qui fournissent aux applications un accès aux informations contextuelles depuis leur environnement. Les context widgets s'appuient sur trois types de sous composants distribués : les générateurs qui captent le contexte, les interprètes qui le transforment, et les agrégateurs (appelés aussi context servers) qui l'agrègent. Chaque context widget possède un état et un comportement. L'état d'un widget est un ensemble d'attributs qui peuvent être interrogés par les applications. Par exemple, un widget IdentityPresence a des attributs sur sa localisation, la dernière fois qu'une présence a été détectée et l'identité du dernier utilisateur détecté. Les applications concernées peuvent notamment s'inscrire aux widgets pour être notifiées des changements du contexte détectés par ces widgets. Le context Toolkit framework modélise les informations contextuelles dans une simple représentation de n-uplet clé/valeur encodés pour la transmission en XML et stocker dans des bases de données.

La Context Broker Architecture (CoBrA) (Harry Chen, T Finin, & A Joshi, 2003) est une architecture basée-agent pour supporter la prise en compte du contexte dans les espaces appelés intelligents. Ces espaces sont des espaces physiques composés de systèmes intelligents qui fournissent des services pervasifs aux utilisateurs. La présence de context broker intelligent qui maintient et gère un modèle contextuel commun entre les agents est centrale au CoBrA. Ces agents peuvent être des applications hébergées sur des périphériques utilisateurs, des services fournis par des dispositifs dans une salle ou des services web fournissant une présence web de personnes, de places ou d'objets dans le monde physique. Le

context broker est constitué de quatre composants fonctionnels : the Context Knowledge Base pour stocker le contexte, the Context Inference Engine pour agréger et traiter les informations contextuelles, the Context Acquisition Module pour capturer le contexte et the Privacy Management Module pour gérer les contraintes de sécurité des données collectées. Dans CoBrA, la modélisation du contexte est basée sur les ontologies OWL, appelée CoBrA-Ont.

Le middleware context-aware orienté service (the Service-Oriented Context-Aware Middleware – SOCAM) introduit par Gu, Pung, and Zhang (2004) est une autre architecture pour concevoir et construire rapidement des services pervasifs sensibles au contexte (Context-aware services). SOCAM utilise un serveur central, appelé Context Interpreter, qui collecte les informations contextuelles depuis des fournisseurs distribués (appelés Context Providers) et le transmet aux clients sous une forme traitable par la machine. Les services pervasifs context-aware sont localisés au niveau supérieur de l'architecture et utilisent ainsi les différentes informations contextuelles disponibles pour adapter leur comportement en conséquence. Ce framework offre des mécanismes de découverte et de traitement de contexte via le Service Locating Service et le Context Reasoning Engine respectivement. Les ontologies sont notamment utilisées pour modéliser le contexte.

Dans leur article qui explore et étudie les différents systèmes sensibles au contexte proposés dans la littérature, Hong, Suh, and Kim (2009) ont dégagé une architecture abstraite et générique qui résume les principes généraux sur le fonctionnement d'un système ou d'une application context-aware, ainsi qu'une classification de ces travaux sur la sensibilité du contexte. La plupart des travaux dans le domaine du context-awareness peuvent s'inscrire dans cette architecture (Yin, 2010). Elle consiste en quatre couches principales : la couche réseau, la couche middleware, la couche application et la couche infrastructure d'utilisateur. La couche réseau s'occupe des exigences et de l'implémentation du réseau et de la capture de l'information contextuelle. La couche middleware concerne la collecte et le traitement des informations contextuelles pour en dériver les actions contextuelles utiles et appropriées. La couche application fournit aux utilisateurs les services pervasifs en fonction de leur contexte et le contexte de leur environnement actuels. La couche infrastructure d'utilisateur gère l'utilisabilité et les interfaces à fournir aux utilisateurs. Les auteurs ont ajouté une cinquième couche basse, appelée couche concept et recherche, qui catégorise tous les travaux de recherche sur le context-awareness en sept différents domaines : généralité, algorithme, framework, évaluation, gestion des informations contextuelles, guide de développement et sécurité et vie privé.

3.3 Conclusion

Nous avons présenté au cours de ce chapitre les environnements pervasifs, ainsi que leurs architectures, leurs composants et leurs caractéristiques. A travers les différents travaux étudiés et présentés relatifs aux environnements pervasifs, nous avons constaté les avantages en termes de gestion et de partage d'information qu'offrirait l'une des caractéristiques liées à l'informatique ubiquitaire, à savoir, la sensibilité au contexte. Cette dernière permet d'adapter la réception et la transmission des informations situationnelles aux besoins des acteurs impliqués et de leur environnement. Dans le chapitre 4 nous détaillons ces besoins ainsi que les défis rencontrés lors du développement d'une solution technologique pour appuyer la SA et nous présentons notre solution qui prend en compte ces différentes contraintes afin de rendre la situation-awareness totalement pervasive et sensible au contexte.

Deuxième Partie :

Contribution et Réalisation

Chapitre 4

Un Framework Sensible au Contexte pour Soutenir la Situation-Awareness dans la Gestion de Crise

Sommaire

Chapitre 4	52
4.1 Introduction	53
4.2 Les défis dans le développement d' une solution technologique pour la situation-awareness	53
4.2.1 Travaux connexes.....	61
4.3 Le framework proposé	64
4.3.1 Vision	64
4.3.2 DPWS : Devices Profile for Web Services	66
4.3.3 La couche gestion de contexte.....	70
4.3.3.1 Le modèle contextuel	73
4.3.3.2 Le profil contextuel	78
4.3.3.2.1 La dimension contextuelle Where	78
4.3.3.2.2 La dimension contextuelle Who	78
4.3.3.2.3 La dimension contextuelle What	78
4.3.3.3 Architecture.....	79
4.3.4 La couche d' extraction	81
4.3.5 La couche de modélisation	87
4.3.6 La couche de filtrage	88
4.3.7 La couche d' interrogation et de transmission.....	91

4.1 Introduction

Dans le premier chapitre, nous avons discuté et mis en avant les caractéristiques principales à prendre en compte afin d'appuyer la situation-awareness dans la gestion de catastrophe. Notre objectif est de fournir une solution technologique de communication et d'échange d'informations situationnelles aux différents acteurs de réponse pouvant être impliqués dans les opérations d'intervention, qui répond à ces caractéristiques. Dans ce chapitre, nous présentons notre contribution dans le domaine de la situation-awareness dans la gestion de catastrophe qui consiste en un framework orienté service permettant de déployer les sources de données, responsable de la collecte et du partage des informations situationnelles, sous forme de services pervasifs. Grâce aux mécanismes de filtrage informationnel et de sensibilité au contexte de ce framework, les sources de données deviennent intelligentes, personnalisant ainsi l'échange et la distribution des informations situationnelles disponibles en fonction des besoins des décideurs et des secouristes. D'abord, nous présentons les défis et les contraintes qu'on rencontre lors du développement d'une solution informatique pour la situation-awareness extraits à partir de la littérature et des travaux connexes au notre. Ensuite, nous décrivons l'architecture pervasive orientée service pour périphériques sur laquelle se base notre proposition et nous détaillons le framework proposé, son fonctionnement, ainsi que ses différentes couches. Enfin, nous récapitulons nos apports par rapport aux objectifs de recherche initiaux.

4.2 Les défis dans le développement d'une solution technologique pour la situation-awareness

Dans une opération d'intervention et de réponse face à une catastrophe, où des vies humaines peuvent être en jeu, la communication et le partage d'informations actionnables sur cette catastrophe entre les différents individus et organismes responsables impliqués est d'une importance capitale pour la réussite de la mission, aidant ces acteurs à prendre conscience de la situation courante. En effet, cette situation-awareness réfère à l'état de connaissance de tout ce qui est en train de se passer dans son environnement proche et de compréhension de ce que tout ça veut dire par rapport à une situation particulière. Ceci implique la collecte et la diffusion de toute information pertinente pouvant décrire précisément cette situation afin

d'atteindre la prise de conscience espérée par et pour tous. Par conséquent, gagner en situation-awareness engage une familiarisation avec les éléments composant l'environnement et leurs états, et une compréhension de la signification de ces mêmes éléments afin d'être en mesure de les traduire en bonnes décisions de secours (S. E. Vieweg, 2012). En d'autres termes, en gagnant en SA, les acteurs de réponse collectent, partagent, analysent et saisissent le sens des informations situationnelles qu'ils reçoivent et déduisent les plans d'intervention à lancer pour rétablir la situation (Harrald & Jefferson, 2007).

Avec la rapide démocratisation des technologies de l'information et de la communication, la manière dont les informations situationnelles sont recueillies et échangées dans les situations de crise a radicalement changée. Ces nouvelles technologies utilisées pour collecter, analyser, diffuser, et stocker les données provenant de sources multiples immédiatement après l'annonce de la catastrophe se sont largement développées pour être intégrées aux différents processus de gestion de crise en général, et de réponse en particulier. En effet, les systèmes d'information, les réseaux informatiques, les ordinateurs portables, les périphériques mobiles, les capteurs, les médias sociaux, les plateformes de cartographies, etc. sont désormais largement et activement utilisés par les décideurs et les secouristes, mais aussi les citoyens, afin de pouvoir communiquer, s'organiser, et partager les informations situationnelles disponibles nécessaires au bon déroulement des opérations de secours de manière plus efficace comparée aux moyens traditionnels tels que les talkiewalkies par exemple. De plus, dans les sociétés complexes tels que le sont nos sociétés modernes où un petit incident peut se développer rapidement en une crise majeure, la réponse et l'intervention ne concerneraient plus les responsables locaux seulement mais exigeraient les efforts de plusieurs autres organisations extérieures (Landgren, 2005). Par conséquent, ces nouvelles technologies de l'information sont fondamentale dans un système de gestion de crise et de réponse afin de faciliter la communication et la collaboration inter et intra organisationnelles.

Les solutions et les outils développés et utilisés désormais pour la collecte et le partage d'informations situationnelles varient en fonction de la mission et de l'échelle des acteurs de réponse impliqués (Hristidis, Chen, Li, Luis, & Deng, 2010). Les états ont développés leurs propres solutions faites maison, mais d'autres solutions commerciales ou orientées recherche existent aussi. A titre d'exemple, le National Emergency Management Network est un outil permettant aux entités gouvernementales locales d'échanger des informations et des ressources à propos des besoins de la crise. Sahana est une plateforme web de gestion de crise et de ressources permettant la communication et la coordination des tâches d'intervention et

de secours entre les différentes organisations humanitaires déjà inscrites. L'agence fédérale américaine des situations d'urgence (FEMA) a développé et mis à disposition une application mobile orientée citoyens afin de pouvoir les informer et de les alerter rapidement en cas d'incident : plans d'évacuation, conseils de sécurité et de prévention, gestes et consignes de premiers secours, remettre en contacts les personnes disparues avec leurs familles, etc. Les véhicules de secours et de sapeurs-pompiers ont été équipés de navigateur GPS pour guider ces derniers à choisir efficacement leurs itinéraires allant de leur localisation jusqu'au lieu de l'urgence afin d'emprunter des chemins plus rapides et plus courts, le tout visualisé sur une cartographie. Lorsque le tsunami a frappé dans l'océan Indien le 26 décembre 2004, l'United Nations Institute for Training and Research Operational Satellite Applications Programme (UNOSAT) a fourni un aperçu immédiat de la situation d'après crise bien avant le déclenchement de la charte internationale Espace et catastrophes majeurs. UNOSAT a immédiatement créé des cartes régionales d'impacts majeurs et des cartes plus ciblées des zones signalées comme zones fortement touchées, puis partagées en ligne et distribuées le jour d'après aux acteurs responsables concernés. Depuis, ces images satellitaires analysées et cette production cartographique à base de services et de systèmes d'information géographique appuient les efforts de réponse dans le monde entier lors de situations d'urgences causées par des catastrophes majeures en fournissant les entités d'intervention et les communautés humanitaires en cartes régionales et locales d'évaluation de dommage en utilisant une large gamme de capteurs satellitaires.

Monares et al. (2011) ont développé une application collaborative mobile, appelée MobileMap, qui peut être utilisée dans les situations d'urgence afin de surmonter les problèmes de communication que rencontrent les pompiers durant leurs missions. Cette application, résultat d'un travail de recherche et de développement conduit par les auteurs et le département d'incendie chilien, permet la communication ad hoc, la prise de décision et la collaboration entre les différents pompiers impliqués sur le terrain en s'appuyant sur des périphériques mobiles type smartphones, tablettes, PDAs, etc. Cet outil permet aux pompiers, entre autres, d'accéder à plusieurs types d'informations situationnelles et géographiques comme par exemple les cartes et les plans de la zone touchée ou l'emplacement d'une rue donnée ou d'un camion de pompiers, d'interagir avec le centre de commandement, d'alerter ces coéquipiers, de créer rapidement un réseau MANET entre les différents périphériques déployés, etc. Son évaluation dans un cas d'urgence réel a donné des résultats encourageants.

Ce dernier type de proposition fait partie de ce que Landgren (2005) appelle dans son article les Mobile Incident Support Systems. Ces derniers ont su acquérir de plus en plus l'attention et l'intérêt des services de secours, de sauvetage et de décision. Ils consistent en un ensemble d'applications intégrées en un et unique système ayant pour objectif de supporter les tâches et les opérations du processus de réponse et d'intervention. Les Mobiles Incident Support Systems incluent des applications pour la navigation, l'accès aux cartes, l'accès aux plans de réponse, l'accès aux bases de données médicales, l'accès aux coordonnées des entités participantes, l'accès aux plans d'évacuations et l'accès à la liste des ressources. Ces systèmes ont pour but de faciliter l'accès aux informations et la communication entre ces utilisateurs.

S. Vieweg, Hughes, Starbird, and Palen (2010) ont développé dans la continuité du projet EPIC (Empowering the Public with Information in Crisis) une application web, appelée Tweak the Tweet, qui permet de récupérer depuis le service de microblogging Twitter les tweets pertinents et utiles concernant la crise postés par les utilisateurs professionnels ou simple citoyens et de les transmettre aux décideurs et aux secouristes impliqués sous une forme de carte géotaggée. Ces tweets constituent des informations situationnelles additionnelles décrivant la situation d'urgence sous un autre angle de vue aidant à compléter celui des acteurs de réponse sur le terrain. Leur récupération et extraction sont permises grâce aux hashtags relatifs à la crise.

Li, Li, Liu, Khan, and Ghani (2014) ont proposé dans leur article un système d'information collaboratif basé-communauté pour répondre aux besoins informationnel des décideurs et des secouristes participants dans la réponse et la gestion d'une crise. Leur approche est de relier les différentes bases de données locales qui fournissent les ressources humaines et les informations situationnelles nécessaires lors d'une catastrophe en une base de données globale virtuelle basée-communauté accessible via une application web. Cette dernière permet un partage d'informations collaboratif entre les communautés de gestion de crise NGO, publiques, gouvernementales, et privées. Cette approche se base sur une architecture pair-à-pair afin de connecter les diverses bases de données distribuées dans le réseau ou chaque organisation maintient son propre ensemble de données et peut se connecter à une ou plusieurs autres organisations. Les ontologies sont notamment utilisées pour intégrer ces sources et ces données hétérogènes. Dans la même optique, Coutinho et al. (1999) ont proposé un système d'information géographique (SIG) qui combine des données géospatiales et une collection de documents sur une situation afin de fournir aux utilisateurs une situation-awareness permettant l'analyse, la discussion et la prise de décision.

Ces utiles outils, spécifiques à une situation particulière, stockent des rapports situationnels et fournissent des interfaces à requête et des capacités de recherche et de visualisation des résultats obtenus qui facilitent la consultation et l'interaction. L'objectif principal de ces systèmes est le routage des messages, le suivi des ressources, et la gestion des informations dans le but de parvenir à la situation-awareness (Hristidis et al., 2010).

Des efforts majeurs sont désormais fait par les experts afin de développer et d'implémenter divers systèmes et solutions de traitement automatique de l'information pouvant appuyer et augmenter le travail aux niveaux organisationnels, inter-organisationnels, nationaux et même globaux dans le cas de crises ou de situations d'urgence. Des études de recherche proposent notamment des frameworks et des architectures de haut-niveau qui facilitent et recensent les critères à satisfaire dans la mise en œuvre de ce type de systèmes de gestion de crise. En effet, l'utilisation et l'intégration des TIC dans les processus de gestion de crise et de réponse ont requis la prise en compte de nouvelles exigences caractéristiques, comparées aux solutions traditionnelles. Pour Pužar (2010), la différence la plus significative est que le réseau de communication doit être implémenté par les décideurs et les secouristes sur le terrain, et que la présence d'infrastructures existantes ne peut être assurée. En effet, les catastrophes surviennent souvent dans les endroits et dans les moments les moins attendus rendant difficile la préparation d'une infrastructure fonctionnelle à l'endroit en question, ou de s'attendre qu'une telle infrastructure soit opérationnelle à l'arrivée des acteurs responsables. Pour cette raison, la solution à adopter doit être pratique à mettre en place n'importe où n'importe quand. De plus, les fréquents déplacements des décideurs et des secouristes d'un champs d'opération à un autre lors d'une crise rend l'environnement, et donc la topologie du réseau, très dynamique et instable (Pužar, 2010). Ces acteurs participants, appartenant à des organisations et à des communautés diverses, sont équipés de périphériques mobiles totalement hétérogènes en termes de logiciels et de matériels mais qui doivent supporter les mêmes protocoles de communication afin d'être capable de former un réseau permettant un efficace et simple échange informationnel. Par conséquent, dû à la dynamique de l'environnement formé, le partage d'information pose de nouveaux défis en ce qui concerne la présentation et la description des données, leur diffusion, et leur localisation.

Dans leur rapport technique, (Sanderson et al., 2007) ont présenté une synthèse complète des besoins et une analyses détaillée des exigences qui influencent le développement d'intergiciels et de frameworks qui soutiennent le partage d'informations et la situation-awareness dans les situations de crise et facilitent l'implémentation de leurs applications. Ceci

a été fait en étudiant l'organisation, la structure et les caractéristiques des opérations et des acteurs d'intervention et de réponse à travers des scénarios de catastrophe basés sur des exemples réels différents en termes d'échelle, de zone, et de nombre d'individus impliqués, comme le tremblement de terre qui a eu lieu au Nevada en septembre 1994 ou la collision frontale entre deux trains de voyageurs à Aasta en Norvège. Différents défis ont été extraits regroupés en trois principaux aspects : sécurité, réseau et communication, et partage d'information.

Sécurité

L'utilisation des réseaux sans fils et mobiles posent aux concepteurs systèmes de gestion de crise et de réponse une multitude de défis liés à la sécurité. Le terme sécurité comprend trois catégories principales : authenticité, intégrité et confidentialité. En effet, l'authentification des décideurs et des secouristes et leurs périphériques, ainsi que l'intégrité des données, doivent être assurées afin d'éviter que des intrus n'injectent de fausses informations qui pourraient perturber la communication, compromettre l'ensemble des opérations ou donner accès à des informations confidentielles (Pužar, 2010). Par conséquent, l'implémentation de mécanismes permettant la résolution de ce type de problèmes sécuritaires doit être prise compte.

Réseau et communication

Dans (Mendonça, Jefferson, & Harrald, 2007; Sanderson et al., 2007), les défis relatifs à la communication et à son réseau à implémenter dans les situations de crise sont étudiés sous trois angles principaux : technologique, sociologique, et organisationnel. Le premier concerne l'hétérogénéité des technologies matérielles et logicielles utilisées par différents acteurs impliqués qui peuvent causer des problèmes de compatibilité et d'interopérabilité. Les auteurs mentionnent également la nécessité des périphériques à avoir des capacités réseau différentes pour les rendre tolérants aux pannes. Le deuxième défi concerne l'aspect sociologique, à savoir, comprendre comment l'être humain communique et se comporte dans des conditions stressantes et dépendantes du temps afin de formuler ses décisions plus au moins critiques et qui nécessitent une situation-awareness continue et à jour. Enfin, sur la question organisationnelle, les auteurs préconisent un système où les entités participantes peuvent coopérer facilement et directement entre eux sans toujours suivre une hiérarchie inefficace prédéfinie.

Le déploiement de réseaux de communication dans les zones touchées doit être rapide et ne doit pas compter sur la présence d'infrastructure sur les lieux. Comme les acteurs participants aux efforts d'intervention et de réponse sont équipés de leurs périphériques mobiles personnels, la transmission des informations à partager pour soutenir la situation-awareness doit par conséquent compter sur des moyens sans fils. Par conséquent, la topologie du réseau et l'architecture du système à implémenter doivent prendre en considération la mobilité des utilisateurs et des périphériques. Ces derniers doivent permettre la gestion des mécanismes tels que la découverte, la publication/souscription, le routage, et l'envoi/réception de messages entre les différents nœuds composant le réseau.

Partage d'information

Dû à la dynamique et l'hétérogénéité de l'environnement et des entités qui le composent, le partage des informations situationnelles collectées pose des défis en termes de leur présentation et de description, de leur diffusion, et de leur localisation. En effet, les opérations d'intervention et de réponse sont caractérisées par leur nature coopérative sollicitant la collaboration de plusieurs individus et organisations. Chaque entité s'occupe de points différents de l'opération et a besoin d'informations et d'angles de vue divers sur une même situation pour une situation-awareness plus fidèle à la réalité. Depuis les scénarios étudiés dans (Sanderson et al., 2007), les auteurs ont constaté que les opérations de réponse sont organisées, et avec une certaine structuration des responsabilités et des tâches à accomplir. Par conséquent, il serait préférable que toutes les entités participantes aux opérations puissent accéder facilement et automatiquement à toutes les informations situationnelles partagées dès leur disponibilité afin de coordonner et d'organiser efficacement ces opérations.

De plus, pour remédier au problème de l'hétérogénéité des acteurs impliqués dans les opérations de réponse, l'information situationnelle à diffuser doit être présentée sous un format compréhensible et lisible par tous. Ainsi, pour satisfaire une interopérabilité et un partage informationnel entre des acteurs hétérogènes, le système doit supporter une hétérogénéité syntaxique et sémantique en utilisant des modèles et formalismes standards (Mehrotra et al., 2003; Sanderson et al., 2007). Enfin, à cause de l'extrême mobilité des entités d'urgence dans l'environnement et leurs fréquentes déconnexions, le système doit implémenter des mécanismes et des protocoles de découverte automatique de ces sources de données, ainsi qu'une approche de diffusion en temps réel.

