

## MODELISATION D'UNE SITUATION DE CRISE : VERS UNE INTEROPERABILITE DES SYSTEMES D'INFORMATION

Matthieu LAURAS, Julie TIPRET,  
Frédéric BENABEN, Jacques LAMOTHE

DRGI, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux  
Route de Teillet  
81013 ALBI Cedex 9

[lauras@enstimac.fr](mailto:lauras@enstimac.fr), [tipret@enstimac.fr](mailto:tipret@enstimac.fr),  
[benaben@enstimac.fr](mailto:benaben@enstimac.fr), [lamothe@enstimac.fr](mailto:lamothe@enstimac.fr)

Vincent CHAPURLAT

LGI2P, Ecole des Mines d'Alès  
Parc scientifique Georges Besse  
30900 NIMES

[vincent.chapurlat@ema.fr](mailto:vincent.chapurlat@ema.fr)

**RESUME :** *Dans une situation de crise (catastrophe naturelle, explosion de violence...), plusieurs intervenants sont amenés à agir simultanément et dans l'urgence. Leur coordination, dans un tel contexte, est un véritable défi, surtout dans les premiers moments de la crise. Leur interopérabilité apparaît alors comme une caractéristique majeure de l'efficacité des réseaux d'acteurs et participe ainsi à l'objectif central de maîtrise puis de réduction de la criticité de la situation. Le projet ISyCri s'inscrit dans cette dynamique et propose d'effectuer des travaux sur deux plans. D'une part, il faut savoir synchroniser et coordonner des actions, qui éventuellement peuvent être prédéfinies (aspect réactivité). D'autre part, il faut que les acteurs sachent s'adapter en fonction de la réaction collective à l'avancement dans la situation de crise (flexibilité). L'objet de cette communication est de présenter un premier résultat consistant en une méta modélisation d'un système de gestion de crise dans lequel plusieurs acteurs sont impliqués. Une instanciation de ce méta modèle au cas d'une crise humanitaire est ensuite proposée avant de conclure sur les futurs travaux entrepris dans ce projet.*

**MOTS-CLES :** *Gestion de crise, coordination, interopérabilité, système collaboratif, méta modèle, humanitaire*

### 1. INTRODUCTION

Lorsqu'une crise survient dans un environnement donné, des intervenants, hétérogènes par nature (mission, équipement, culture), agissent dans l'urgence avec une finalité globale et partagée : réduire l'impact de la crise et stabiliser la situation sur le terrain. Pour être efficaces, ils se doivent de collaborer, ou à tout le moins d'agir de façon coordonnée, afin de construire une réponse cohérente. Pourtant, chaque intervenant reste autonome dans la mise en œuvre de ses moyens en fonction de ses objectifs propres bien qu'une autorité de pilotage, commune à l'ensemble des intervenants, soit bien souvent désignée. Souvent, les intervenants disposent de Systèmes d'Information (SI) propres voire dédiés en fonction de leurs besoins, des services qu'ils rendent et de leurs métiers. Dans ce contexte, l'un des problèmes majeurs porte sur la communication ou la communicabilité des informations entre ces SI (Benaben *et al.*, 2007) et leur usage à des fins de réaction. Cela constitue donc la clef de voûte d'une organisation de secours qui doit nécessairement rester :

- performante : synchronisée, adaptée, optimisée, aux actions bien finalisées et contrôlées ;
- stable : apte à continuer à remplir sa mission même en cas de dégradation de la situation ou de l'apparition de nouveaux phénomènes ou d'événements imprévus ;

- intègre : apte à remplir cette même mission même si l'organisation elle-même ou les ressources sur lesquelles elle s'appuie sont modifiées : départ d'une partie des intervenants sur site, arrivée de nouvelles ressources, panne d'une ambulance, etc.

Le secteur humanitaire ne déroge pas à la règle, tant il s'est professionnalisé ces dernières années. Le problème n'est pas tant dans la capacité de chacun à mener à bien ses missions, mais bien dans la capacité à construire globalement une réponse cohérente, efficace et adaptée à une situation de crise donnée. La collaboration et la coordination entre les différents intervenants constituent bien un point critique, et l'amélioration des possibilités de communication entre les différents SI est l'une des causes de ces problèmes (Bui et Sankaran, 2001). L'information existe, mais elle reste difficile à mettre à disposition des autres acteurs et à partager sans perte ni erreur d'interprétation pour des raisons de non interopérabilité des SI (Tomasini et Van Wassenhove, 2005).

Le travail présenté ici s'inscrit dans le cadre du projet « Interopérabilité des Systèmes en situation de Crise » (ISyCri - ANR-06-CSOSG). Il propose un méta-modèle de gestion d'une crise et l'éprouve sur une crise humanitaire.

La première partie présentera succinctement l'objet du projet ISyCri et positionnera le cas des crises humanitaires. Ensuite, un tour d'horizon de la littérature nous permettra de discuter des différentes alternatives offertes pour la caractérisation d'un système de gestion d'une crise. Un méta modèle de caractérisation macroscopique d'une crise et du système de réponse qui l'accompagne est enfin présenté. La pertinence et la robustesse de cette caractérisation seront ensuite étudiées par l'analyse du cas de la crise du tremblement de terre de Yogyakarta en 2006. Cette analyse participe également de l'établissement d'un référentiel de connaissance caractérisant les situations de crise, les activités et les processus collaboratifs (si possible génériques) de réaction ou de réponse à certains types de crise. La littérature disponible sur d'autres crises de ce type permet par la suite de valider la généralité de ces processus de réponse.

## 2. LE PROJET ISYCRI

### 2.1 L'interopérabilité en gestion de crise

La notion de crise est dans ISyCri entendue comme « un événement survenant de manière soudaine et quasi-imprévisible » (Benaben *et al.*, 2007). Les situations de crises durables, telles les famines ou pandémies sont, de fait, exclues.

Les enjeux d'ISyCri sont à la fois conceptuels (comment définir et maintenir un ou des modèles de processus collaboratifs en réponse à une crise ?) et technologiques (comment supporter et orchestrer l'exécution de ces processus ? Comment assurer leur évolutivité et leur adaptabilité au concept de crise mouvante ?).

Le projet se concentre sur deux phases de la gestion de crises, qui sont :

- La phase de réponse immédiate qui vise à établir un diagnostic et à concevoir une solution adaptée pour y répondre ;
- La phase de déploiement, d