Toutes les multitudes solutions élaborées dans la littérature afin d'appuyer le partage d'information en gestion de crise témoignent de l'importance de la précieuse ressource qui y circule et alimente leur fonctionnement, et qui est l'information. Différents aspects sont à décrire dans l'objectif de rendre cette ressource utile et pertinente dans ce processus de partage d'information (Sanderson, 2008). Premièrement, on a besoin de décrire l'information situationnelle collectée par un acteur et à partager avec le reste des acteurs disponibles dans le réseau. Deuxièmement, comme il y a diverses organisations et individus participants aux efforts, et afin d'augmenter la diffusion, la recherche et l'intégration des informations, on a besoin de décrire le coté sémantique des informations, pour qu'elles puissent être utilisées dans leur sens correct. Troisièmement, afin de supporter le filtrage des informations permettant d'éviter la surcharge informationnelle, et comme les efforts de gestion de crise et de réponse implique différents acteurs utilisateurs ayant différents rôles et activités d'urgence, appartenant à différentes organisations, et opérant sur différents lieux, on a besoin de décrire ses caractéristiques et ce contexte courant de l'utilisateur pour personnaliser le partage. Par conséquent, dans notre proposition, nous avons décelé deux types d'information qui circulent dans le système : l'information situationnelle et l'information contextuelle.

Combiner des informations issues depuis des sources de données hétérogènes dans des processus aussi dynamiques et complexes que le sont les opérations de réponse répond à la nécessité exprimée par (Sonnenwald & Pierce, 2000) afin de supporter une prise de conscience collective (McManus, Seville, Brunson, & Vargo, 2007) et complète (Harrald & Jefferson, 2007). Ceci pose par ailleurs le problème de compréhension et de description de ces informations sémantiquement hétérogène qui peut être résolu, ceci dit, grâce à l'utilisation des ontologies et des modèles de représentation standards (Wache et al., 2001).

L'un des aspects le plus important dans notre solution assurant un partage efficace des informations et augmentant la situation-awareness en gestion de réponse, particulièrement dans un environnement critique en termes de temps et de ressources, est la gestion de la surcharge informationnelle dû à leur volume de plus en plus élevé. En se basant sur la catégorisation des mécanismes permettant la gestion d'information pour la situation-awareness présentée par (Hristidis et al., 2010) et décrite dans le premier chapitre, le filtrage est celui qui nous permet de filtrer les informations situationnelles partagées pour ne transmettre que celles qui sont pertinentes aux besoins et préférences utilisateurs. Ces derniers constituent notre deuxième type d'information, à savoir, les informations contextuelles décrites sous forme d'un profil utilisateur. Le filtrage informationnel se fait grâce à ce profil

contextuel afin d'adapter une situation-awareness personnalisée et rendre les sources de données qui diffusent les informations situationnelles intelligentes.

Dans cette thèse, nous nous sommes intéressés aux deux derniers aspects, à savoir, les défis qui concernent le réseau et la communication, et le partage d'information.

4.2.1 Travaux connexes

De nombreux travaux de recherche sont menés dans le domaine de la situation-awareness relative aux efforts d'intervention face à une catastrophe enregistrée. Nous avons trouvé dans la littérature quelques systèmes et approches qui se focalisent sur la manière dont les informations situationnelles sont partagées et consommées par les différents acteurs impliqués dans les efforts afin de peindre une représentation fidèle et exacte de la nouvelle situation de l'environnement d'après crise, et que nous avons trouvé pertinents comme travaux connexes à cette thèse. L'objectif principal de ces travaux est d'optimiser la collecte et la diffusion des informations situationnelles en considérant les deux nouvelles principales caractéristiques de ces opérations de réponse, à savoir, l'hétérogénéité et la mobilité des acteurs et des périphériques utilisés.

Le projet RESCUE (Responding to Crises and Unexpected Events) (Mehrotra et al., 2003) a été conçu au début de l'essor des technologies mobiles dans l'objectif de transformer radicalement la capacité des organisations et des acteurs responsables de collecter, gérer, analyser, et diffuser les informations situationnelles au cours d'une intervention. Pour les chercheurs, les améliorations en termes de vitesse et de précision avec lesquelles circulent les informations sur la crise dans le réseau de réponse formé ont le potentiel de révolutionner les efforts d'intervention pour sauver des vies et limiter les dégâts matériels et environnementaux. A ce titre, le projet RESCUE implémente des solutions de technologie de l'information qui capturent et stockent dynamiquement les données situationnelles dès leur production, les analysent en temps réel, les interprètent, et transmettent les informations résultantes aux décideurs et aux secouristes participants. Il repose sur une approche basée-événement organisée autour de quatre activités interdépendantes : la collection d'information pour rassembler les informations depuis des sources hétérogènes, l'analyse d'information pour extraire des informations situationnelles, le partage d'information pour partager les

informations obtenues entre les différents acteurs, et la diffusion d'information pour les distribuer à travers tout le réseau.

Le projet européen WORKPAD (Mecella et al., 2006) propose un framework à deux-niveaux qui tend à améliorer la collaboration durant les opérations de réponse et d'intervention : une communauté pair-à-pair statique en back-end composée de serveurs, de bases de données, et de portails web fournissant des services ; et des communautés pair-à-pair mobiles en front-end constituées de secouristes sur place utilisant leurs périphériques pour collecter les données requise pour la situation-awareness. Dans ce projet, seulement les équipes de secouristes officielles peuvent capturer et partager les informations situationnelles sur la crise. Truong, Juszczak, Manzoor, and Dustdar (2007) présentent dans la continuité de ce projet un framework pair-à-pair, nommé ESCAPE, qui exploite l'information contextuelle pour proposer aux nœuds du front-end des services adaptés à leurs besoins.

Le framework CIMS (Crisis Information Management System), proposé dans (Iannella & Henricksen, 2007), décrit un framework générique qui fournit des processus TIC complets pour partager les informations situationnelles dans la gestion de crise. Il est constitué de trois couches horizontales principales : la première couche inclut des fonctions qui fournissent un contrôle et une gestion directs de la crise (ex : gestion des acteurs, des ressources, des notifications, etc.), la deuxième couche fournit des fonctions de support pour les services de la première couche (ex : gestion des rapports, des finances, des documents, etc.), et enfin, la troisième couche fournit des services-système de base (ex : authentification, autorisation, etc.). Ces trois couches sont reliées entre elles via la fonction Operational Methodology Management qui permet la coordination de leurs processus.

Dans (Luqman & Griss, 2010), les auteurs ont proposé un système ouvert multi-agents, appelé Overseer, qui tire parti des informations contextuelles captées grâce aux capteurs et aux périphériques mobiles de l'environnement afin de faciliter la collaboration et la répartition des tâches dans une situation de réponse à une catastrophe. Overseer supporte l'hétérogénéité matérielle permettant d'augmenter l'efficacité de la collaboration et utilise la context-awareness afin d'affecter dynamiquement les rôles d'intervention aux différents acteurs participants. Son architecture multi-agents lui offre des avantages en termes d'autonomie, de sociabilité, de réactivité, et de proactivité. Le système se compose d'une équipe de réponse ad hoc communicant avec un serveur central en back-end à travers des logiciels agents installés sur les périphériques mobiles des acteurs. Ces derniers transmettent de manière périodique le

contexte utilisateur au serveur, qui l'analyse pour adapter l'affectation des tâches et des ressources en conséquence.

de Faria Cordeiro, Marino, Campos, and Borges (2011) ont proposé une architecture basée sur le framework d'organisation de connaissance en gestion de crise de Diniz, Borges, Gomes, and Canós (2005) permettant de collecter toutes les données situationnelles disponibles depuis les organismes gouvernementaux, comme le département de santé, de transport, de travail, qui peuvent satisfaire les besoins informationnels durant une situation d'urgence. En addition aux informations publiques gouvernementales, le système inclut aussi le traitement et l'intégration des données collaboratives volontaires, i.e. des données provenant des citoyens et des médias impliqués indirectement dans les efforts de réponse. L'architecture se base sur le Web des données (Linked Open Data) afin de fournir une solution appropriée à la gestion de l'hétérogénéité des données issues de diverses sources. Elle repose sur les périphériques mobiles et leurs applications, comme les smartphones et les réseaux sociaux, pour transmettre les informations statiques (déjà existantes) ou dynamiques (générées en temps réel), officielles (de sources officielles) ou non officielles (de sources volontaires). Ainsi, le système est capable d'interconnecter cette multitude d'informations afin de contribuer à une situation-awareness complète. Cette architecture a su démontrer la faisabilité et l'efficacité de l'intégration de sources hétérogènes dans un système de gestion de réponse en offrant un partage informationnel collaboratif, qui vise à soutenir une meilleure prise de décisions.

D'une manière générale, ces différents frameworks et approches présentés ci-haut n'offrent aucune solution efficace pour le filtrage informationnel permettant de délivrer aux décideurs et aux secouristes des informations situationnelles personnalisées et pertinentes à leurs besoins informationnels courants. En effet, à cause des contraintes temporelles et de l'énormité du volume des données collectées et partagées, les acteurs impliqués n'ont pas la possibilité de lire et d'analyser toutes ces données générées, dispersées dans des sources distribuées et hétérogènes. De plus, dû à la dynamique de l'acquisition des données dans la situation-awareness, l'information situationnelle a une nature de circulation continue (en streaming) (Ashish et al., 2008). Par conséquent, ceci requiert la mise en œuvre de stratégies efficaces en termes de filtrage et de diffusion en temps réel des informations disponibles. Certaines architectures, comme (Iannella & Henricksen, 2007), ne sont pas non plus adaptées pour inclure des périphériques mobiles et à ressources-limitées, et les autres ne gardent pas le système flexible pour intégrer des périphériques additionnels, ce qui est très fréquent dans les scénarios de réponse aux crises.

Dans cette partie, nous avons présenté les différents défis que rencontrent la situation-awareness et le partage informationnel dans l'environnement pervasif formé dans le cas de gestion de crise et de réponse en prélevant les contraintes principales à considérer pour développer une solution technologique à ce titre. Nous nous sommes appuyés sur ces dernières, présentées notamment en aspirations au premier chapitre, afin de proposer un framework général où chacune de ses couches implémente une solution pour une contrainte donnée, que nous détaillerons dans la partie qui suit.

4.3 Le framework proposé

4.3.1 Vision

Comme les avait introduites en premier Mark Weiser (1991), les technologies de l'informatique pervasive permettent un traitement automatique de l'information « n'importe où, n'importe quand » en découplant les utilisateurs des périphériques et en représentant les applications comme des entités qui effectuent des tâches au nom des utilisateurs. Pour permettre à l'utilisateur de se concentrer sur ses tâches essentielles, les applications et les fonctionnalités pervasives doivent être conscientes de son contexte courant afin de pouvoir s'adapter automatiquement à ce dernier : context-awareness (Gu, Pung, & Zhang, 2005). Différentes définitions du contexte ont été proposées dans la littérature. La plus importante d'entre elles réfère au contexte comme toute information qui peut être utilisée pour décrire la situation de n'importe quelle entité, qu'elle soit une personne, un lieu ou un objet (Abowd et al., 1999).

L'informatique pervasive et la sensibilité au contexte sont le noyau de notre proposition. En effet, notre vision est de rendre les systèmes de situation-awareness totalement ubiquitaires et contextuels afin de répondre aux multiples défis exposés précédemment. Ces deux principes de conception offrent la possibilité d'interconnecter des entités hétérogènes via un réseau pervasif implémentées comme des fonctionnalités pervasives sensibles au contexte permettant le filtrage et la personnalisation du partage des informations situationnelles disponibles. De plus, notre proposition pervasive se base sur l'architecture orientée web service pour périphérique (WSOAD) qui offre une solution efficace pour concevoir des systèmes de partage d'informations complexes, interopérables, dynamiques, et distribués et implémenter

les fonctionnalités en web services sur de périphériques à ressources-limitées via l'utilisation de divers standards, outils, et spécifications ouverts (Magoulas & Dimakopoulos, 2005). Ce principe de conception est approprié aux environnements dynamiques, distribués, et hétérogènes de gestion de crise et de réponse (N. Chen & Dahanayake, 2007). Ainsi, dans le framework proposé, la production et la consommation des informations situationnelles sont encapsulées dans des services web pour périphériques qui interagissent et communiquent entre eux. Selon N. Chen and Dahanayake (2007), un service qui produit et consomme de l'information est appelé service d'information et la solution technologique permettant de satisfaire les besoins informationnels des utilisateurs doit être constituée d'un ou d'un groupe de services d'information. La composition de ses services forme l'application.

Avec le développement et la propagation des technologies web, mobiles, et ubiquitaires, différents types et versions d'architecture orientée-service ont vu le jour afin de suivre ces changements. L'architecture WSOAD est l'une de ces évolutions. Cette évolution était requise afin d'utiliser l'architecture SOA comme infrastructure de l'informatique pervasive, à cause de l'hétérogénéité des périphériques et des applications impliqués. Cette architecture permet une communication basée-événements qui ajoute aux services classiques la dynamique requise pour des interactions immédiates et en temps réel entre les périphériques pouvant être impliqués dans le système ubiquitaire grâce aux notifications envoyées et reçues (Ferry, Hourdin, Lavirotte, Rey, & Tigli, 2013). De plus, grâce à ce système de notification, les fournisseurs de service peuvent diffuser leurs entrées et leurs sorties du réseau, permettant ainsi aux autres entités de savoir dynamiquement qui y est disponible mais aussi de découvrir de nouvelles entités non connues a priori de manière totalement décentralisée.

Diverses spécifications SOA pour périphérique ont été proposées, parmi elles, nous avons l'Universal Plug and Play (UPnP) (Plug, 1999), Jini (Arnold, Scheifler, Waldo, O'Sullivan, & Wollrath, 1999), et Devices Profile for Web Services (DPWS) (Chan et al., 2006). Jini est très lié à Java et donc manque de neutralité coté plateforme et est inadapté pour les périphériques à ressources-limitées. La spécification UPnP exploite les technologies standards internet et web comme l'IP, TCP, UDP, HTTP, SOAP et XML. Elle est par conséquent neutre coté plateforme. Elle utilise notamment des protocoles spécifiques pour la découverte et la notification de périphériques et des langages basés-XML pour la description de périphériques et de services. La spécification DPWS, qui est une version améliorée de l'UPnP, a les mêmes caractéristiques que cette dernière mais est totalement alignée avec les technologies services

web. Elle est par conséquent considérée comme l'approche la plus prometteuse et la plus efficace des architectures SOA pour périphérique (Jammes, Mensch, & Smit, 2005).

4.3.2 DPWS : Devices Profile for Web Services

Le DPWS a été développé pour offrir des capacités services web sécurisées sur des périphériques à ressources-limitées. Il permet d'envoyer des messages à et depuis des services web en toute sécurité, de découvrir dynamiquement des services web, de décrire un service web et s'y souscrire, et de recevoir des événements et des notifications d'un service web. DPWS s'appuie sur les mécanismes et les protocoles services web afin de supporter des communications machine-à-machine décentralisées. Par conséquent, sa pile protocolaire représentée par la figure 4.1 implémente les suivantes spécifications services web :

- *WS-Discovery* : est un protocole de découverte plug-and-play ad hoc de périphériques connectés au réseau. Il définit un protocole multicast pour rechercher et localiser ces ressources. Une fois découvert, le périphérique expose les services qu'il fournit. La découverte introduit deux types d'endpoint : target service et client. Les target services sont des services web qui s'offrent au réseau. Les clients peuvent rechercher et découvrir ces derniers dynamiquement. Le WS-discovery définit quatre opérations ou messages afin de découvrir les target services disponibles dans le réseau (Zeeb, Bobek, Bohn, & Golatowski, 2007). Pour découvrir explicitement des target services dans le réseau, le client peut utiliser l'opération Probe, envoyée comme un message multicast. Le message contient le type et scope du périphérique du target service demandé. Le target service correspondant répondra avec l'opération Probe Matches envoyée comme un message UDP unicast au client. Pour découvrir implicitement des target services, le client peut écouter les messages Hello et Bye que diffusent les target services lors de leurs entrées ou sorties du réseau. Le client peut ainsi découvrir de nouveaux périphériques disponibles sans répéter les opérations de probing.
- *WS-Eventing* : définit un protocole de gestion des événements de publication/Souscription permettant à un service web de se souscrire à un autre service web afin d'être en mesure de recevoir des messages de notification de celui-ci. Le

premier service web est appelé event sink et le deuxième est appelé event source. Ces deux-là sont donc reliés par une souscription leur permettant d'échanger des messages appelés notifications. Les notifications peuvent être unidirectionnelles ou bidirectionnelles (solicit-response). Une souscription peut expirée avec le temps mais peut aussi être renouvelée et même filtrée afin de limiter les notifications reçues.

- *WS-Transfer* : décrit un protocole général basé-SOAP pour représenter et accéder à toutes les métadonnées d'une ressource service web. Il ressemble à l'HTTP en définissant les opérations Create, Get, Put, et Delete (Zeeb et al., 2007).
- *WS-Metadata Exchange* : définit comment les métas données associées aux services web (WSDL, XML, etc.) peuvent être représentées et accédées en partie ou à la fois.
- *WS-Security* : est un ensemble de mécanismes assurant l'intégrité et la confidentialité des messages échangés entre les services web, ainsi que l'authentification des périphériques.
- *WS-Addressing* : repose sur SOAP afin de regrouper toutes les informations d'adressage d'un message dans l'entête de l'enveloppe SOAP, permettant ainsi au contenu du message d'être transporter sur n'importe quel protocole (HTTP, SMTP, TCP, UDP, etc.).

Application Protocols		
WS-Discovery	WS-Eventing	WS-Transfer
WS-Security, WS-Policy, WS-Addressing, WS-Metadata Exchange		
SOAP, WSDL, XML Schema		
UDP	http	
	TCP	
IPv4, IPv6, IP multicast		

FIG 4.1 – Pile protocolaire de la spécification DPWS

Enfin, comme dans les spécifications services web, le DPWS repose sur le protocole SOAP pour transférer et transporter les messages entre les target services et les clients, sur le schéma XML afin de définir le format des données utilisé pour construire les messages échangés, et le WSDL pour décrire les services web.

Le German Partners (l'université of Rostock, l'université technique de Dortmund, et Le Materna GmbH) of the European ITEA R&D project service infrastructure for real-time embedded network application SIRENA a proposé une architecture des composants DPWS représentée par figure 4.2. Les deux côtés, clients et services, sont séparés en trois couches : Application, expédition, et communication. La couche communication englobe les gestionnaires spécifiques à la communication et est faiblement connectée à la couche d'expédition. Ceci assure un échange facile pour un autre gestionnaire si jamais la technologie de communication utilisée devait être changée. Le gestionnaire de communication DPWS peut transporter des messages SOAP via différents types de protocoles.

La couche expédition consiste en trois composants principaux. Le Search Manager est responsable de l'exécution des mécanismes de découverte-WS. Le Dispatcher, comme son nom l'indique, gère les messages sortants. Les références des périphériques et services déjà connus sont stockés dans le Device/Service Registry. A la place du Search Manager, les services ont un gestionnaire de souscription pour gérer leurs clients souscripteurs.

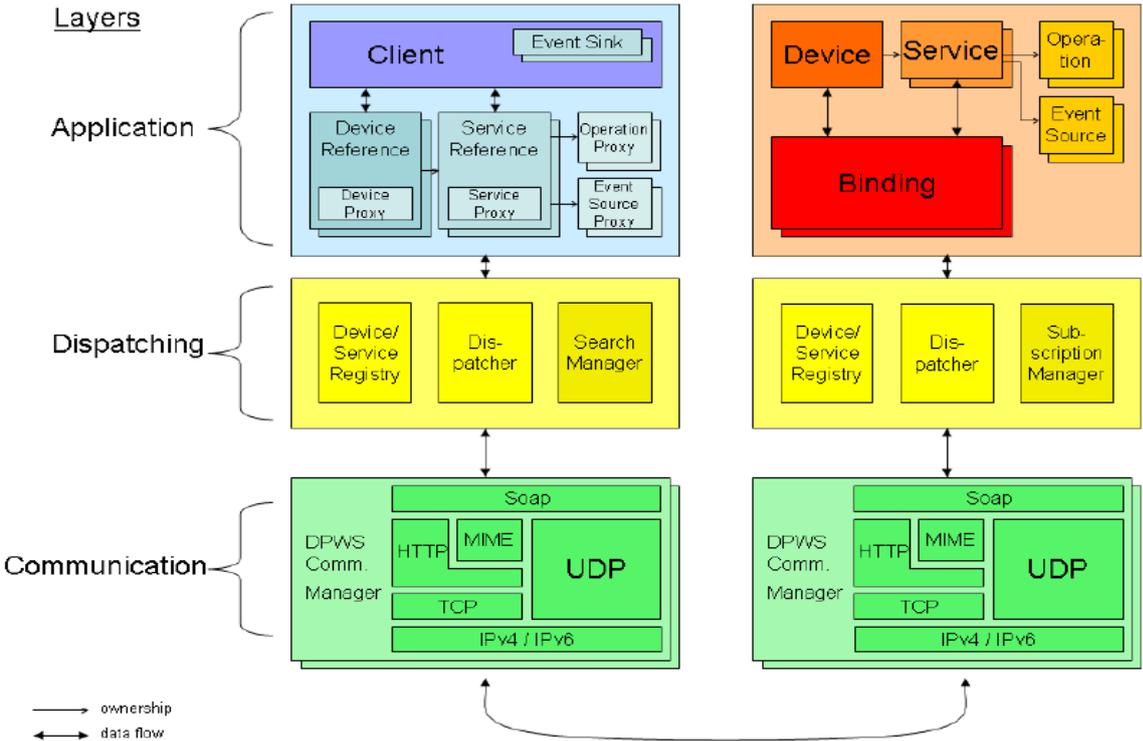


FIG 4.2 – L'architecture des composants DPWS

La couche application accueille l'implémentation des clients d'un côté et les périphériques et les services de l'autre, qui devrait être réalisé par l'utilisateur final. Les clients conservent les références des périphériques, des services, et des opérations/événements que fournit le service, ainsi qu'un *Event Sink* pour recevoir les événements (voir figure 4.2). Coté périphériques/services, chaque périphérique peut implémenter un ou plusieurs services, et chaque service peut offrir aux clients une ou plusieurs opérations/événements à travers des *Event Source*.

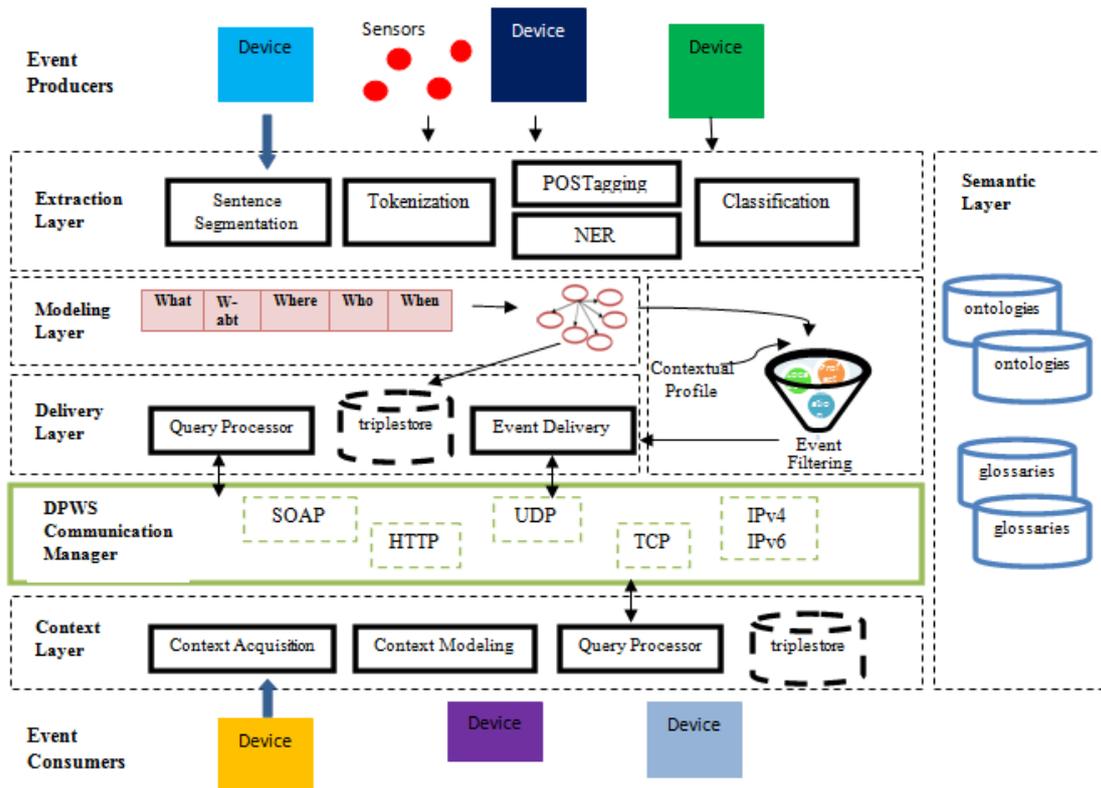


FIG 4.3 - Le framework de situation-awareness sensible au contexte proposé

Comme dans la catégorisation des périphériques services web du DPWS, nous définissons deux types d'entités dans notre architecture : celles qui collectent et partagent les informations situationnelles, appelées Producteur d'événements (*Event Producer*), et celles qui reçoivent ces informations diffusées, appelées Consommateur d'événements (*Event Consumer*). Chaque consommateur d'événements est défini par son propre profile contextuel décrivant le contexte de son décideur/secouriste. En rejoignant le réseau, un consommateur peut rechercher et se inscrire aux producteurs d'événements disponibles. Une fois la phase de découverte accomplie, ces derniers l'interrogent afin de récupérer son profile contextuel, qui

sera utilisé par la suite comme filtre pour ne lui renvoyer que les informations situationnelles qui lui sont pertinentes. Ce premier échange est une notification de type sollicit-réponse. La notification sollicit est la requête demandant le contexte et la notification réponse est la réponse à cette requête. Ensuite, chaque consommateur sera notifié en temps réel par des messages unidirectionnels à chaque disponibilité d'une nouvelle information situationnelle pertinente. Ces interactions entre ces différentes entités sont gérées par la spécification WS-Eventing du DPWS et la représentation des messages échangés, qu'ils soient une requête, un profil contextuel ou une information situationnelle, est basée-XML.

L'information situationnelle collectée par les producteurs est d'abord traitée avant sa diffusion pour en extraire un événement en utilisant les techniques d'extraction d'information. Ensuite, l'événement situationnel extrait est décrit sous un format plus pratique et plus actionnable pour les conditions de situation-awareness. Ce format est le format 5Ws : What, What-about, Where, When, et Who. Cet événement situationnel sera modélisé, stocké, et comparé en temps réel au profil contextuel de chaque consommateur souscripteur. Enfin, les consommateurs jugés pertinents seront notifiés et l'événement situationnel leurs sera transmis.

Dans ce qui suit nous détaillerons les différentes couches du framework sensible au contexte proposé et décrit dans la figure 4.3 permettant de réaliser ces processus.

4.3.3 La couche gestion de contexte

Des réponses et des interventions efficaces face à une situation d'urgence, comme une catastrophe naturelle par exemple, requièrent la disponibilité de la bonne information au bon moment sur le lieu du déroulement de la situation dans le but d'optimiser le processus de la prise de décision et la collaboration entre les différentes entités impliquées dans la gestion de crise. Soutenir une telle gestion et partage personnalisés des informations situationnelles est une question clé dans n'importe quel système de situation-awareness qui se veut intelligent. L'une des solutions possibles est de s'appuyer sur l'une des techniques avantageuses apportées par l'informatique pervasive, qui est la sensibilité au contexte. En effet, l'information contextuelle sur la crise, sa localisation, les décideurs, les secouristes, les équipes et organisations, leurs expertises, les activités et actions d'intervention, les infrastructures, les ressources, etc., est d'une utilité et d'une importance capitales contribuant

à l'adaptabilité de l'envoi et la réception des informations situationnelles aux besoins des utilisateurs (Truong et al., 2007).

La couche de gestion de contexte, du côté consommateur d'événements, gère l'acquisition de ces informations contextuelles, leur modélisation, et leur transmission aux producteurs d'événements disponibles. Les informations contextuelles sont groupées pour constituer un profil contextuel.

Un système qui utilise le contexte afin d'adapter ses tâches à ce dernier est appelé un système sensible au contexte (context-aware). Différents systèmes de ce type ont été proposés dans la littérature mais la majorité d'entre eux ne sont pas ciblés situation-awareness en gestion de crise. Ces systèmes peuvent être développés en différentes manières et l'approche suivie dépend d'un certain nombre de contraintes et d'exigences posées par l'application à mettre œuvre. Cela dit, deux questions pertinentes sont à considérer lors de leur implémentation : comment capturer le contexte et comment le modéliser (Baldauf, Dustdar, & Rosenberg, 2007; de Freitas Bulcao Neto & da Graca Campos Pimentel, 2005). En effet, la capture du contexte concerne la manière dont le contexte est collecté depuis son environnement en utilisant par exemple des capteurs locaux, des intergiciels, ou des serveurs. Ensuite, les modèles de contexte sont utilisés afin de représenter, stocker, et échanger cette information contextuelle acquise. Selon plusieurs recherches réalisées ces dernières années, les approches de modélisation basées sur les ontologies demeurent les approches les plus expressives, formelles, et standards.

Selon Sanderson et al. (2007), une ontologie définit ce qui existe (la réalité) à l'intérieur d'un certain domaine d'intérêt limité (Univers du Discours), ou en d'autres termes, c'est un modèle de représentation d'une certaine partie du monde. Les ontologies définissent un vocabulaire commun de partage d'information pour un domaine d'étude à travers la spécification de termes pour des classes/concepts ainsi que des relations entre ces derniers. Pour Gruber (1993), une ontologie est par conséquent une spécification explicite de conceptualisation, c'est-à-dire ce qui permet de spécifier dans un langage formel les concepts d'un domaine et leurs relations.

Comme déjà démontré dans la littérature (H. Chen, Finin, & Joshi, 2003; H. Chen, Perich, Finin, & Joshi, 2004; Coutaz, Crowley, Dobson, & Garlan, 2005; Gu, Wang, Pung, & Zhang, 2004; Strang & Linnhoff-Popien, 2004), les ontologies sont les outils les plus appropriés pour définir et modéliser les informations contextuelles car leur utilisation n'implique pas une

correspondance exacte et totale entre les informations disponibles et les informations attendues par l'application (Euzenat, Pierson, & Ramparany, 2008). Elles sont ainsi utilisées comme moyen servant à définir le contexte capturé et le contexte recherché par l'application intéressée par le même vocabulaire.

Les technologies du web sémantique peuvent être considérées comme une association entre les techniques de représentation de connaissance et les technologies web. Elles offrent des langages de représentation de connaissance qui sont à la fois expressifs et ouverts : deux caractéristiques importantes dans la modélisation du contexte (Euzenat et al., 2008). Selon ces auteurs, l'aspect ouvert permet une extension dynamique des ontologies et les descriptions de connaissance. De plus, les technologies du web sémantique reposent sur des langages standards et accessibles, ce qui permet leur considérable adoption.

Le langage de base du web sémantique est le RDF (Ressource Description Framework (Klyne & Carroll, 2006)). Il permet une représentation et une expression des assertions sous une forme de triplet sujet-prédicat-objet. Il est possible de voir un document RDF (i.e. un ensemble de triplets) comme un graphe tagué où les nœuds sont les sujets et les objets et les arcs représentent les prédicats/propriétés. La force du RDF découle du nom de ses entités, qu'elles soient sujets, prédicats, ou objets, défini par des URIs (i.e. des identifiants du web qui peuvent être vus comme une généralisation des URLs), ce qui ouvre la possibilité à différents documents RDF de référer précisément et de la même manière à une même entité (Euzenat et al., 2008). Il facilite notamment l'interopérabilité entre les applications et les systèmes permettant l'utilisation de multiples vocabulaires et leur alignement sans perte de sens. La syntaxe la plus communément utilisée pour représenter et échanger les ressources RDF est basée sur le standard XML (Extensible Markup Language).

Le langage OWL (Web Ontology Language (McGuinness & Van Harmelen, 2004)) est un autre langage de représentation de connaissance, dérivé du modèle RDF, et permettant de représenter, d'intégrer et d'échanger des ontologies ou des modèles conceptuels d'un domaine de connaissance en définissant des terminologies (un ensemble de concepts et de propriétés). Il introduit notamment la possibilité de raisonner et d'inférer de nouvelles connaissances en toute facilité grâce à son expressivité, à l'instar du RDF. Les ontologies OWL sont ainsi utilisées afin de décrire sémantiquement n'importe quel objet de l'environnement pertinent à l'application.

Dans le web sémantique, il n'existe aucun outil standard ciblé gestion de contexte. Néanmoins, ses langages, comme le RDF et l'OWL, s'avèrent parfaitement adaptés pour représenter l'information contextuelle dynamique dans les systèmes pervasifs, et cela pour deux raisons (Euzenat et al., 2008):

- Ces langages sont ouverts : Ils implémentent les hypothèses de l'environnement ouvert dans lequel est toujours possible d'ajouter plus d'informations caractérisant le contexte. Ceci est approprié aux environnements dynamiques tels que le sont les environnements pervasifs où le contexte, et donc sa représentation, changent continuellement.
- Ces langages ont été conçus pour fonctionner d'une manière connectée et en réseau. A cet effet, ils utilisent l'espace global d'adressage fourni par les URIs afin d'éviter les conflits de nommage lors la comparaison ou de la fusion de représentations.

A ces égards, la couche de management de contexte du framework s'appuie sur RDF et les ontologies OWL afin de modéliser le profil contextuel du décideur/secouriste. Une information contextuelle est un triplet RDF et le profil contextuel constitue le graphe RDF composé par l'ensemble de ces triplets. Les périphériques sensibles au contexte du framework deviennent donc des producteurs et des consommateurs de triplets RDF. Afin que le producteur d'événements puisse récupérer le profil contextuel du client consommateur d'événements, un langage d'interrogation est requis. Dans notre proposition, nous avons utilisé le langage de requête du web sémantique SPARQL (Sparql Protocol and RDF Query Language). Ce langage permet de rechercher, d'ajouter, de modifier ou de supprimer des ressources RDF disponibles.

4.3.3.1 Le modèle contextuel

Une multitude de systèmes context-aware et de travaux ont été réalisés en utilisant les ontologies dans la modélisation du contexte. Ces modèles contextuels existants dans la littérature ne sont néanmoins pas suffisants pour la situation-awareness dans la gestion de crise et de réponse car ils ne sont pas conçus pour couvrir et représenter les scénarios de catastrophes et leurs informations situationnelles spécifiques sur les activités d'intervention, les équipes d'urgence, les organisations, les rôles, les ressources, etc. (Truong, Manzoor, & Dustdar, 2009).

Parmi tous les modèles de contexte basés-ontologies OWL proposés, celui de de Freitas Bulcao Neto and da Graca Campos Pimentel (2005) est indépendant du type de l'application et du domaine de travail. En effet, le modèle contextuel décrit par les auteurs fournit un ensemble général de classes/concepts, de propriétés, et de relations pouvant être étendues par les ontologies basses pour d'autres domaines spécifiques. Il implémente cinq dimensions (types) de contexte : Où (Where), Quand (When), Quoi (What), Comment (How), et Qui (Who), qui représentent respectivement les concepts basiques de localisation, du temps, d'activités, d'acteurs et de périphériques avec leurs rôles, expertises, contacts, etc. La figure 4.4 représente une vue d'ensemble sur les composants de ce modèle. De plus, en se basant sur ce modèle W4H, une infrastructure service de gestion de contexte, appelée Semantic Context Kernel, est notamment proposé dans le but de gérer le stockage, l'interrogation, l'inférence et le raisonnement sur le contexte capturé.

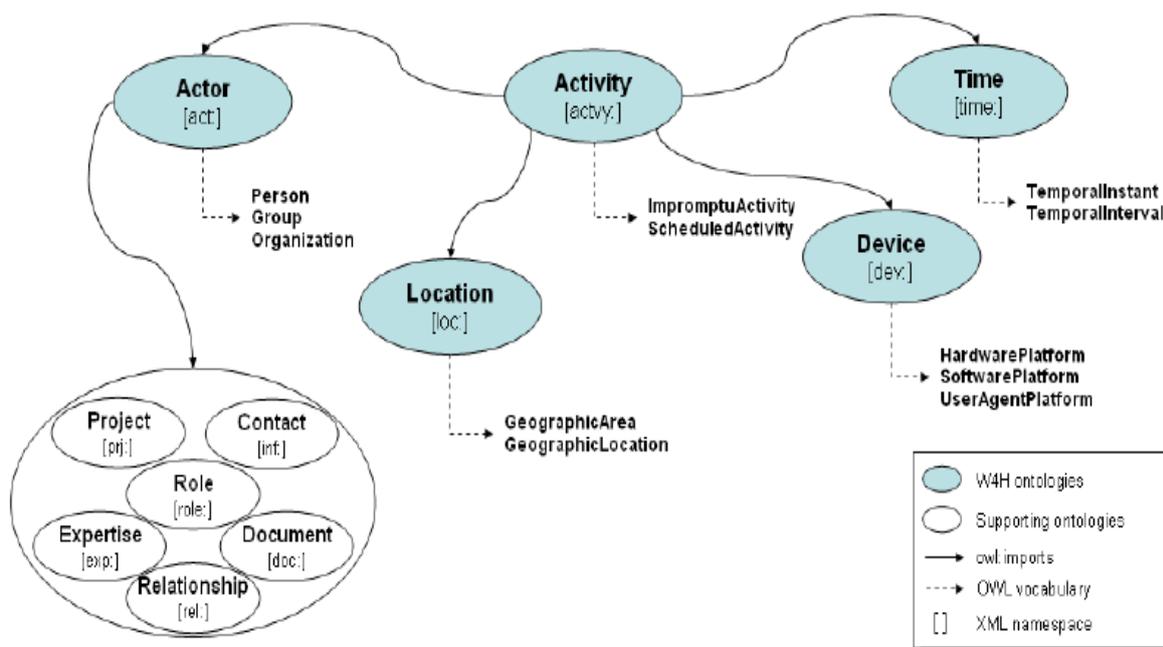


FIG 4.4 – Vue d'ensemble sur le modèle contextuel proposé par de Freitas Bulcao Neto and da Graca Campos Pimentel (2005)

Selon la figure 4.4, le cœur des ontologies OWL de la dimension contextuelle *Who* est l'ontologie Actor. Elle modélise le profil de toutes les entités pouvant entreprendre une action dans l'environnement comme les individus, les équipes, et les organisations. L'ontologie Actor importe et regroupe différentes ontologies : l'ontologie Role qui décrit le rôle social

réel de l'acteur, l'ontologie Contact qui représente les informations de contact de l'acteur comme son email ou son numéro de téléphone, l'ontologie Expertise qui modélise son domaine de connaissance et de d'expérience, l'ontologie Relationship qui représente les relations sociales de l'acteur (ses connaissances, ses collègues, etc.), et l'ontologie Document qui modélise les documents produits par l'acteur. Les vocabulaires des standards FOAF, Dublin Core, et vCard sont utilisés.

L'ontologie Location représentant la dimension *Where* vise à décrire la localisation et ses environs des entités de l'environnement. L'information contextuelle de la localisation peut être un endroit physique à l'extérieur comme une rue, une ville, des coordonnées géographiques, une direction, ou à l'intérieur comme un étage, une salle, etc. Les ontologies OpenCyc et SUMO (Niles & Pease, 2001) sont utilisés. L'ontologie du temps représente l'information temporelle *When* en termes d'instant et d'intervalles. Les ontologies OWL-Time et SUMO sont les principales fondations de cette ontologie Time. La dimension contextuelle *How* constitue dans l'ontologie Device qui décrit le périphérique, son matériel ses logiciels, ses capacités réseau, ses entrées/sorties, sa capacité mémoire, etc. Enfin, L'ontologie Activity modélise la dimension du contexte *What* qui décrit les actions que les acteurs font ou causent.

Dans notre proposition, nous nous sommes appuyés sur le modèle W4H afin de concevoir le modèle de contexte de la couche gestion de contexte destiné à décrire les décideurs et les secouristes dans le but d'adapter l'accès et le partage des informations situationnelles à leur situation courante. Grâce à cette modélisation, un profil contextuel est construit en exploitant trois dimensions contextuelles que nous avons jugées pertinentes dans le filtrage informationnel en situation-awareness, et qui sont : What, Who, et Where. Néanmoins, les ontologies utilisées par le modèle W4H ne sont pas adaptés à la gestion de réponse face à une crise.

Liu, Shaw, and Brewster (2013) ont présenté dans leur article un état de l'art complet des ontologies et des vocabulaires relatifs à la gestion de situations d'urgence. Ils ont identifié les différents domaines/sujets couverts par les concepts des ontologies étudiées, les types des systèmes de gestion de crise qu'elles ciblent, la manière dont elles sont développées et utilisées, et le niveau des standards qu'elles respectent. Pour les auteurs, les ontologies représentent un excellent moyen permettant l'interopérabilité sémantique, qui réfère à la

capacité des systèmes informatiques à communiquer et échanger leurs données grâce à un sens unique et partagé.

Les ontologies étudiées par Liu et al. (2013) ont été analysées suivant plusieurs questions et sous-questions de recherche :

- **QI – 1** : Quels sont les domaines que décrivent les concepts impliqués dans la gestion de crise et de réponse ?
- **QI – 2** : Quelles sont les ontologies qui existent et qui couvrent ces domaines ?
- **QI – 3** : Est-ce-que l'ontologie inclue des concepts d'un seul domaine ou de plusieurs ?
- **QI – 4** : L'ontologie est-elle représentée formellement ? Si oui, quel est le langage utilisé pour la décrire ?
- **QI – 5** : L'ontologie est-elle accessible au public et au téléchargement ?
- **QII – 1** : Quel est le but de l'ontologie et du type du système qu'elle cible ?
- **QII – 2** : Combien de concepts et de termes sont-ils définis par l'ontologie ?
- **QII – 3** : Quelles sont les catégories des concepts définis par l'ontologie, p. ex. classes, propriétés ?
- **QII – 4** : Quelle est l'approche ou la méthode utilisée pour développer l'ontologie ?
- **QII – 5** : Existe-t-il une étude de cas qui démontre les fonctionnalités de l'ontologie ?
- **QIII – 1** : Est-ce-que l'ontologie respecte des modèles de données, des formats, ou des langages de représentation standards ?

Un total de 11 domaines représentés par ces ontologies spécifiques à la gestion de crise a été identifié : les ressources, les processus, les individus/acteurs, les crises/catastrophes, les organisations, les dommages/pertes, l'infrastructure, la géographie, l'hydrologie, la géologie, la météorologie, et la topographie.

Dans leurs résultats et leurs tableaux récapitulatifs, l'ontologie MOAC (Management of a Crisis) a obtenu le meilleur score. Cette ontologie décrit en RDF des concepts relatifs à 4 domaines : ressources, individus, crises, et dommages. Elle est ouverte et disponible en ligne en téléchargement. De plus, cette ontologie est conforme aux standards mis au point par l'Inter Agency Standing Committee (IASC), l'Emergency Shelter Cluster, UNOCHA 3W Contact Database and, et le projet Ushahidi. Pour ces raisons, nous avons utilisé cette ontologie afin de représenter certaines informations contextuelles du profil construit.

Une seconde ontologie que nous avons utilisée dans cette couche de gestion de contexte est l'ontologie des Décideurs/Secouristes. Cette ontologie, exprimée en OWL, a été développée sous Protogé et est basée sur la taxonomie the Decision Makers taxonomy (Goentzel, Van de Walle, & Gralla, 2012) proposé le Digital Humanitarian Network et le Bureau de la coordination des affaires humanitaires (UNOCHA). Elle a pour but de définir ce que sont les décideurs/secouristes, de structurer toutes les catégories possibles de ces derniers, et de classer les organisations de réponse, leurs chefs d'équipe, et leurs membres d'équipe pouvant être impliqués dans les efforts d'intervention. Comme décrit dans la figure 4.5, l'ontologie définit huit catégories principales d'appartenance pour décideurs/secouristes : le secteur public et ses institutions, le secteur privé, le militaire, les organisations internationales, les organisations non-gouvernementales, les médias, les individus et citoyens, et les donateurs. Chaque catégorie principale a plusieurs sous-catégories, implémentées comme des classes ontologiques reliées par des propriétés is-a.

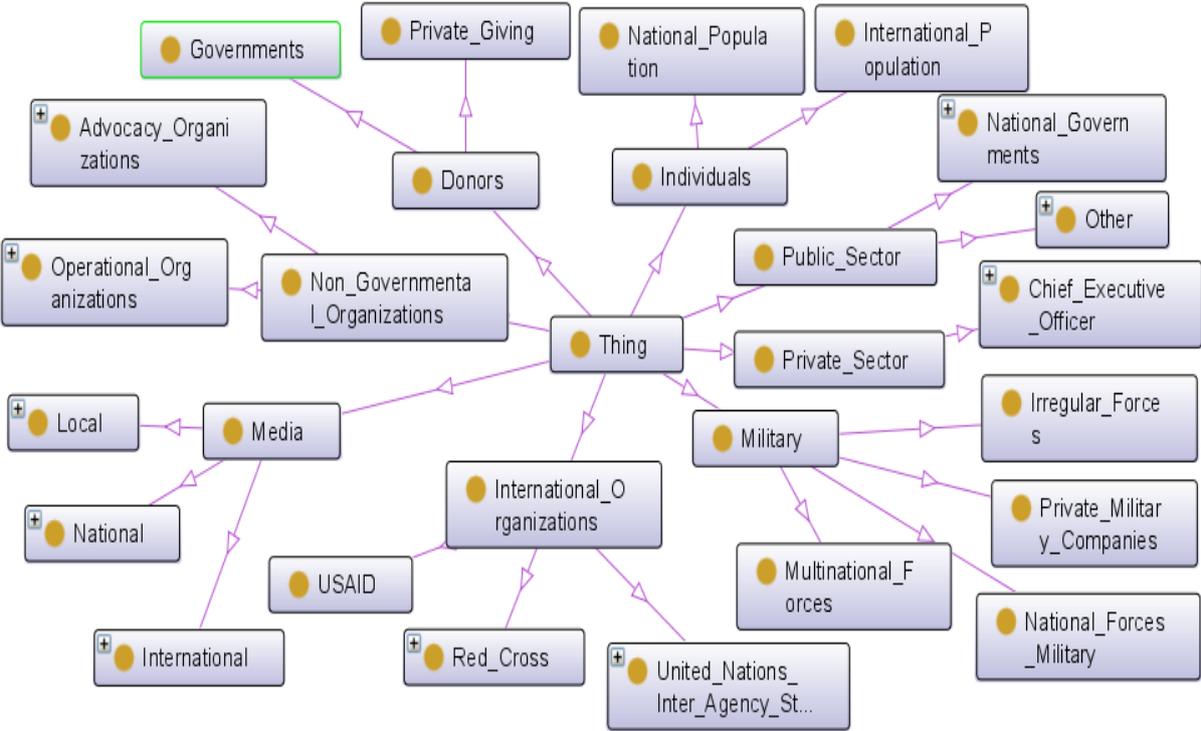


FIG 4.5 – Une partie de l'ontologie des Décideurs/Secouristes

4.3.3.2 Le profil contextuel

4.3.3.2.1 La dimension contextuelle Where

Une multitude de capteurs de localisation sont disponibles afin que la position du décideur ou du secouriste puisse être facilement capturée et en temps réel. Dans les scénarios outdoor, tels que le sont les situations de catastrophe, le Global Positioning System (GPS) est largement utilisé pour récupérer les coordonnées géographiques des acteurs impliqués. Par conséquent, l'information contextuelle de localisation construisant le profil est représentée par les coordonnées géographiques, à savoir, la latitude et la longitude, et modélisée via l'ontologie MOAC décrite précédemment.

4.3.3.2.2 La dimension contextuelle Who

Cette dimension représente l'affiliation (organisation/équipe) de l'acteur impliqué. Cette dernière, entrée par l'utilisateur, est enrichie et modélisée sémantiquement grâce aux concepts de l'ontologie des Décideurs/Secouristes. Comme la situation-awareness implique des efforts collaboratifs entrepris par des organisations et des équipes locales, régionales, nationales, et internationales, le framework proposé vise à appuyer une gestion de communautés permettant à des acteurs appartenant à la même communauté/hiérarchie de rester en contact et de s'informer. Dans cette intention, l'acteur sera notifié par des décisions et des événements situationnels rapportés par ses membres d'équipe, son supérieur, son chef d'équipe, son entreprise, son organisation partenaire, etc.

4.3.3.2.3 La dimension contextuelle What

Cette dimension représente l'activité professionnelle de l'acteur d'urgence participant. En effet, les rôles et les responsabilités d'un décideur ou d'un secouriste au moment d'une situation d'urgence sont étroitement liés à son activité professionnelle. Ainsi, le framework proposé vise à filtrer les informations situationnelles selon cette dimension afin que les acteurs puissent être en mesure de convertir ces informations reçues en bonnes actions d'interventions. Nous nous sommes appuyés sur l'approche Cluster (Steets et al., 2010) qui regroupe les activités professionnelles similaires impliquées dans la gestion de réponse en douze secteurs, appelés clusters : la santé, la logistique et le transport, la recherche et le sauvetage, l'alimentation et l'agriculture, la nutrition, la coordination, la sécurité et la protection, les télécommunications/TIC, l'assainissement/hygiène, refuge/articles-non-

alimentaires, éducation, et les dons/financements. L'approche Cluster vise à coordonner les partenariats, à clarifier la division du travail parmi les acteurs, et à mieux définir les rôles et les tâches de chaque acteur (Limbu, 2012). Par ailleurs, l'ontologie MOAC est utilisée dans la modélisation de ce contexte cluster du décideur ou secouriste.

Ces trois dimensions contextuelles Where, What, et Who sont regroupées afin de construire un profil contextuel comme présenté par la figure 4.6. Ce dernier constitue un graphe RDF sérialisé en XML, où chaque dimension est un triplet RDF.

4.3.3.3 Architecture

La figure 4.7 présente l'architecture de la couche gestion de contexte du framework proposé dans cette thèse qui a pour fonction principale de capturer le contexte, de le modéliser, et de le transmettre aux producteurs d'événements. Le contexte est fourni par des *sources contextuelles*, qui incluent l'application et des capteurs locaux. L'*acquisiteur du contexte* se charge de le capturer depuis ces sources. Les *transducteurs* se chargent de la modélisation et représentation de ces informations contextuelles capturées en la convertissant en triplets RDF sérialisées en RDF/XML avec l'utilisation des *ontologies* OWL appropriées. Les profils contextuels produits sont stockés dans des *triplestores*, i.e. des bases de données spécialement conçues pour le stockage et la récupération de ressources RDF.

Le *Search Manger* exécute les opérations de découverte de périphérique/service producteurs d'événements afin d'y souscrire. Le *processeur de requête* se charge de traiter les requêtes SPARQL du producteur d'événements et de le notifier par les réponses adéquates.

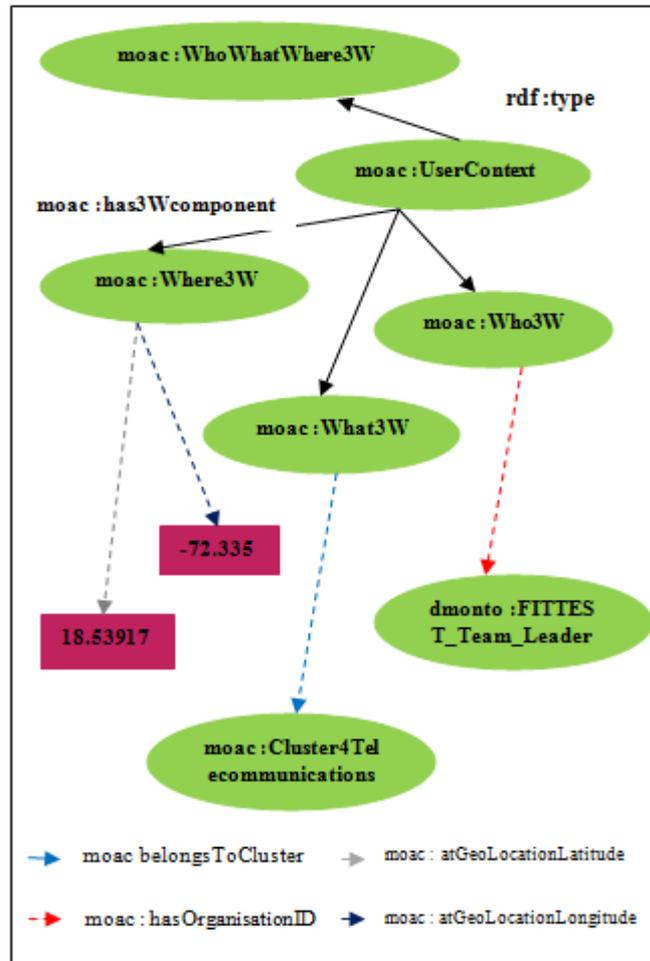


FIG 4.6 – Exemple d’un profil contextuel en graphe RDF d’un chef responsable en télécommunications appartenant à l’équipe FITTEST du programme alimentaire mondial et situé à la position (18.53917, -72.335)

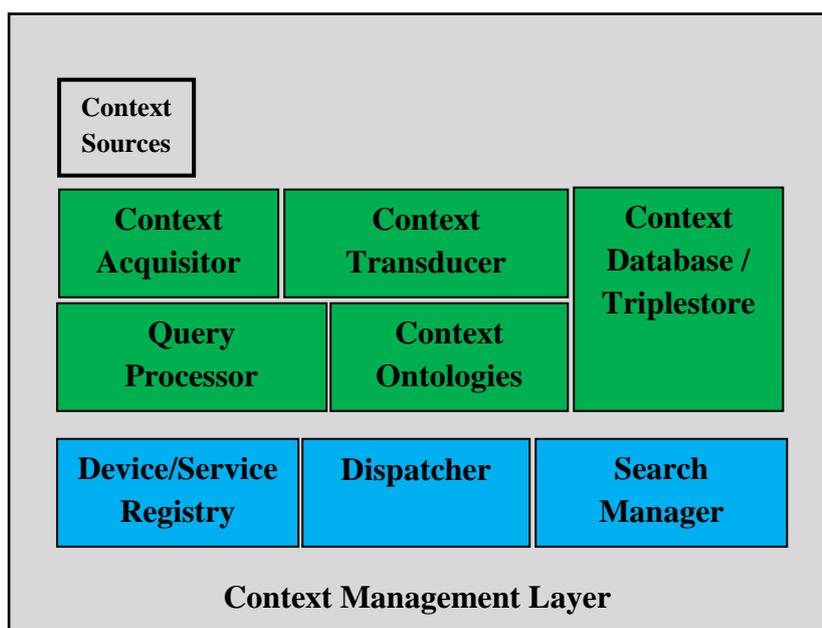


FIG 4.7 – L’architecture de la couche gestion de contexte du framework proposé

4.3.4 La couche d'extraction

Les processus de gestion de crise et de réponse sont des processus orientés décisions qui obligent les décideurs et les secouristes à prendre des décisions critiques ayant des implications directes sur la vie et la propriété. L'un des facteurs majeurs pouvant influencer sur la qualité de ces décisions est le niveau de conscience de ces responsables sur la situation courante. Ainsi, notre objectif principal visé par la réalisation du framework proposé dans cette thèse est d'améliorer et de renforcer la SA des acteurs d'urgence impliqués afin d'augmenter leurs capacités à prendre les bonnes décisions.

Les informations situationnelles consistent en des informations sur l'environnement, les victimes, les individus professionnels ou simples citoyens, les ressources nécessaires, la sécurité, les activités et tâches d'intervention, la logistique et l'état des routes, les appels à l'aide ; collectées sous formes de rapports situationnels, de rapports d'évaluation de dommages, des messages d'avertissement, des alertes, etc. Dus aux contraintes temporelles qui pèsent sur les acteurs responsables, cet énorme volume de données non structurées collectées ne peut être consulté et analysé totalement, simplement, et rapidement, qui plus est, via des périphériques à ressources-limitées. Par conséquent, le framework doit être en mesure de transformer ces informations situationnelles en informations actionnables prêtes à être utilisées et converties directement en actions d'intervention. De ce fait, des mécanismes et des algorithmes de (pré)traitement sont requis dans le but d'extraire et de représenter l'essentiel de l'information rapportée.

Dans leur étude sur les technologies de l'information appliquées à la situation-awareness dans la gestion de réponse, Ashish et al. (2008) recommandent une approche de présentation d'informations situationnelles orienté événements, c'est-à-dire les événements situationnels comme unités fondamentales de l'information. En effet, ils ont observés que les situations, en particulier les situations d'urgence, sont fondamentalement constituées d'événements à différents niveaux. Par exemple, le déclenchement d'un incendie, l'effondrement d'un pont, ou l'affectation d'une tâche à un secouriste, sont tous des événements dans une situation. Ces événements sont extraits depuis les rapports collectés et leur ensemble forme donc la situation. Globalement, un événement peut être défini comme une occurrence de quelque chose d'intérêt d'un certain type, à un certain endroit, e à /sur une certaine période de temps. Pour les auteurs, les événements offrent une abstraction naturelle pour la représentation, la modélisation, et le traitement des situations.

La couche d'extraction du framework proposé se base sur cette dernière approche afin d'extraire des événements situationnels depuis le flux des informations situationnelles non structurées rapportées par les acteurs participants. Dans cette thèse, nous nous sommes intéressés qu'aux informations textuelles. La motivation de l'utilisation de l'approche centrée événements vient du fait que ces derniers ont la capacité de fournir une présentation et une perception simples et efficaces de la situation courante. De plus, cette représentation sous une forme structurée rend accessible l'ensemble des éléments constituant l'information permettant ainsi son traitement et sa manipulation par les mécanismes de la couche de filtrage. Une situation est par conséquent décrite par un ensemble d'événements qui couvrent des questions basiques comme : Que s'est-il passé ? Où ça s'est passé ? Quand ? Qui est impliqué ? Etc. En d'autres termes, un événement situationnel peut être représenté sous un format divisé en plusieurs champs répondant aux questions précédentes. Dans notre cas, nous avons retenu 5 dimensions (champs) pertinentes dans la description d'un événement (voir Exemple 4.1) : son type (What), son thème/cluster (What about), i.e. de quoi il parle, sa localisation (Where), son acteur producteur (Who), et son horaire (When).

Information situationnelle :

Cluster Logistique – Chef d'équipe – 13 janvier 2010, 11h43 -- La disponibilité de ravitaillement en carburant, en cargaison, et en équipements aéroportuaires n'est pas encore connue. Il est entendu que l'aéroport international de Port-au-Prince sera ouvert pour les vols destinés à l'aide humanitaire seulement.

Evènement situationnel :

What : Reporting Message

What-about : Logistique et Transport

Where : aéroport international de Port-au-Prince, Port-au-Prince, Haïti

Who : Cluster Logistique – Chef d'équipe

When : 13 janvier 2010, 11h43

Exemple 4.1 – Extraction d'évènement situationnel à partir d'une information situationnelle rapportée par un acteur du cluster logistique

Les méthodes et les outils permettant d'extraire automatiquement des informations structurées à partir de textes non structurés écrits en langage naturel appartiennent au domaine dit d'Extraction d'Information (EI). Il s'agit d'analyser un texte donné afin d'identifier un ensemble précis de concepts dans un domaine spécifique définis en amont, et d'ignorer le reste de l'information non pertinente à l'application pour ensuite en donner une représentation structurée. La tâche d'extraction est réalisée grâce au remplissage de formulaires prédéfinis (template). Ces formulaires, dits formulaires d'extraction, sont définis dans le but de représenter la connaissance à rechercher par une structure déterminée a priori (Even, 2005). Ils décrivent un ensemble d'entités, les relations entre celles-ci et les événements impliquant ces entités (Yangarber, Grishman, Tapanainen, & Huttunen, 2000).

L'une des tâches classiques la plus importante dans l'Extraction de l'Information est la tâche de Reconnaissance d'Entités Nommées (NER : Named Entity Recognition). Cette tâche adresse le problème d'identification (détection) et de classification de types prédéfinis d'entités nommées, comme les organisations (p. ex., WHO l'organisation mondiale de santé), les personnes (p. ex., Baruch Spinoza), les lieux, les expressions temporelles, etc. (Piskorski & Yangarber, 2013). En d'autres termes, son objectif est double (Ehrmann, 2008): il s'agit, d'une part, d'identifier ces entités nommées dans un texte (i.e. étiquetage morpho-syntaxique ou Part-of-Speech tagging), et, d'autre part, de les catégoriser en fonction de types sémantiques prédéfinis. Le résultat de ces processus correspond à l'annotation des entités selon une norme d'étiquetage, laquelle se matérialise le plus souvent via des balises encadrant l'entité (p. ex., <ORG>WHO</ORG>, <PERS>Spinoza</PERS>, <DATE>2015</DATE>, etc.).

D'autres tâches et sous-tâches de traitement automatique du langage naturel sont implémentées par les systèmes d'EI afin d'affiner l'annotation et l'extraction informationnelle. La tokenization consiste au processus de découpage du texte en mots/termes. La lemmatisation désigne l'analyse lexicale d'un texte regroupant les mots d'une même famille (nom, pluriel, féminin, verbe à l'infinitif, etc.) où chacun des mots se trouve réduit en sa forme canonique appelée lemme. La résolution de coréférence tente de résoudre le phénomène qui consiste pour plusieurs expressions différentes contenues dans une phrase ou dans un texte, à désigner le même objet. L'extraction de relations consiste en la tâche de détection et de classification de relations prédéfinies entre des entités identifiées dans le texte. Enfin, l'extraction des événements réfère en la tâche d'identification des événements dans un

texte et la dérivation d'entités détaillées et structurées sur eux, idéalement identifier qui a dit quoi, où, quand, pourquoi, comment, etc. (Piskorski & Yangarber, 2013).

Le processus d'extraction d'événements de cette couche se divise en plusieurs tâches spécifiques à l'EI et au traitement automatique du langage naturel : la tokenization pour découper l'information textuelle rapportée en termes, le POS tagging et la reconnaissance des entités nommées afin de détecter et d'étiqueter ces termes, et la classification afin de catégoriser ces deniers dans leur dimension adéquate constituant l'événement.

L'extraction des événements et de leurs différentes dimensions est réalisée comme suit :

- La localisation, l'organisation/affiliation de l'acteur rapporteur de l'information, et l'horaire, représentant respectivement les dimensions *Where*, *Who*, et *When*, sont identifiés et extraites grâce à DBpedia Spotlight (Bizer et al., 2009), qui est un outil service web de POS tagging et de reconnaissance d'entités nommées utilisant les ressources sémantiques DBpedia (Auer et al., 2007) en tant que liens documentaires.

- La dimension *What* représente le type du message rapporté. Selon Quarantelli and Dynes (1977) et S. E. Vieweg (2012), il existe cinq types d'informations situationnelles collectées et partagées entre les acteurs d'urgence durant les efforts de gestion de crise et de réponse : 1) des messages d'alerte et de signalement (warning and reporting messages), 2) des messages de prévention et d'évacuation (preventative action messages), 3) des messages de dommages importants (significant damage messages) à propos des victimes, des blessés, des disparus, etc., 4) des messages d'inventaire de dommages (inventory of damage) à propos des infrastructures, des batiments, etc., et 5) des messages de mobilisation organisationnelle (organisational mobilization messages) en rapport aux activités de réponse, d'intervention, et de reprise.

Afin de pouvoir classer une information situationnelle dans un de ces types, nous nous sommes appuyés sur l'élément central dans une phrase qui organise tous les autres éléments : le verbe (Manning & Schütze, 1999). En effet, le verbe traduit à lui seul le sens de l'événement qui se déroule et donc le type du message véhiculé (Palmer, Gildea, & Xue, 2010; S. E. Vieweg, 2012). Par conséquent, l'annotation et la reconnaissance d'entités nommée sont réalisées, en utilisant l'outil Stanford POS Tagger, dans l'objectif de récupérer les verbes que constitue l'information. En amont, nous avons défini pour chaque type de message situationnel une liste de verbes lui correspondant, comme décrit dans le tableau 4.2.

Ces verbes sont représentés par des classes et des verbes de la ressource lexicale VerbNet (Schuler, 2005). Cette dernière offre une hiérarchie arborescente de larges et cohérents groupes de verbes catégorisé en classes en fonction de leur sens et leur comportement syntaxique et sémantique (S. E. Vieweg, 2012). Chaque classe dans VerbNet comprend, entre autres, la liste des verbes et la description de leurs différents sens sémantiques et attributs syntaxiques.

La liste des verbes de chaque type d'information situationnelle est représentée sous forme de vecteur. Il en est de même pour les verbes extraits de l'information textuelle en cours de traitement. Le vecteur extrait est par la suite comparé aux cinq autres vecteurs prédéfinis. Par conséquent, le modèle vectoriel et une mesure de similarité sont exploités afin de calculer la proximité entre deux vecteurs comparés. Plus précisément, le modèle vectoriel utilisé est basé sur des vecteurs 0/1, où chaque élément du vecteur (le poids) peut prendre comme valeur 1 si le verbe existe dans le vecteur des verbes extraits ou 0 sinon. Ensuite, la mesure de similarité cosinus, qui consiste à quantifier la similarité entre deux vecteurs en calculant leur cosinus, est appliquée afin de déterminer le degré de proximité de chaque vecteur des types d'information situationnelle au vecteur des verbes extraits. Le vecteur qui obtient le meilleur score de similarité est retenu et le type correspondant à ce vecteur est attribué à la dimension *What* de l'événement situationnel.

- La dimension *What-about*, i.e. de quoi ça parle, représente le domaine d'activité que concerne l'événement. Elle prend comme valeur un des douze clusters des activités professionnelles cités précédemment. Pour le faire, les mêmes processus d'extraction que ceux réalisés pour la dimension *What* sont conduits, à savoir, le POS tagging, la représentation vectorielle, et la comparaison via une mesure de similarité cosinus. Néanmoins, dans ce cas, l'étiquetage est fait dans le but d'extraire, non pas les verbes, mais les noms que constitue l'information situationnelle, ou plus précisément, les mots et concepts techniques prédéfinis dans des vocabulaires et glossaires relatifs aux douze clusters des activités professionnelles d'urgence et de réponse. Ces noms extraits, ainsi que les concepts techniques de chaque cluster, sont représentés sous forme de vecteur. Le vecteur extrait est par la suite comparé aux douze autres en calculant leur similarité cosinus. Les vecteurs obtenant un score de similarité dépassant un seuil préfixé sont retenus et le cluster correspondant à ces vecteurs sont attribués à la dimension *What-about* de l'événement situationnel.

	Classe VerbNet	Verbe VerbNet	Total Classes	Total Verbes
Alerte Et Signalement	avoid-52, confront-98, consider-29.9-1, consider-29.9.2, declare-29.4-1-1-1, declare-29.4-1-1-2, declare-29.4-1-1-3, declare-29.4-2, discover-84, estimate-34.2, indicate-78, indicate-78-1-1, register-54.1-1, occurrence-48.3, require-103, transcribe-25.4, future_having-13.3, characterize-29.2, advise-37.9, advise-37.9-1, order-60-1, adopt-93	avoid, confront, face, approach, intercept, acknowledge, esteem, report, consider, suspect, declare, find, judge, profess, proclaim, discover, realize, determine, estimate, anticipate, indicate, explain, say, confirm, affirm, verify, establish, register, occur, alarm, require, need, record, accord, certify, alert, notify, inform, warn, assure, caution, order, assume	22	43
Prévention Et Evacuation	wish-62, leave-51.2-1, allow-64, urge-58.1, indicate-78, suspect-81, banish-10.2	expect, wish, hope, leave, allow, approve, permit, tolerate, urge, advise, ask, implore, beg, predict, suspect, evacuate	7	16
Dommages Importants	hurt-40.8.3-2, pain-40.8.1, disappearance-48.2, admire-31.2, amuse-31.1	hurt, burn, injure, pain, die, perish, disappear, miss, wound, harm	5	10
Inventaire De Dommages	break-45.1, destroy-44	break, crash, crack, destroy, demolish, damage, devastate, ravage, collapse, ruin	2	10

<p style="text-align: center;">Mobilisation Organisationnelle</p>	<p>assessment-34.1, estimate-34.2, help-72-1, appoint-29.1, begin-55.1-1, build-26.1-1, classify-29.10, other_cos-45.4, complete-55.2, create-26.4, send-11.1-1, hold-15.1-1, appoint-29.1, create-26.4-1, contribute-13.2-1, obtain-13.5.2, search-35.2, steal-10.5, cooperate-73-1</p>	<p>assess, analyse, evaluate, project, help, assist, aid, support, adopt, appoint, install, nominate, begin, start, build, classify, mobilize, clear, complete, organize, coordinate, deploy, affect, send, handle, designate, schedule, distribute, receive, serach, rescue, check, cooperate , collaborate, join</p>	<p style="text-align: center;">19</p>	<p style="text-align: center;">35</p>
--	--	--	---------------------------------------	---------------------------------------

TAB 4.2 – Liste des classes et des verbes VerbNet de chaque type d’information situationnelle

4.3.5 La couche de modélisation

Cette couche prend comme entrée les événements situationnels 5ws extraits depuis les informations collectées. Ensuite, les mécanismes qu’implémente cette couche de modélisation se chargent de leur représentation et enrichissement sémantiques à travers les concepts des ontologies de la couche sémantique du framework. En effet, l’ontologie MOAC est utilisée pour la modélisation du type de l’événement, du cluster, et du temps, les ontologies MOAC et Geonames (Vatant & Wick, 2012) pour la localisation, l’ontologie des Décideurs/Secouristes pour l’acteur producteur de l’information. Comme dans la couche gestion de contexte, chaque dimension de l’événement situationnel est un triplet RDF et leur ensemble constitue un graphe RDF. Enfin, ce même graphe modélisé est transmis à la couche de filtrage afin d’appuyer une diffusion informationnelle en temps réel.

Afin de répondre aux problèmes de dynamicité des entités de l’environnement causant des indisponibilités et déconnexions fréquentes, ainsi que de leur permettre des accès et des interrogations ultérieurs aux données, les événements situationnels produits sont stockés dans des triplestores. La motivation de cette utilisation est de gérer le système de partage des informations dans un environnement pervasif à travers les principes de bases de données. En effet, comme l’information situationnelle est la ressource principale sur laquelle repose le framework, nous voulions la placer au centre de cet environnement pervasif proposé. Cette

vision a été introduite grâce aux travaux de Franklin, Halevy, and Maier (2005) et aux Dataspaces. Elle permet l'abstraction des sources de données connectées au réseau en des bases de données distribuées ce qui facilite leur intégration et leur gestion dans des environnements aussi dynamiques et hétérogènes que le sont les environnements ubiquitaires (Gripay, Laforest, & Petit, 2009). Par conséquent, dans notre cas, en plus de l'abstraction des périphériques en services web, ces derniers peuvent être vus comme des triplestores interconnectés pouvant être interrogés de manière unifiée via un langage de requête comme SPARQL.

4.3.6 La couche de filtrage

Dans l'analyse conduite par P. Brown et al. (2000) concernant les types d'applications context-aware, six points ont été cités. Parmi leurs composants clés, il y a le Context-Aware Retrieval (CAR) des informations. P. J. Brown and Jones (2001) en distingue deux paradigmes permettant un partage et une transmission sensibles au contexte des informations dans un environnement pervasif : la recherche d'information (RI) et le filtrage d'information (FI). Ces derniers ont pour tâche de trouver dans une large collection d'informations celles qui sont susceptibles d'intéresser l'utilisateur et de les lui remettre. Tous les deux visent à satisfaire les besoins informationnels de l'utilisateur. Ces besoins sont exprimés généralement par une interrogation de recherche, sous forme de requête ou de profil utilisateur, puis comparés aux informations disponibles. Par conséquent, deux types d'applications CAR peuvent être déduits : les applications interactives où l'utilisateur formule directement ses besoins à l'aide d'une requête afin de pouvoir récupérer les informations pertinents à sa demande (i.e. RI) et les applications proactives où les informations sont renvoyées automatiquement à l'utilisateur dès que la condition-déclencheur (trigger condition) formulée via un profil est satisfaite (i.e. FI). Nous nous sommes appuyés sur les mécanismes du deuxième type.

Le but principal visé par la couche de filtrage du framework est d'implémenter les tâches de filtrage d'information en comparant le profil contextuel de chaque souscripteur consommateur au flux d'événements situationnels extraits par un producteur donné afin de supporter un partage et une transmission des informations sensibles au contexte. Cette comparaison a donc pour objectif de sélectionner proactivement à partir du flux situationnel les événements qui répondent le mieux aux besoins en information des décideurs et des secouristes impliqués

formulés sous forme de profil contextuel. Elle se base sur trois filtres correspondants aux trois dimensions contextuelles du profil utilisateur, à savoir, la localisation, l'affiliation, et l'activité professionnelle.

La comparaison se traduit par un calcul d'un score de pertinence événement-profil. En effet, chaque événement est accompagné au final d'un score de pertinence qui indique son degré de sensibilité par rapport au profil contextuel comparé. Ensuite, tout événement qui passe un seuil de pertinence est automatiquement transmis au consommateur d'événements correspondant à ce même profil. La littérature distingue deux majeures approches de mesure de pertinence profil-événement (P. J. Brown & Jones, 2001). Dans l'approche booléenne, comme son nom l'indique, le score de pertinence calculé est binaire : 1 si c'est pertinent et 0 dans le cas contraire. Dans l'approche best-match, le score de pertinence calculé donne le degré de sensibilité d'un événement vis-à-vis d'un profil contextuel par une valeur entre 0 et 1 ; Un seuil est prédéfini pour fixer le score de pertinence minimal. Différentes mesures de calcul de pertinence existent pour chaque approche.

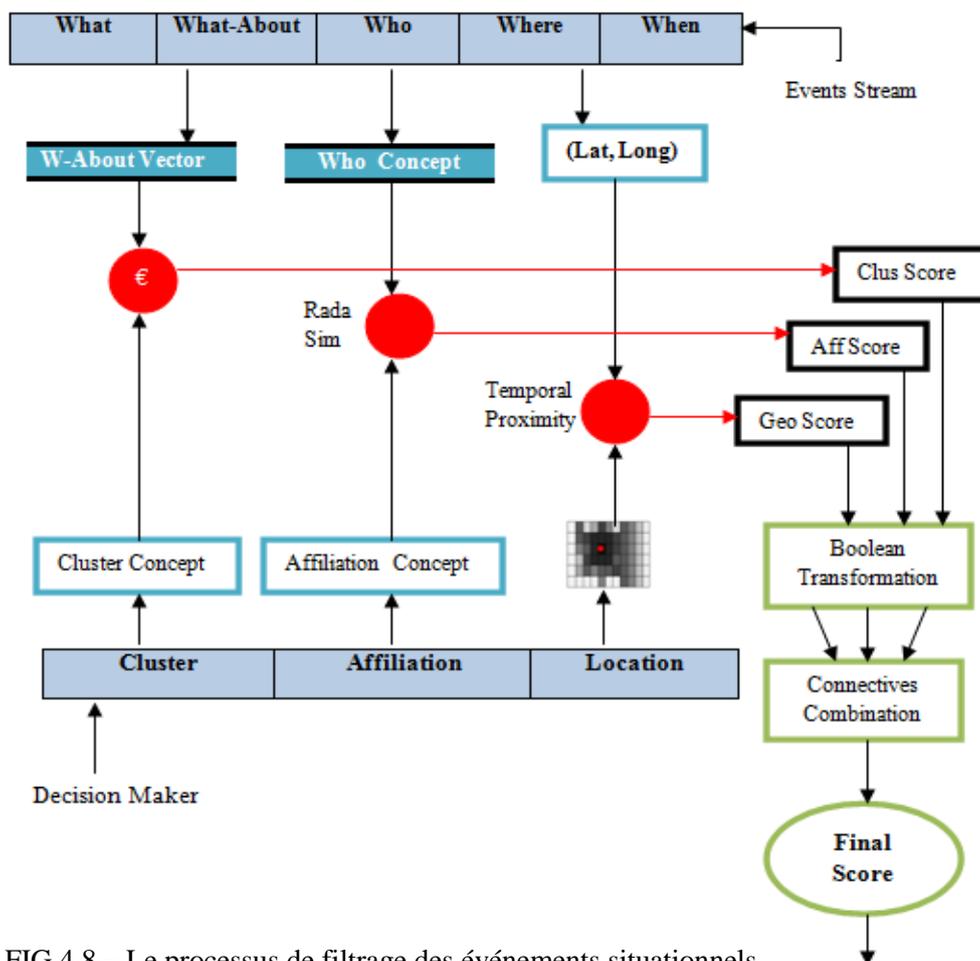


FIG 4.8 – Le processus de filtrage des événements situationnels

Dans cette couche du framework proposé, afin de déduire la pertinence d'un événement donné, trois scores de sous-pertinence sont calculé au préalable comme suit :

- *Pertinence-Cluster* : L'approche booléenne est appliquée dans ce cas. Si le concept relatif à la dimension cluster du profil contextuel de l'acteur consommateur appartient aux éléments-concepts du vecteur de la dimension What-about de l'événement extrait, alors cet événement est jugé comme cluster-pertinent et la valeur 1 est assignée comme score de pertinence-cluster. A titre d'exemple, si un événement situationnel extrait décrit l'état courant des télécommunications de la situation d'urgence à gérer (i.e. What-about = (Cluster4Telecommunications)), alors cet événement doit être transmis à tous les acteurs connectés au réseau travaillant dans le secteur des télécommunications (i.e. cluster context What = Cluster4Telecommunications). Ceci est donc fait en appliquant le modèle booléen.
- *Pertinence-Affiliation* : D'abord, nous exploitons la mesure de similarité sémantique exprimée par Rada, Mili, Bicknell, and Blettner (1989) afin de calculer le score de pertinence de l'affiliation d'un événement extrait donné. En effet, comme les dimensions Who des événements situationnels extraits et des profils contextuels des acteurs d'urgence sont toutes les deux modélisées par des concepts sémantiques de l'ontologie des Décideurs/Secouristes, la similarité sémantique est utilisée afin de pouvoir les comparer. La similarité sémantique entre des concepts ontologiques est une mesure qui définit, en se basant sur leurs propriétés et leurs relations, le degré de leur ressemblance. La mesure Rada s'appuie sur la longueur du plus court chemin pour quantifier la similarité entre deux concepts ontologiques donnés. Cette distance sémantique est calculée en comptant le nombre des arcs qui séparent ces concepts comparés. Cette mesure de similarité sémantique basée longueur-du-chemin est recommandée aux ontologies is-a, comme celle des Décideurs/Secouristes proposée dans cette thèse. Ensuite, comme les valeurs de similarité sémantique varient entre 0 et 1, ceci nous amène à exploiter l'approche best-match afin de déduire le score de pertinence-affiliation de l'événement situationnel. En effet, l'événement extrait est jugé comme affiliation-pertinent vis-à-vis de l'acteur consommateur si son score de pertinence-affiliation est supérieur au seuil de pertinence prédéfini.

- *Pertinence-Localisation* : Différentes hypothèses ont été proposées dans la littérature sur la manière dont une information pourrait être pertinente vis-à-vis d'un contexte géographique de l'utilisateur. Dans notre proposition, à cause des contraintes temporelles qui caractérisent la situation-awareness, nous avons retenu le filtre de la proximité temporelle où les localisations qui peuvent être rejointes rapidement et en un temps de trajet court sont considérées comme les plus pertinentes. Ces localisations pertinentes forment une surface d'accessibilité qui peut être définie par une grille matricielle autour de la localisation de l'acteur, où chaque cellule de la grille représente la durée que ça prend pour aller d'un point origine (i.e. localisation de l'acteur – Dimension Where du profil contextuel) à un point destination (i.e. dimension Where de l'événement extrait) (Mountain & Macfarlane, 2007). Les valeurs de ces cellules, qui représentent les scores de pertinence-localisation, varient entre 0 (i.e. trop loin pour être pertinent) et 1 (i.e. même localisation, donc pertinent) selon la durée du trajet. Par conséquent, l'approche best-match est appliquée et un seuil est fixé afin de définir le score minimal de pertinence géographique nécessaire pour considérer un événement situationnel comparé comme pertinent géographiquement. En général, un événement situationnel donné est filtré comme localisation-pertinent si la durée du trajet entre la localisation du consommateur et la localisation de l'événement ne dépasse pas un seuil temporel prédéfini.

Ensuite, le score final de pertinence est déduit en utilisant des opérations issues de l'algèbre de Boole et de la théorie des ensembles. D'abord, les trois scores de sous-pertinence sont transformés en valeurs binaires : 1 si c'est sous-pertinent, 0 sinon. Ensuite, ces valeurs sont reliées en une seule représentation via des connecteurs logiques ET, OU. Le résultat de cette fonction logique représente le score final de pertinence, où 1 veut dire que l'événement situationnel est pertinent, et doit être transmis au consommateur correspondant. La figure 4.8 résume ces étapes de filtrage d'événements situationnels présentés ci-haut.

4.3.7 La couche d'interrogation et de transmission

Cette couche gère les différentes interactions entre les différentes entités de l'environnement. D'abord, le processeur de requête formule et traite les requêtes et les réponses SPARQL

servant à demander et récupérer le profil contextuel. Ensuite, ce profil est utilisé en guise de filtre afin de déterminer quels événements situationnels sont pertinents à ce profil et devraient être transmis aux clients consommateurs. Une fois reçus, ces événements s'affichent sur l'écran de l'utilisateur sur une carte géographique taguée, pointant directement sur la localisation de l'événement et représentés en 5Ws.

La **couche sémantique** regroupe les différents vocabulaires, ontologies, et glossaires utilisés par le framework. Quant à la **couche communication**, elle constitue la couche du même nom du DPWS.

4.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les défis rencontrés lors du développement d'une solution informatique pour la situation-awareness dans les situations d'urgence extraits en parcourant la littérature et des travaux de recherche similaires au notre. En se basant sur ces contraintes, un framework de six couches a été proposé et décrit. Ce dernier s'appuie sur l'architecture orientée service web pour périphériques et sa spécification DPWS pour interconnecter de manière pervasive les différents acteurs d'urgence ainsi que leurs hétérogènes périphériques. Le framework proposé a pour but d'offrir avec facilité et efficacité un environnement d'échange et de partage d'informations situationnelles entre les décideurs et les secouristes. Grâce à ce framework, les sources de données deviennent intelligentes en adaptant leurs transmissions informationnelles aux besoins de leurs clients consommateurs. D'abord, ses caractéristiques en sensibilité au contexte et en modélisation sémantique des informations permettent la construction d'un profil contextuel et la représentation sémantique des informations contextuelles et situationnelles, ainsi que leur comparaison. Ce processus offre la possibilité de filtrer et de personnaliser le partage des informations collectées. Ensuite, grâce à sa capacité en extraction d'information, des événements situationnels sont extraits et représentés en format 5Ws approprié aux conditions des acteurs d'intervention. Enfin, grâce à la spécification WS-Eventing de l'architecture orientée service web, les événements situationnels extraits sont distribués en temps réel aux acteurs jugés pertinents. En résumé, le framework permet de partager et de délivrer au bon moment et à la bonne personne la bonne

information situationnelle qui répond à ses besoins spécifiques; L'information est actionnable, à jour, accessible et sous un format approprié.

Chapitre 5

Réalisation et Evaluation

Sommaire

Chapitre 5	94
5.1 Introduction	94
5.2 Implémentation du framework proposé.....	95
5.2.1 Langages d' implémentation	95
5.2.2 Plateformes et outils de développement.....	96
5.2.3 Implémentation des consommateurs et producteurs d' événements avec JMEDS	97
5.3 Evaluation du framework proposé.....	99
5.3.1 Evaluation architecturale.....	102
5.3.2 Evaluation algorithmique	104
5.4 Résultats et discussion	105
5.5 Conclusion	109

5.1 Introduction

Dans le chapitre 4, nous avons présenté le framework proposé : un framework orienté service web pour le déploiement d'application sensibles au contexte pour la situation-awareness en gestion de catastrophe. Il repose sur l'extraction et la modélisation des événements situationnels décrivant la situation en cours en RDF/XML, une modélisation basée profil contextuel pour la gestion des besoins en information des acteurs d'urgence, et la comparaison événement-profil pour soutenir un partage informationnel intelligent et personnalisé.

Dans ce chapitre, nous présentons les outils utilisés pour implémenter notre framework. Ensuite, nous illustrons son fonctionnement grâce à un cas d'utilisation réel. Enfin, nous

décrivons les différentes évaluations de performance réalisées et nous discutons les résultats obtenus.

5.2 Implémentation du framework proposé

Afin de d'implémenter notre framework, différents langages et plateformes de développement ont été utilisés. Cette partie vise à les décrire et le tableau 5.1 les résume.

But	Langage	Outil de développement
Développement du framework proposé	Java	jdk et JRE 1.7
Implémentation de l'architecture orientée service web pour périphériques	DPWS	WS4D JMEDS
Modélisation des événements situationnels et du profil contextuel	RDF/XML	Jena RDF API
Interrogation du profil contextuel d'un consommateur d'événements	SPARQL	Jena ARQ
Développement et manipulation des ontologies	OWL	Protégé et HermiT OWL API
Récupération des entités nommées DBpedia comme l'organisation, la localisation, etc.	JSON	JSON-Java

TAB 5.1 – Langages et outils d'implémentation du framework proposé

5.2.1 Langages d'implémentation

Le framework proposé dans cette thèse est développé selon la spécification DPWS. Il est réalisé avec le langage de programmation Java selon le paradigme orienté service web pour périphériques du DPWS. Le langage Java est portable et offre des mécanismes intéressants d'introspection, il possède également des bibliothèques déjà développées ce qui réduit considérablement le temps de développement (Hamida, 2010).

Le DPWS Communication Manager est basé sur SOAP et est utilisé pour transporter les messages de notification, qu'elles soient à sens unique ou sollicit-response. Ces messages échangés entre deux entités participantes peuvent être une requête SPARQL, une réponse à une requête SPARQL, ou un événement situationnel en RDF, sérialisés en XML qui est

communément employé dans le domaine pervasif et les architectures orientées service pour son extensibilité et sa facilité de manipulation. Le framework utilise l'API Java pour RDF de Jena (Seaborne et al., 2010) afin de créer, d'écrire, et de manipuler des graphes RDF/XML et l'ARQ pour Jena comme un moteur de requête SPARQL.

Nous avons développé l'ontologie des Décideurs/Secouristes en OWL à l'aide du logiciel ouvert Protégé. La manipulation des ontologies utilisées dans ce framework est faite grâce à l'API HermiT OWL. Quant aux entités nommées extraites depuis DBpedia Spotlight, elles sont récupérées en format JSON.

5.2.2 Plateformes et outils de développement

Le framework proposé a été développé en se basant sur le framework léger et open source WS4D Java Multi DPWS Stack (JMEDS, 2007). JMEDS permet l'implémentation et l'exécution des services web basés sur la spécification DPWS dans les environnements Java. Il offre notamment des outils de test et de simulation comme le DPWS Explorer et le Droid Commander qui permettent la découverte et l'accès aux périphériques et aux services DPWS déployés dans le réseau. Ainsi, en se basant sur ce framework, les consommateurs d'événements sont implémentés comme des clients JMEDS Event Sink et les producteurs d'événements comme des périphériques/services JMEDS Event Source. Le JMEDS Search Manager s'occupe de l'exécution des opérations de découverte de la spécification WS-Discovery afin de permettre aux clients de découvrir et de se souscrire aux services disponibles via des messages probe et listeners. La figure 5.1 décrit un exemple du processus de découverte et d'échange de message entre un client consommateur et un service producteur d'événements.

Les outils Stanford POS Tagger et l'API JAWS (Java for WordNet Searching) sont utilisés dans l'étiquetage et l'extraction des verbes que constitue l'information situationnelle représentant le vecteur de la dimension What de l'événement. Afin de récupérer les entités nommées prédéfinies tel que les organisations et les localisations, le DBpedia Spotlight Web Service est interrogé via les méthodes de types POST/GET. Le résultat de cette interrogation peut être exprimé en XML ou en JSON. Pour tester l'affichage d'évènement situationnel reçu par un client consommateur sur une cartographie géotaguée, la librairie MapPanel est utilisée.

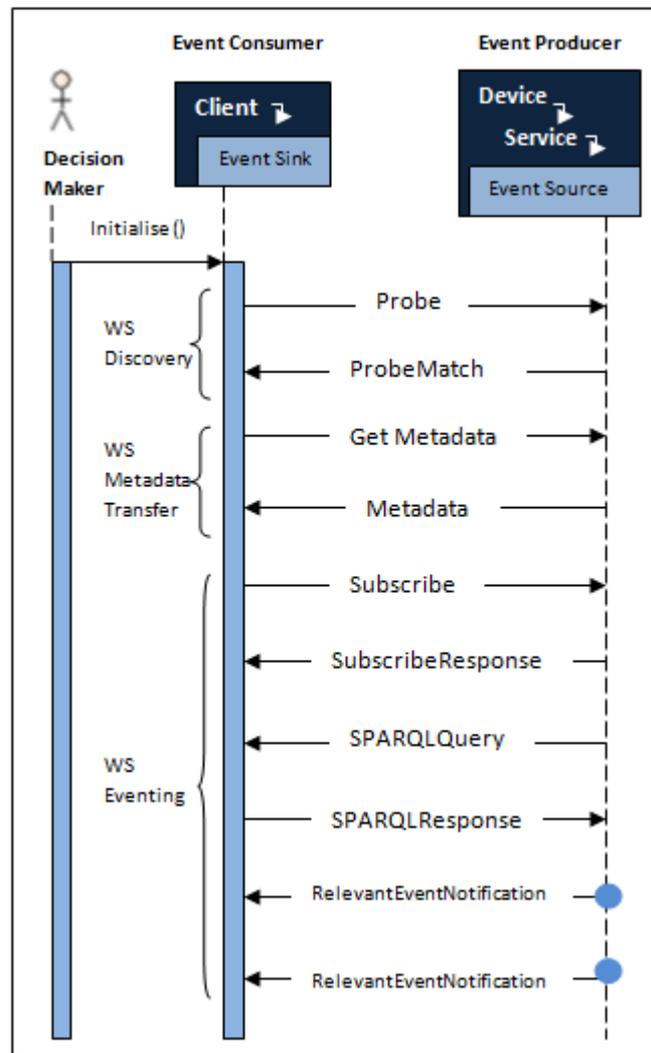


FIG 5.1 – Diagramme de séquence du processus de découverte de services producteurs et de transmission d'événements situationnels au consommateur

5.2.3 Implémentation des consommateurs et producteurs d'événements avec JMEDS

Basé sur la spécification DPWS, JMEDS distingue deux types d'entités déployées dans le réseau pervasif formé : le Device/Service et le Client. Le Device est la base du DPWS. Un Device est une entité qui offre un ou plusieurs services. Chaque service peut fournir des opérations et des événements aux Clients grâce à des Event Sources. Un Client implémente un Event Sink, effectue des recherches, et se souscrit à des Devices/Services/Event Sources afin d'être en mesure de recevoir des événements produits par ces derniers.

Le framework JMEDS supporte deux types d'événements WS-Eventing : les notifications et les opérations sollicit-response. Alors que le premier type représente des messages

unidirectionnels envoyés par les Event Sources à leurs abonnés, le deuxième inclut des messages de réponse renvoyés par les abonnés (GmbH, 2011).

Dans notre proposition, les producteurs d'événements sont implémentés comme des Devices/Services/Event Sources et les consommateurs comme des Clients/Event Sink.

Grâce à JMEDS, un Device peut être créé facilement en créant une classe qui hérite de la classe DefaultDevice (extends DefaultDevice). Ensuite, certaines métas informations relatives au Device et au Service peuvent être spécifiées comme le nom, le modèle, le namespace, la langue, etc. Enfin, comme le Device est déployé sur le réseau, il doit être lié à une adresse pouvant être reconnue par les autres entités. Par conséquent, un objet HTTPBinding est rempli et passé au Device. Trois paramètres sont spécifiés : une adresse IP, un numéro de port, et le chemin de liaison du Device.

Un Service est créé de la même manière qu'un Device en créant une classe qui hérite de la classe DefaultService. Ensuite, ce Service est ajouté au Device puis démarré comme suit :

```
// D'abord, on crée une instance du Device créé  
MyDevice device = new MyDevice();  
  
// Ensuite, on crée une instance du Service créé  
final MyService service = new MyService();  
  
// Enfin, on ajoute le Service au Device  
device.addService(service);  
  
device.start();
```

Un Client peut être créé en créant une classe qui hérite de la classe DefaultClient (extends DefaultClient). Ensuite, pour initier le processus de découverte de Device/Service, un objet SearchParameter doit être créé tout en en spécifiant le Device ou le Service à rechercher. Enfin, il ne reste qu'à lancer la recherche comme suit :

```

//Création d'une instance d'un Client
MyClient client = new MyClient();

// Initiation de la recherche
SearchParameter search = new SearchParameter();

// Spécification du Service à rechercher
search.setServiceTypes(new QNameSet(new QName("service",
namespace)));

// Lancement de la recherche
SearchManager.searchService(search , client);

```

Une fois le Device ou le Service correspondant aux critères de recherche est trouvé, la méthode `deviceFound` ou `serviceFound` est appelée, respectivement. Ces méthodes permettent au Client de se souscrire au Device/Service en question.

Les Event Sources sont créés en créant une classe qui hérite de la classe `DefaultEventSource`. En fonction du type d'événements WS-Eventing implémenté (i.e. simple notification ou solicit-response), une entrée et/ou une sortie sont fixées pour chaque Event Source en utilisant les méthodes `setInput` et `setOutput`. La méthode `fire`, implémentée dans `DefaultEventSource`, se charge ensuite de la transmission des messages à tous les Clients souscripteurs. Le contenu du message est stocké dans un objet de type `ParameterValue`. Dans notre cas, il peut être une requête SPARQL ou un événement situationnel pertinent. Dans le cas d'un échange solicit-response entre un Event Source et un Client, la méthode `solicitResponseReceived` de la classe `DefaultEventSource` est appelée. Cette dernière doit implémenter la réponse à renvoyer. Enfin, après la création d'un Event Source, celui-ci doit être ajouté un Service existant afin que les Clients puissent y souscrire grâce à la méthode `subscribe()`.

5.3 Evaluation du framework proposé

Dans cette partie, nous évaluons les performances du framework proposé selon deux niveaux : architectural et algorithmique. En effet, afin d'illustrer le fonctionnement du framework et ses différentes couches, un scénario de situation-awareness en situation de catastrophe a été implémenté et expérimenté. Ensuite, un ensemble de tests a été effectué dans le but de vérifier

l'efficacité et la précision des mécanismes de filtrage informationnel sensible au contexte via des mesures standards d'évaluation.

Afin d'accomplir les tests d'évaluation, les informations situationnelles du tremblement de terre ayant frappé Haïti en 2010 ont été utilisées. Ce séisme est le plus violent qu'ait connu la région depuis plus de 200 ans, provoquant des pertes et des dégâts majeurs obligeant l'intervention et la mobilisation d'entités responsables régionales, nationales, et internationales pour aider les populations touchées.

Nous avons collecté aléatoirement 43 rapports situationnels produits par les différentes entités et organisation impliquées dans les efforts de réponse durant une période de deux semaines, à savoir, du 12 Janvier 2010 au 25 Janvier 2010, représentant respectivement la date du séisme jusqu'au jour du premier bilan communiqué par le gouvernement haïtien. Les sources de données utilisées dans nos tests incluent :

- des rapports situationnels du bureau de la coordination des affaires humanitaires OCHA signalant l'état courant des zones affectées, des opérations d'intervention en cours, des activités de récupération à entreprendre, et coordonnant les équipes et organisations d'urgence déployés ;
- des rapports situationnels du Caribbean Disaster Emergency Management Agency et de la protection civile haïtienne informant sur les activités de recherche et de sauvetage, d'identification des cadavres, des évaluations de dommages aériennes, et de la logistique ;
- des rapports situationnels de la Fédération Internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge IFRC indiquant les besoins humanitaires des populations touchées, les horaires de distribution de nourriture et d'eau, et les emplacements d'installation des camps d'hébergement ;
- des rapports de l'opérateur de télécommunications caribéen Digicel communicant l'état des infrastructures réseau et de télécommunication ;
- des tweets et des articles de presse du New York Times et du Washington Post rapportant l'état des routes, des ponts, des hôpitaux, des incidents secondaires, des personnes disparus, et des appels à l'aide.

Tous ces rapports cités ont été traités et affinés afin d'en sélectionner, comme jeu de données final, 227 évènements situationnels qui fournissent des informations situationnelles

actionnables et utilisables dans nos scénarios d'évaluation. Ensuite, ces événements ont été tagués et classifiés en format 5Ws, comme illustré dans le tableau 5.2. Toutes ces informations situationnelles ont été collectées depuis les sites web officiels des organisations et les bases de données humanitaires en ligne, comme ReliefWeb, qui a été établie en 1996 par les Nations Unies.

Informations Situationnelles	What	What about	Where	Who	When
We continue to provide ICT services to the Humanitarian community in the logbase. It is currently upgrading Internet connectivity to accommodate the additional personnel who are arriving.	Mobilisation Organisationnelle	Télé communication	Bois Patate, Port-au-Prince, Haiti (18.532637, -72.323464)	Chef d'équipe, Digicel	14 Janvier 2010, à 10:52
The favorable climate and building structures have enhanced the survival chance of trapped victims, which indicates that the search and rescue phase can continue longer.	Mobilisation Organisationnelle	Recherche Et Sauvetage	UN Headquarters Christopher Hotel, Bourdon, Port-au-Prince, Haiti (18.539324, -72.311963)	Chef d'équipe, USAR Team, DPC (Protection Civile Haitienne)	13 Janvier 2010, à 07:02
The following priorities are identified: treatment of people with large traumatic wounds; prevention of infection of wounds; and ensuring that nursing infants is not discontinued.	Mobilisation Organisationnelle	Santé	Place Boyer, Peguy Ville, Port-au-Prince, Haiti (18.512682, -72.282161)	Chef d'équipe Place Boyer Camp Team, MSF Médecins Sans Frontières	13 Janvier 2010, à 16:40

TAB 5.2 – Exemples d'évènements situationnels extraits et sélectionnés

5.2.1 Evaluation architecturale

Visant à illustrer le fonctionnement du framework décrit dans cette thèse, nous avons simulé un environnement de situation-awareness en situation en crise, comme montré dans la figure 5.2, composé de périphériques basés-DPWS : ordinateurs portables Intel Core i3 processor 2.3 GHz 4-GB RAM sous le système d'exploitation Windows 8 et périphériques mobiles Qualcomm Snapdragon processor 2-GB RAM sous Android 4.4. L'environnement simulé est constitué de trois Producteurs : un chef d'équipe du Logistics Cluster, un membre d'équipe du Digicel, et un journaliste reporter ; et deux Consommateurs : un expert en télécommunication membre d'équipe du FITTEST et logisticien membre d'équipe du Logistics Cluster. Par exemple, le modèle RDF en format Notation3 du contexte du logisticien est :

```
@prefix dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>.
@prefix moac: <http://observedchange.com/moac/ns/#>.
@prefix dmonto : <http://www.owl-ontologies.com/dmonto/#>.

moac : UserContext a moac : WhoWhatWhere3W ;
moac : has3Wcomponent moac : What3W ,
                        moac : Where3W ,
                        moac : Who3W .

moac : What3W moac : belongsToCluster
                moac : Cluster7LogisticsAndTansportation ;
dc: title "Cluster Context".

moac : Where3W moac : atGeoLocationLatitude "18.578371";
                moac : atGeoLocationLongitude " -72.280118";
dc: title "Location Context".

moac : Who3W moac : hasOrganisationID
                dmonto : LogisticsCluster_Team_Member ;
dc: title "Affiliation Context".
```

D'abord, le logisticien lance son application et commence la découverte et la souscription aux Producteurs disponibles dans le réseau juste après la construction de son profile contextuel. Ensuite, tous les Producteurs auxquels s'est souscrit le logisticien l'interrogent via une requête SPARQL afin de récupérer son profil contextuel :

```

PREFIX moac : <http://observedchange.com/moac/ns/#>.

SELECT ?geolat ?geolong ?aff ?clus
WHERE {
    moac : Where3W moac : atGeoLocationLatitude ?geolat .
    moac : Where3W moac : atGeoLocationLongitude ?geolong .
    moac : Who3W moac : hasOrganisationID ?aff .
    moac : What3W moac : belongsToCluster ?clus .
}

```

Enfin, dès qu'une information situationnelle est collectée et produite, un événement situationnel est extrait puis comparé au profil du Consommateur afin de savoir s'il lui est pertinent, et donc transmis, ou pas. Par exemple, un événement situationnel extrait et modélisé en RDF :

```

@prefix dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>.
@prefix moac : <http://observedchange.com/moac/ns/#>.
@prefix dmonto : <http://www.owl-ontologies.com/dmonto/#>.

moac : Event a moac : Incident ;

dc: title "The availability of refuelling , cargo and
aircraft handling equipment is not yet known . It is
understood that the Port -au - Prince international airport
will be open for humanitarian air flights only"

moac : affiliation dmonto : LogisticsCluster_Team_Leader ;

moac : category " Reporting Message " ;

moac : date "11 h43 , January 13, 2010" ;

moac : description moac : Cluster7LogisticsAndTansportation;

moac : latitude "18.560639" ;
moac : longitude " -72.346777".

```

Ainsi, les événements situationnels sont extraits, modélisés, et comparés aux profils contextuels des Consommateurs souscripteurs en calculant leurs scores de sous pertinence. En se basant sur ces scores, le Producteur peut déduire la pertinence finale d'un événement.

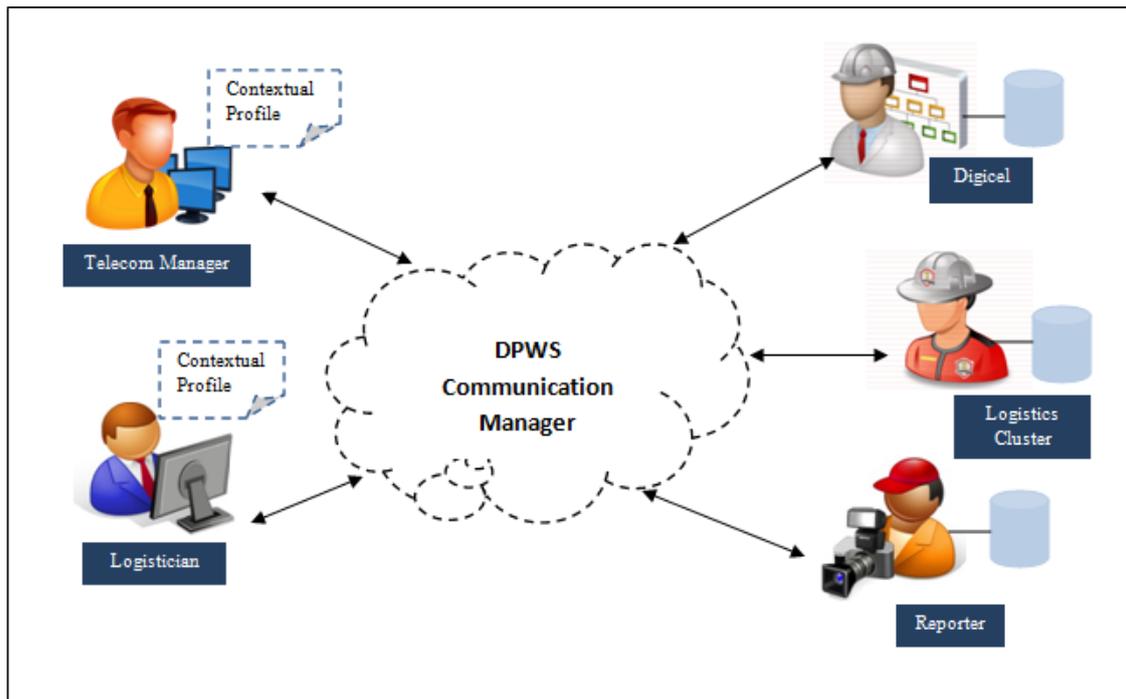


FIG 5.2 – Illustration d’un scénario SA implémenté

Plus tard, l’expert en télécommunication rejoint le réseau en se souscrivant aux Producteurs d’événements disponibles. Son profil contextuel est lui aussi récupéré par ces derniers afin d’être notifié en temps réel des événements qui répondent à ses besoins en information. Ainsi, le framework demeure flexible dans l’intégration de nouveaux périphériques sans interruption aucune du réseau ou des processus de partage.

5.2.2 Evaluation algorithmique

Afin d’évaluer la pertinence des événements situationnels transmis en réponse au profil contextuel des décideurs et des secouristes, nous avons suivi la méthode d’évaluation proposée par Rhodes (2003) qui teste l’efficacité des algorithmes de filtrage et de personnalisation sensibles au contexte proposés et identifie la dimension contextuelle qui améliore la pertinence des événements situationnels.

A cette fin, nous avons mené cinq ensembles d’expérimentation. Dans chaque expérimentation, trois différents Consommateurs d’événements et plusieurs Producteurs d’événements sont générés aléatoirement, produisant et consommant un ensemble de 227 événements situationnels. Dans chaque expérimentation, cinq différents ensembles d’événements situationnels sont jugés pertinents et transmis aux Consommateurs selon un

critère de filtrage prédéfini : *Localisation*, *Cluster*, *Affiliation*, *All-features*, et *Control group*. Par exemple, les événements situationnels de l'ensemble *Cluster* représentent les événements jugés pertinents par rapport à la dimension cluster du profil-événement uniquement ; les deux autres dimensions sont ignorées. Ceci veut dire que seulement le score pertinence-cluster qui est retenu pour déduire la pertinence d'un événement situationnel.

Dans l'ensemble *All-features*, toutes les dimensions contextuelles sont retenues. D'abord, les trois scores de sous pertinence sont calculés. Ensuite, le score final de pertinence est déduit en combinant ces trois scores via des connecteurs logiques : localisation ET affiliation ET cluster. L'ensemble *Control group* suit le même procédé mais consiste en des combinaisons de dimension aléatoires : localisation ET affiliation, affiliation ET cluster, etc.

L'efficacité des résultats obtenus est évaluée en se basant sur le degré d'utilité de l'événement situationnel transmis vis-à-vis des besoins en information de l'acteur d'urgence l'ayant reçu. Ainsi, chaque événement situationnel reçu a été noté selon les besoins de l'acteur comme suit : *totalelement utile*, *probablement utile*, ou *inutile*. Chaque événement situationnel est vérifié et son utilité est déduite en fonction de la moyenne arithmétique de ses scores de sous pertinence calculées : certainement utile si elle est supérieure ou égale à 0.75, probablement utile si elle est comprise entre 0.5 et 0.75, et inutile si elle est inférieure à 0.5.

En plus des deux évaluations citées ci-haut, nous avons ajouté une évaluation des performances temporelles et de scalabilité du framework proposé. En effet, deux ensembles d'expérimentation ont été effectués. Le premier vise à mesurer le temps en millisecondes que prend un Client Consommateur pour découvrir et se souscrire à un nombre croissant de Producteurs, de 5 à 50. Le second vise à calculer le temps d'exécution nécessaire pour un Producteur afin de récupérer un profil contextuel et de délivrer un événement situationnel à ses souscripteurs jugés pertinents. 20 tests ont été effectués.

5.4 Résultats et discussion

Le tableau 5.3 liste les scores enregistrés dans chacun des cinq ensembles avec les seuils suivants : 1 pour la pertinence-cluster, 0.5 pour la pertinence géographique, et 0.33 pour la pertinence-affiliation, ainsi que le pourcentage des événements situationnels transmis évalués soit « totalelement utile » soit « totalelement utile ou probablement utile ». A première vue, on voit que la différence des pourcentages entre l'ensemble Localisation et les quatre autres

ensembles est considérable. De plus, les résultats montrent que l’affiliation est la dimension contextuelle qui enregistre les meilleurs scores et est le filtre qui retourne les événements situationnels les plus pertinents aux acteurs en évitant de les surcharger en évènements situationnels inutiles et non pertinents.

Plusieurs conclusions peuvent être tirées à partir de cette expérimentation. Premièrement, elle montre que la méthode de filtrage proposée, qui repose sur les trois dimensions contextuelles (i.e. l’ensemble All-features) afin de construire un profil contextuel complet, produit et retourne les événements les plus pertinents aux décideurs et aux secouristes. En effet, 76.67 pour cent des événements situationnels jugés pertinents sont évalués comme totalement utiles et 23.33 pour cent d’entre eux comme probablement utiles. Ajoutons à cela, la méthode de filtrage de l’ensemble All-features ne transmet aucun événement situationnel inutile, comparée aux autres méthodes (voir tableau 5.3).

Deuxièmement, il est clair que la localisation où se passe l’événement situationnel produit et sa dimension cluster ne sont pas si pertinents que la dimension affiliation de son Producteur. En effet, dans les cinq expérimentations conduites, le pourcentage de l’ensemble Localisation ne dépasse pas les 8 pour cent d’évènements situationnels évalués totalement utiles, ce qui représente un score très bas. L’une des causes détectée expliquant cette mauvaise performance est que les Producteurs d’événements, qui sont des chefs et des membres d’équipe différents ayant différents rôles d’intervention et sont engagés dans des activités différentes, sont plus

Ensemble	Transmis	Totalement utile	Probablement utile	Inutile	Pourcentage Totalement utile	Pourcentage Totalement utile ou Probablement utile
Cluster	88	23	15	50	26,13%	43,18%
Affiliation	40	21	7	12	52,5%	70%
Location	408	23	11	374	5,63%	8,33%
All Features	30	23	7	0	76,67%	100%
Control	59	23	13	23	38,98%	61,02%

TAB 5.3 – Les scores enregistrés dans chaque expérimentation

susceptibles d’opérer dans la même zone géographique affectée. Par conséquent, transmettre tous les événements situationnels produits par ces différents Producteurs en ne se basant que sur la localisation comme filtre n’est clairement pas la meilleure méthode de filtrage à suivre si on veut limiter la surcharge informationnelle.

Troisièmement, l’affiliation semble être un filtre acceptable, en transmettant 52.5 pour cent d’événements situationnels totalement utiles. Ceci est dû au fait que la majorité des événements pouvant être pertinents à un acteur donné sont ceux qui sont produits par des chefs et des membres d’équipe appartenant à la même équipe/organisation/hierarchie que lui.

La figure 5.3 résume les scores de l’ensemble « totalement utile » enregistrés dans chacune des cinq expérimentations menées dans le but d’évaluer les mécanismes de filtrage implémentés par le framework proposé et démontre que l’approche All-features qui combine les trois filtres surpasse les autres approches. L’approche basée sur l’affiliation comme unique filtre enregistre le deuxième meilleur score. La différence entre ces deux dernières approches est que la première est plus efficace car elle ne surcharge pas l’acteur Consommateur avec des événements situationnels inutiles à son contexte.

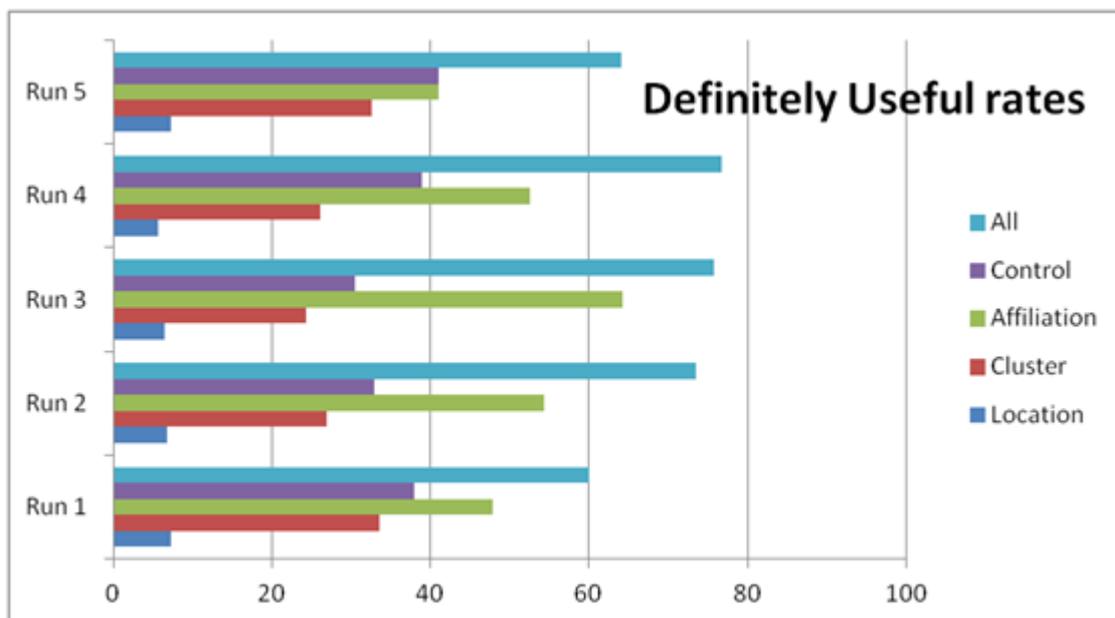


FIG 5.3 – Les pourcentages des événements évalués « Totalement utile »

Enfin, les figures 5.4 et 5.5 décrivent les résultats de l’évaluation temporelle et de scalabilité effectuée. Elles démontrent une certaine stabilité du framework, avec un temps maintenu à 1.4s pour un scénario SA tel illustré dans la figure 5.2.

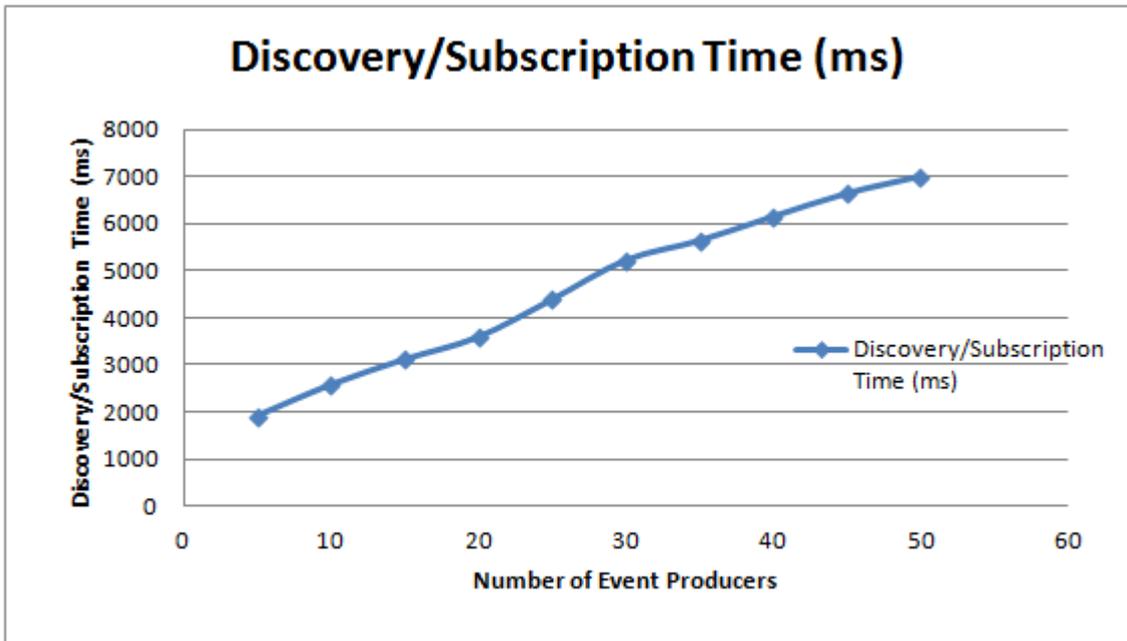


FIG 5.4 – Les performances temporelles des Producteurs lors des processus de découverte et de souscription

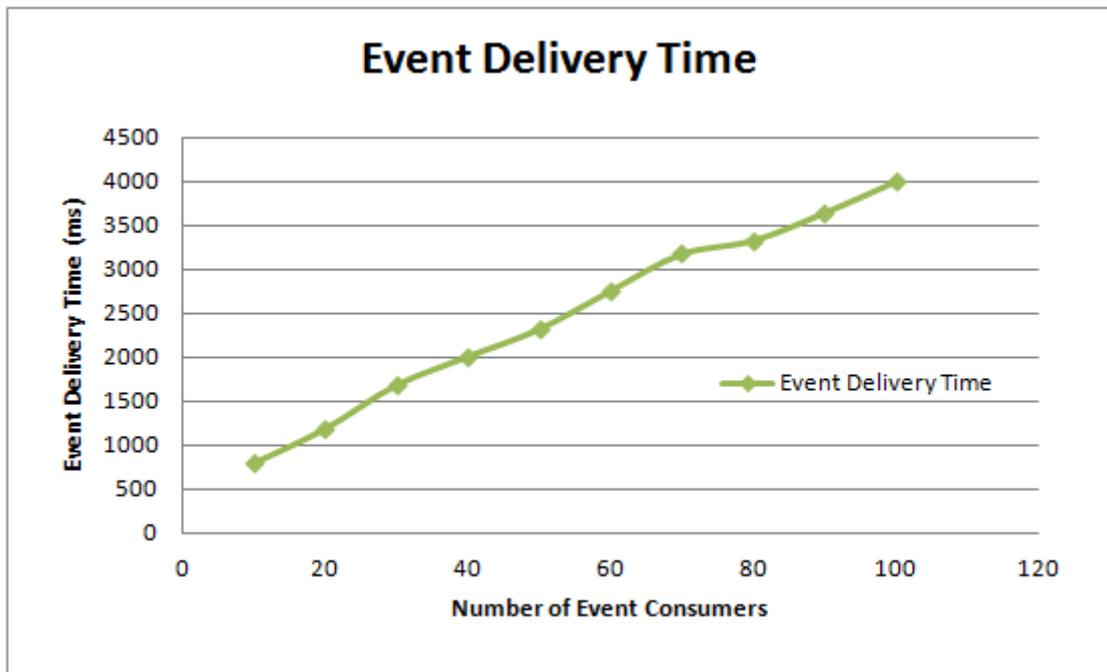


FIG 5.5 – Les performances temporelles lors des interactions entre Producteurs et Consommateurs d'événements

5.5 Conclusion

Nous avons présenté au cours de ce chapitre les différents langages et outils de développement que nous avons utilisé afin d'implémenter le framework proposé. Dans le but de tester son fonctionnement et sa faisabilité, une évaluation architecturale a été menée en simulant de vrais scénarios de situation-awareness. Ensuite, plusieurs expérimentations de ces scénarios ont été effectuées pour évaluer les performances des différents mécanismes et algorithmes de filtrage d'événements situationnels sensible au contexte des acteurs d'urgence. Les résultats obtenus montrent en général l'efficacité de ces derniers, en particulier le filtrage combinant les trois dimensions contextuelles du profil construit. Enfin, l'évaluation temporelle a confirmé la stabilité du framework lors des échanges entre les différentes entités participantes, ainsi que sa flexibilité dans l'intégration de nouvelles entités.

Chapitre 6

Conclusion & Perspectives

Chaque année, un nombre important de catastrophes naturelles et technologiques frappent le monde, tuant des centaines de personnes et causant des pertes économiques colossales à la région touchée. La reconstruction rapide de la société et la minimisation des impacts causés par ces perturbations sont les tâches premières entreprises par n'importe quel décideur et secouriste impliqués dans le processus de gestion de crise et de réponse. Les technologies de l'information et de la communication et leur développement ont su faire émerger de nouvelles opportunités permettant à de nouveaux paradigmes de gestion de crises de voir le jour. Dans cette thèse, nous avons abordé l'un des processus majeur de réponse ayant été le plus bouleversé par ces nouveaux paradigmes technologiques et qui est la situation-awareness.

La situation-awareness consiste en la compréhension et l'analyse de la situation d'urgence en cours et de ses impacts sur la population et l'environnement. Cette prise de conscience situationnelle permet aux décideurs, aux secouristes, ou à tout autre entité responsable impliquée dans les efforts d'intervention d'être apte à lancer les bons plans de réponse et de secours. Pour satisfaire la SA, une collecte, une communication, et un partage d'informations situationnelles et de décisions décrivant ce qui se passe et ce qui se fait sur le terrain et en back-end doivent être effectués. Différentes approches et solutions technologiques soutenant cette nécessité ont été proposées et développées dans la littérature. Nous avons présenté et décrits les plus pertinents et connexes à notre travail dans les chapitres 2 et 4.

Dans la première partie du chapitre 4, en étudiant la littérature et en analysant des scénarios de situation d'urgence réels, des défis et des contraintes rencontrés lors du développement d'une solution informatique pour la situation-awareness ont été relevés et discutés. En s'appuyant

sur ces derniers, un ensemble d'aspirations a été défini et utilisé dans la conception et la réalisation de notre solution. Notre contribution consiste en un framework orienté web service pour périphériques décomposant les défis et les exigences de la SA en gestion de crise en six couches principales: la couche d'extraction, la couche de modélisation, la couche de filtrage, la couche d'interrogation et de transmission, la couche de gestion de contexte et la couche sémantique. Chaque couche apporte une solution aux contraintes et répond à une aspiration donnée.

Dû à la nature dynamique des acteurs d'urgence, désormais équipés de périphériques mobiles et hétérogènes, notre contribution vise à interconnecter ces entités via une infrastructure pervasive. Basée sur l'architecture orientée web service pour périphérique (WSOAD), cette infrastructure permet l'abstraction de la dynamique et de l'hétérogénéité matérielle et logicielle en implémentant les fonctionnalités pervasives comme des services web. Elle assure de manière efficace, simple, distribuée, et interopérable la communication et le partage des informations situationnelles collectées. La spécification DPWS, décrite dans la deuxième partie du quatrième chapitre, a été utilisée. Ainsi, nous distinguons deux types d'acteurs dans notre architecture proposée: ceux qui collectent et partagent les informations situationnelles, appelées Producteur d'événements, et ceux qui reçoivent ces informations diffusées, appelées Consommateur d'événements. Grâce à la couche de modélisation du framework, les informations situationnelles échangées sont représentées en triplets RDF sérialisés en XML et stockées dans des triplestores afin d'offrir une deuxième abstraction des fonctionnalités pervasives sous forme de bases de données distribuées permettant ainsi de gérer le système d'informations pervasif à travers les principes de bases de données.

D'après notre analyse de la littérature et des solutions technologiques développées, nous avons relevé deux principales entités qui composent n'importe quel système de situation-awareness dans la gestion de crise : la source de données et l'information situationnelle. Dans ce framework proposé nous avons revu et réimplémentés leurs mécanismes et leurs propriétés en rendant la première intelligente et la deuxième actionnable. Ainsi, les sources de données sauront adapter la transmission des informations qu'elles proposent aux besoins des acteurs participants et ces informations sont modélisées et présentées sous un format approprié et en temps voulu.

Afin de construire une prise de décisions sur des bases solides, les acteurs d'urgence impliqués sont en permanence à la recherche d'informations situationnelles à jour et

pertinentes. Une fois collectée, ces informations doivent être lues, analysées, traitées et synthétisées. De telles tâches représentent un travail long, coûteux et chronophage qui s'avère rapidement titanesque tant la quantité des informations disponibles se révèle colossale. Les couches d'extraction et de filtrage du framework proposé visent à répondre à cette problématique. D'abord, les mécanismes de tokenization, d'étiquetage morphosyntaxique, et de reconnaissance d'entités nommées sont exploités afin de traiter les informations situationnelles produites et d'en extraire des événements situationnels structurés en 5 dimensions : le type de l'événement (What), le thème/cluster (What-about), i.e. de quoi il parle, la localisation (Where), l'acteur producteur (Who), et l'horaire (When). Ces dimensions sont modélisées via des concepts des ontologies MAOC et Décideurs/Secouristes accessibles via la couche sémantique. Ensuite, ce flux d'événements situationnels est transféré à la couche de filtrage afin d'en déterminer leur degré de pertinence vis-à-vis des acteurs sous-cris.

Pour déduire la pertinence d'un événement situationnel, nous avons retenu trois filtres. Ces filtres sont formulés via un profil contextuel relatif à chaque acteur participant. Ce profil est construit à partir d'informations contextuelles capturées par le module Acquisiteur de contexte de la couche gestion de contexte du framework. Ces informations contextuelles informent les producteurs d'événements sur la localisation, l'activité professionnelle, et l'affiliation de l'acteur et adaptent leur service à leur contexte. Les échanges entre les producteurs et les consommateurs d'événements sont gérés par le WS-Eventing permettant la communication par notification et en temps réel.

Une implémentation complète du framework, de ses couches et de leurs composants, a été faite et décrite dans le chapitre 5 afin de montrer les aspects importants de notre contribution et solution. Cette implémentation s'est particulièrement focalisée sur la réalisation de l'approche pervasive du partage des informations dans la situation-awareness en gestion de crise. Nous avons validé notre approche en se basant sur deux types d'évaluation : architecturale et algorithmique. En effet, dans l'objectif d'illustrer la faisabilité et le fonctionnement du framework, des scénarios de situation-awareness ont été implémentés. Ensuite, un ensemble de tests a été conduit afin de vérifier l'efficacité et la précision des mécanismes de filtrage sensibles au contexte en utilisant des mesures d'évaluation standards. Les résultats des expérimentations montrent que la combinaison des trois dimensions contextuelles de pertinence améliore la conscience qu'a un acteur d'urgence sur la situation en l'alimentant en temps réel par les bonnes informations.

Perspectives

Durant notre recherche, nous avons relevé trois aspects principaux qui influencent le développement d'intergiciels et de frameworks destinés à faciliter l'implémentation d'applications et de systèmes d'information pour les situations de crise. Deux d'entre eux ont été traités dans cette thèse, à savoir, réseau et communication, et partage d'information. Néanmoins, parmi ces trois aspects, certains problèmes demeurent non résolus et d'autres peuvent être améliorés.

Nos premières perspectives portent essentiellement sur l'étude de la possibilité d'enrichir le profil contextuel des acteurs d'urgence par d'autres dimensions, ainsi qu'à évaluer leur efficacité dans l'amélioration du processus de filtrage et de personnalisation de la transmission des événements situationnels extraits. Par exemple, si le décideur ou le secouriste est déjà engagé dans une tâche de réponse donnée, il serait intéressant d'adapter la transmission spécifiquement à cette tâche. Cette dimension est d'ailleurs prise en compte dans le modèle contextuel W4H. Cependant, une ontologie appropriée à la représentation des tâches et activités d'intervention doit être développée. Aussi, nous visons à rajouter à la couche de filtrage un mécanisme de calcul de pertinence incluant le feedback utilisateur afin de maintenir la transmission d'événements situationnels similaires à certains. Enfin, nous espérons étendre le framework par une septième couche, appelée couche d'augmentation. Nous identifions deux types d'augmentation. La première consiste à regrouper les événements situationnels similaires en une 'situation' complète, et la seconde consiste à augmenter les événements extraits par des informations extérieures en se basant sur le Linked Open Data et la modélisation basée-ontologies.

Notre seconde perspective consiste à la mise en place de mécanismes de sécurité, correspondant au troisième aspect non traité dans cette thèse. Jusque-là, les seuls mécanismes de sécurité qu'implémente le framework proposé sont ceux du WS-Security de la spécification DPWS. Par conséquent, nous souhaitons rajouter des mécanismes permettant l'authentification des acteurs d'urgence et de leurs périphériques et la vérification de l'intégrité et de la provenance des informations afin d'éviter que des intrus n'injectent de fausses informations qui pourraient perturber l'échange informationnel, compromettre l'ensemble des opérations, ou donner accès à des informations confidentielles.

Lors de l'évaluation de notre framework et de nos algorithmes de filtrage et de personnalisation, nous avons montré leur efficacité par rapport à une implémentation et à des

mesures standards. Nous pensons à étendre l'évaluation pour les comparer à d'autres approches et solutions existantes dans le domaine. Aussi, il serait intéressant de tester le framework dans un vrai scénario de crise.

Références Bibliographiques

Abel, F., Hauff, C., Houben, G.-J., Stronkman, R., & Tao, K. (2012). Semantics+ filtering+ search= twitcident. exploring information in social web streams. Paper presented at the Proceedings of the 23rd ACM conference on Hypertext and social media.

Abowd, D., Dey, A. K., Orr, R., & Brotherton, J. (1998). Context-awareness in wearable and ubiquitous computing. *Virtual Reality*, 3(3), 200-211.

Abowd, G. D., Dey, A. K., Brown, P. J., Davies, N., Smith, M., & Steggles, P. (1999). Towards a better understanding of context and context-awareness. Paper presented at the Handheld and ubiquitous computing.

Addlesee, M., Curwen, R., Hodges, S., Newman, J., Steggles, P., Ward, A., & Hopper, A. (2001). Implementing a sentient computing system. *Computer*, 34(8), 50-56.

Al Kukhun, D. (2012). Steps towards adaptive situation and context-aware access: a contribution to the extension of access control mechanisms within pervasive information systems. Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier.

Al Kukhun, D., & Sèdes, F. (2006). A Taxonomy for Evaluating Pervasive Computing Environments. Paper presented at the Multimodal and Pervasive Services Workshop, IEEE Conference on Pervasive Services.

Arnold, K., Scheifler, R., Waldo, J., O'Sullivan, B., & Wollrath, A. (1999). *Jini Specification*: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.

Ashish, N., Eguchi, R., Hegde, R., Huyck, C., Kalashnikov, D., Mehrotra, S., . . . Venkatasubramanian, N. (2008). Situational awareness technologies for disaster response *Terrorism Informatics* (pp. 517-544): Springer.

Auer, S., Bizer, C., Kobilarov, G., Lehmann, J., Cyganiak, R., & Ives, Z. (2007). *Dbpedia: A nucleus for a web of open data*: Springer.

Ayed, D., Taconet, C., Bernard, G., & Berbers, Y. (2008). CADeComp: Context-aware deployment of component-based applications. *Journal of Network and Computer Applications*, 31(3), 224-257.

Baldauf, M., Dustdar, S., & Rosenberg, F. (2007). A survey on context-aware systems. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 2(4), 263-277.

Ben Mokhtar, S. (2007). *Intergiciel sémantique pour les services de l'informatique diffuse*. Paris 6.

Bizer, C., Lehmann, J., Kobilarov, G., Auer, S., Becker, C., Cyganiak, R., & Hellmann, S. (2009). DBpedia-A crystallization point for the Web of Data. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 7(3), 154-165.

- Bolchini, C., Curino, C. A., Quintarelli, E., Schreiber, F. A., & Tanca, L. (2007). A data-oriented survey of context models. *ACM Sigmod Record*, 36(4), 19-26.
- Bouidghaghen, O., Tamine-Lechani, L., & Boughanem, M. (2009). Dynamically personalizing search results for mobile users *Flexible Query Answering Systems* (pp. 99-110): Springer.
- Bromberg, Y.-D. (2006). *Résolution de l'hétérogénéité des intergiciels d'un environnement ubiquitaire*. Université de Versailles-Saint Quentin en Yvelines.
- Brown, P., Burleson, W., Lamming, M., Rahlff, O.-W., Romano, G., Scholtz, J., & Snowdon, D. (2000). Context-awareness: some compelling applications. Paper presented at the Proceedings the CH12000 Workshop on The What, Who, Where, When, Why and How of Context-Awareness.
- Brown, P. J., Bovey, J. D., & Chen, X. (1997). Context-aware applications: from the laboratory to the marketplace. *Personal Communications, IEEE*, 4(5), 58-64.
- Brown, P. J., & Jones, G. J. (2001). Context-aware retrieval: Exploring a new environment for information retrieval and information filtering. *Personal and Ubiquitous Computing*, 5(4), 253-263.
- Bussiere, N., Cheung-Foo-Wo, D., Hourdin, V., Lavirotte, S., Riveill, M., & Tigli, J.-Y. (2007). Optimized contextual discovery of web services for devices. Paper presented at the Digital Information Management, 2007. ICDIM'07. 2nd International Conference on.
- Byun, H. E., & Cheverst, K. (2010). Utilizing context history to provide dynamic adaptations.
- Capra, L., Emmerich, W., & Mascolo, C. (2003). Carisma: Context-aware reflective middleware system for mobile applications. *Software Engineering, IEEE Transactions on*, 29(10), 929-945.
- Chalmers, M. (2004). A historical view of context. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 13(3-4), 223-247.
- Chan, A. T., & Chuang, S.-N. (2003). MobiPADS: a reflective middleware for context-aware mobile computing. *Software Engineering, IEEE Transactions on*, 29(12), 1072-1085.
- Chan, S., Kaler, C., Kuehnel, T., Regnier, A., Roe, B., Sather, D., . . . Weast, J. (2006). Devices profile for web services. Microsoft Developers Network Library, Feb.
- Chen, E., Zhang, D., Shi, Y., & Xu, G. (2005). Seamless mobile service for pervasive multimedia *Advances in Multimedia Information Processing-PCM 2004* (pp. 754-761): Springer.
- Chen, G., & Kotz, D. (2000). A survey of context-aware mobile computing research: Technical Report TR2000-381, Dept. of Computer Science, Dartmouth College.
- Chen, H., Finin, T., & Joshi, A. (2003). An intelligent broker architecture for context-aware systems. PhD proposal in Computer Science, University of Maryland, Baltimore, USA.
- Chen, H., Finin, T., & Joshi, A. (2003). An ontology for context-aware pervasive computing environments. *The Knowledge Engineering Review*, 18(03), 197-207.

- Chen, H., Perich, F., Finin, T., & Joshi, A. (2004). Soupa: Standard ontology for ubiquitous and pervasive applications. Paper presented at the Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, 2004. MOBIQUITOUS 2004. The First Annual International Conference on.
- Chen, N., & Dahanayake, A. (2007). Role-based situation-aware information seeking and retrieval for crisis response. *Journal of Intelligent Control Systems*, 12(2), 186-197.
- Coulouris, G. F., Dollimore, J., & Kindberg, T. (2005). *Distributed systems: concepts and design*: pearson education.
- Coutaz, J., Crowley, J. L., Dobson, S., & Garlan, D. (2005). Context is key. *Communications of the ACM*, 48(3), 49-53.
- Coutinho, M., Neches, R., Bugacov, A., Yao, K.-T., Kumar, V., Ko, I.-Y., . . . Abhinkar, S. (1999). GeoWorlds: a geographically based information system for situation understanding and management. *TeleGeo*, 99, 6-7.
- Cronan, K. (1998). Foundations of emergency management. *Australian Journal of Emergency Management*, The, 13(1), 20.
- de Faria Cordeiro, K., Marino, T., Campos, M. L. M., & Borges, M. (2011). Use of linked data in the design of information infrastructure for collaborative emergency management system. Paper presented at the Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2011 15th International Conference on.
- de Freitas Bulcao Neto, R., & da Graca Campos Pimentel, M. (2005). Toward a domain-independent semantic model for context-aware computing. Paper presented at the Web Congress, 2005. LA-WEB 2005. Third Latin American.
- Deshpande, N., & Borriello, G. (2002). Location-aware computing: Creating innovative and profitable applications and services. Emerging Platforms Lab, Intel Research and Development.
- Dey, A. K. (1998). Context-aware computing: The CyberDesk project. Paper presented at the Proceedings of the AAAI 1998 Spring Symposium on Intelligent Environments.
- Dey, A. K., & Abowd, G. (2000). Towards a better understanding of context and context-awareness. Paper presented at the CHI 2000 Workshop on The What, Who, Where, When, and How of Context-Awareness.
- Diniz, V. B., Borges, M., Gomes, J. O., & Canós, J. H. (2005). Knowledge management support for collaborative emergency response. Paper presented at the Computer Supported Cooperative Work in Design, 2005. Proceedings of the Ninth International Conference on.
- Dourish, P. (2004). *Where the action is: the foundations of embodied interaction*: MIT press.
- Drabek, T. E. (1986). *Human system responses to disaster: An inventory of sociological findings*: Springer-Verlag.
- Dynes, R. R. (1994). *Community emergency planning: False assumptions and inappropriate analogies*.
- Ehrmann, M. (2008). *Les entités nommées, de la linguistique au TAL: statut théorique et méthodes de désambiguïsation*. Paris 7.

- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1), 32-64.
- Euzenat, J., Pierson, J., & Ramparany, F. (2008). Dynamic context management for pervasive applications. *The Knowledge Engineering Review*, 23(01), 21-49.
- Even, F. (2005). Extraction d'Information et modélisation de connaissances à partir de Notes de Communication Orale. Université de Nantes.
- Ferry, N., Hourdin, V., Lavirotte, S., Rey, G., & Tigli, J. Y. (2013). Wcomp, middleware for ubiquitous computing and system focused adaptation. *Computer Science and Ambient Intelligence*, 89-120.
- Franklin, M., Halevy, A., & Maier, D. (2005). From databases to dataspace: a new abstraction for information management. *ACM Sigmod Record*, 34(4), 27-33.
- Fritz, C. E., & Marks, E. S. (1954). The NORC studies of human behavior in disaster. *Journal of Social Issues*, 10(3), 26-41.
- GmbH, M. (2011). Java Multi Edition DPWS Stack - Documentation.
- Goentzel, J., Van de Walle, B., & Gralla, E. (2012). Humanitarian decision makers taxonomy, from <http://digitalhumanitarians.com/content/decision-makers-needs>
- Gourbesville, P., Batica, J., Tigli, J. Y., Lavirotte, S., Rey, G., & Raju, D. K. (2012). Flood warning systems and ubiquitous computing. *La Houille Blanche*(6), 11-16.
- Gripay, Y., Laforest, F., & Petit, J.-M. (2009). Managing Pervasive Environments through Database Principles: A Survey Advances in Data Management (pp. 277-298): Springer.
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199-220.
- Gu, T., Pung, H. K., & Zhang, D. Q. (2004). A middleware for building context-aware mobile services. Paper presented at the Vehicular Technology Conference, 2004. VTC 2004-Spring. 2004 IEEE 59th.
- Gu, T., Pung, H. K., & Zhang, D. Q. (2005). A service - oriented middleware for building context - aware services. *Journal of Network and Computer Applications*, 28(1), 1-18.
- Gu, T., Wang, X. H., Pung, H. K., & Zhang, D. Q. (2004). An ontology-based context model in intelligent environments. Paper presented at the Proceedings of communication networks and distributed systems modeling and simulation conference.
- Hajji, H. (2005). Gestion des risques naturels: Une approche fondée sur l'intégration des données. PhD, Université Claude Bernard (Lyon1), France. Retrieved from <http://liris.cnrs.fr/publis/?id=4353>
- Hamida, A. B. (2010). AxSeL: un intergiciel pour le déploiement contextuel et autonome de services dans les environnements pervasifs. INSA de Lyon.
- Harrald, J., & Jefferson, T. (2007). Shared situational awareness in emergency management mitigation and response. Paper presented at the System Sciences, 2007. HICSS 2007. 40th Annual Hawaii International Conference on.

- Henricksen, K., Indulska, J., & Rakotonirainy, A. (2002). Modeling context information in pervasive computing systems *Pervasive Computing* (pp. 167-180): Springer.
- Hong, J.-y., Suh, E.-h., & Kim, S.-J. (2009). Context-aware systems: A literature review and classification. *Expert systems with applications*, 36(4), 8509-8522.
- Hourdin, V. (2010). *Contexte et sécurité dans les intergiciels d'informatique ambiante*. Nice.
- Hristidis, V., Chen, S.-C., Li, T., Luis, S., & Deng, Y. (2010). Survey of data management and analysis in disaster situations. *Journal of Systems and Software*, 83(10), 1701-1714.
- Hull, R., Neaves, P., & Bedford-Roberts, J. (1997). Towards situated computing. Paper presented at the *Wearable Computers, 1997. Digest of Papers., First International Symposium on*.
- Iannella, R., & Henricksen, K. (2007). Managing information in the disaster coordination centre: Lessons and opportunities. Paper presented at the *Proceedings of the 4th International ISCRAM Conference* (B. Van de Walle, P. Burghardt and C. Nieuwenhuis, eds.).
- Indulska, J., & Sutton, P. (2003). Location management in pervasive systems. Paper presented at the *Proceedings of the Australasian information security workshop conference on ACSW frontiers 2003-Volume 21*.
- Jammes, F., Mensch, A., & Smit, H. (2005). Service-oriented device communications using the devices profile for web services. Paper presented at the *Proceedings of the 3rd international workshop on Middleware for pervasive and ad-hoc computing*.
- JMEDS. (2007, April 04, 2014). WS4D Java Multi DPWS Stack (Java) by TU Dortmund University and MATERNA Information & Communications, from <http://ws4d.e-technik.uni-rostock.de/jmeds/>
- Khriyenko, O., & Terziyan, V. (2005). Context description framework for the semantic web. Paper presented at the *Proceedings Context 2005 Context representation and reasoning workshop, Paris (FR)*.
- Klyne, G., & Carroll, J. J. (2006). *Resource description framework (RDF): Concepts and abstract syntax*.
- Landgren, J. (2005). Shared use of information technology in emergency response work: Results from a field experiment. Paper presented at the *Proc. of 2nd ISCRAM Conf*.
- Landgren, J. (2007). *Designing information technology for emergency response: Department of Applied Information Technology, IT University of Göteborg, Göteborg University*.
- Landgren, J., & Nulden, U. (2007). A study of emergency response work: patterns of mobile phone interaction. Paper presented at the *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*.
- Li, J., Li, Q., Liu, C., Khan, S. U., & Ghani, N. (2014). Community-based collaborative information system for emergency management. *Computers & Operations Research*, 42, 116-124.
- Limbu, M. (2012). Management of a Crisis MOAC vocabulary specification, from <http://observedchange.com/moac/ns/>

- Liu, S., Shaw, D., & Brewster, C. (2013). Ontologies for crisis management: a review of state of the art in ontology design and usability. Paper presented at the Proceedings of the Information Systems for Crisis Response and Management conference (ISCRAM 2013 12-15 May, 2013).
- Luqman, F. B., & Griss, M. L. (2010). Overseer: a mobile context-aware collaboration and task management system for disaster response. Paper presented at the The Eighth International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing, UC San Diego, La Jolla CA, United States.
- Maass, H. (1998). Location-aware mobile applications based on directory services. *Mobile Networks and Applications*, 3(2), 157-173.
- MacKenzie, C. M., Laskey, K., McCabe, F., Brown, P. F., Metz, R., & Hamilton, B. A. (2006). Reference model for service oriented architecture 1.0. OASIS Standard, 12.
- Magoulas, G. D., & Dimakopoulos, D. N. (2005). Designing personalised information access to structured information spaces. Paper presented at the Proceedings of the Workshop on New Technologies for Personalized Information Access, 10th International conference on User Modeling.
- Manning, C. D., & Schütze, H. (1999). *Foundations of statistical natural language processing*: MIT press.
- Manning, C. D., & Schütze, H. (1999). *Foundations of statistical natural language processing*: MIT press.
- McGuinness, B., & Foy, L. (2000). A subjective measure of SA: the Crew Awareness Rating Scale (CARS). Paper presented at the Proceedings of the first human performance, situation awareness, and automation conference, Savannah, Georgia.
- McGuinness, D. L., & Van Harmelen, F. (2004). OWL web ontology language overview. W3C recommendation, 10(10), 2004.
- McManus, S., Seville, E., Brunson, D., & Vargo, J. (2007). Resilience management: a framework for assessing and improving the resilience of organisations: Resilient organisations research report.
- Mecella, M., Angelaccio, M., Krek, A., Catarci, T., Buttarazzi, B., & Dustdar, S. (2006). Workpad: an adaptive peer-to-peer software infrastructure for supporting collaborative work of human operators in emergency/disaster scenarios. Paper presented at the Collaborative Technologies and Systems, 2006. CTS 2006. International Symposium on.
- Mehrotra, S., Butts, C., Kalashnikov, D., Venkatasubramanian, N., Rao, R. R., Chockalingam, G., . . . Huyck, C. (2003). Project RESCUE: challenges in responding to the unexpected. Paper presented at the Electronic Imaging 2004.
- Mendonça, D., Jefferson, T., & Harrald, J. (2007). Collaborative adhocracies and mix-and-match technologies in emergency management. *Communications of the ACM*, 50(3), 44-49.
- Mokhtar, S. B., Preuveneers, D., Georgantas, N., Issarny, V., & Berbers, Y. (2008). EASY: Efficient semAntic Service discoverY in pervasive computing environments with QoS and context support. *Journal of Systems and Software*, 81(5), 785-808.

- Monares, Á., Ochoa, S. F., Pino, J. A., Herskovic, V., Rodriguez-Covili, J., & Neyem, A. (2011). Mobile computing in urban emergency situations: Improving the support to firefighters in the field. *Expert systems with applications*, 38(2), 1255-1267.
- Mountain, D., & Macfarlane, A. (2007). Geographic information retrieval in a mobile environment: evaluating the needs of mobile individuals. *Journal of Information Science*, 33(5), 515-530.
- Neal, D. M., & Phillips, B. D. (1995). Effective emergency management: reconsidering the bureaucratic approach. *Disasters*, 19(4), 327-337.
- Niles, I., & Pease, A. (2001). Towards a standard upper ontology. Paper presented at the Proceedings of the international conference on Formal Ontology in Information Systems-Volume 2001.
- Nóbrega, R., Sabino, A., Rodrigues, A., & Correia, N. (2008). Flood emergency interaction and visualization system Visual Information Systems. *Web-Based Visual Information Search and Management* (pp. 68-79): Springer.
- Okolloh, O. (2009). Ushahidi, or'testimony': Web 2.0 tools for crowdsourcing crisis information. *Participatory learning and action*, 59(1), 65-70.
- Palmer, M., Gildea, D., & Xue, N. (2010). Semantic role labeling. *Synthesis Lectures on Human Language Technologies*, 3(1), 1-103.
- Piskorski, J., & Yangarber, R. (2013). Information extraction: Past, present and future Multi-source, multilingual information extraction and summarization (pp. 23-49): Springer.
- Plug, U. U. (1999). Play forum. Paper presented at the About the UPnP Plug and Play Forum," in <http://www.upnp.org>.
- Pužar, M. (2010). Towards Secure and Reliable Information Sharing in Emergency and Rescue Operations.
- Quarantelli, E. L., & Dynes, R. R. (1977). Response to social crisis and disaster. *Annual review of sociology*, 3(1), 23-49.
- Rada, R., Mili, H., Bicknell, E., & Blettner, M. (1989). Development and application of a metric on semantic nets. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, 19(1), 17-30.
- Ranganathan, A., Al-Muhtadi, J., Biehl, J., Ziebart, B., Campbell, R. H., & Bailey, B. (2005). Towards a pervasive computing benchmark. Paper presented at the Pervasive Computing and Communications Workshops, 2005. PerCom 2005 Workshops. Third IEEE International Conference on.
- Ranganathan, A., Al-Muhtadi, J., Chetan, S., Campbell, R., & Mickunas, M. D. (2004). Middlewhere: a middleware for location awareness in ubiquitous computing applications. Paper presented at the Proceedings of the 5th ACM/IFIP/USENIX international conference on Middleware.
- Raychoudhury, V., Cao, J., Kumar, M., & Zhang, D. (2013). Middleware for pervasive computing: A survey. *Pervasive and Mobile Computing*, 9(2), 177-200.

- Ressad-Bouidghaghen, O. (2011). Accès contextuel à l'information dans un environnement mobile: approche basée sur l'utilisation d'un profil situationnel de l'utilisateur et d'un profil de localisation des requêtes. Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier.
- Rhodes, B. (2003). Using physical context for just-in-time information retrieval. *Computers, IEEE Transactions on*, 52(8), 1011-1014.
- Ryan, N. S., Pascoe, J., & Morse, D. R. (1998). Enhanced reality fieldwork: the context-aware archaeological assistant. Paper presented at the Computer applications in archaeology.
- Salber, D., Dey, A. K., & Abowd, G. D. (1999). The context toolkit: aiding the development of context-enabled applications. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems.
- Salerno, J., Hinman, M., & Boulware, D. (2004). Building a framework for situation awareness: DTIC Document.
- Sanderson, N. C., Skjelsvik, K. S., Drugan, O. V., Göbel, V., Munthe-Kaas, E., & Plagemann, T. (2007). Developing mobile middleware: An analysis of rescue and emergency operations. Research report <http://urn.nb.no/URN:NBN:no-35645>.
- Sapateiro, C., & Antunes, P. (2009). An emergency response model toward situational awareness improvement. Paper presented at the International conference on information systems for crisis response and management, Göteborg, Sweden.
- Sarter, N. B., & Woods, D. D. (1991). Situation awareness: A critical but ill-defined phenomenon. *The International Journal of Aviation Psychology*, 1(1), 45-57.
- Satyanarayanan, M. (2001). Pervasive computing: Vision and challenges. *Personal Communications, IEEE*, 8(4), 10-17.
- Schilit, B., Adams, N., & Want, R. (1994). Context-aware computing applications. Paper presented at the Mobile Computing Systems and Applications, 1994. WMCSA 1994. First Workshop on.
- Schilit, B. N., & Theimer, M. M. (1994). Disseminating active map information to mobile hosts. *Network, IEEE*, 8(5), 22-32.
- Schuler, K. K. (2005). VerbNet: A broad-coverage, comprehensive verb lexicon.
- Seaborne, A., Dollin, C., Warren, C., Steer, D., Reynolds, D., Dickinson, I., . . . Allen, S. (2010). Apache Jena - The core RDF API, from <https://jena.apache.org/documentation/rdf/>
- Sonnenwald, D. H., & Pierce, L. G. (2000). Information behavior in dynamic group work contexts: interwoven situational awareness, dense social networks and contested collaboration in command and control. *Information Processing & Management*, 36(3), 461-479.
- Steets, J., Grünwald, F., Binder, A., De Geoffroy, V., Kauffmann, D., Krüger, S., . . . Sokpoh, B. (2010). Cluster approach evaluation 2 synthesis report.
- Strang, T., & Linnhoff-Popien, C. (2004). A context modeling survey. Paper presented at the Workshop Proceedings.

- Tamine-Lechani, L., Boughanem, M., & Daoud, M. (2010). Evaluation of contextual information retrieval effectiveness: overview of issues and research. *Knowledge and Information Systems*, 24(1), 1-34.
- Tao, Y., Mamoulis, N., & Papadias, D. (2003). Validity information retrieval for spatio-temporal queries: Theoretical performance bounds *Advances in Spatial and Temporal Databases* (pp. 159-178): Springer.
- Tigli, J.-Y., Laviolette, S., Rey, G., Hourdin, V., Cheung-Foo-Wo, D., Callegari, E., & Riveill, M. (2009). WComp middleware for ubiquitous computing: Aspects and composite event-based Web services. *annals of telecommunications-Annales des télécommunications*, 64(3-4), 197-214.
- Truong, H.-L., Juszczak, L., Manzoor, A., & Dustdar, S. (2007). ESCAPE—an adaptive framework for managing and providing context information in emergency situations: Springer.
- Truong, H.-L., Manzoor, A., & Dustdar, S. (2009). On modeling, collecting and utilizing context information for disaster responses in pervasive environments. Paper presented at the Proceedings of the first international workshop on Context-aware software technology and applications.
- Vatant, B., & Wick, M. (2012). Geonames ontology, from <http://www.geonames.org/ontology/documentation.html>
- Vieweg, S., Hughes, A. L., Starbird, K., & Palen, L. (2010). Microblogging during two natural hazards events: what twitter may contribute to situational awareness. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems.
- Vieweg, S. E. (2012). Situational awareness in mass emergency: A behavioral and linguistic analysis of microblogged communications.
- Vinoski, S. (2004). An overview of middleware *Reliable Software Technologies-Ada-Europe 2004* (pp. 35-51): Springer.
- Wache, H., Voegelé, T., Visser, U., Stuckenschmidt, H., Schuster, G., Neumann, H., & Hübner, S. (2001). Ontology-based integration of information—a survey of existing approaches. Paper presented at the IJCAI-01 workshop: ontologies and information sharing.
- Want, R., Hopper, A., Falcao, V., & Gibbons, J. (1992). The active badge location system. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 10(1), 91-102.
- Ward, A., Jones, A., & Hopper, A. (1997). A new location technique for the active office. *Personal Communications, IEEE*, 4(5), 42-47.
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3), 94-104.
- Wybo, J.-L., & Latiers, M. (2006). Exploring complex emergency situations' dynamic: theoretical, epistemological and methodological proposals. *International Journal of Emergency Management*, 3(1), 40-51.
- Yangarber, R., Grishman, R., Tapanainen, P., & Huttunen, S. (2000). Automatic acquisition of domain knowledge for information extraction. Paper presented at the Proceedings of the 18th conference on Computational linguistics-Volume 2.

Yin, C. (2010). Samcco: un Système d'Apprentissage Mobile Contextuel et Collaboratif dans des Situations Professionnelles. Ecole Centrale de Lyon.

Zeeb, E., Bobek, A., Bohn, H., & Golatowski, F. (2007). Service-oriented architectures for embedded systems using devices profile for web services. Paper presented at the Advanced Information Networking and Applications Workshops, 2007, AINAW'07. 21st International Conference on.

Zibuschka, J., Laufs, U., & Roßnagel, H. Towards Ubiquitous Emergency Management Systems.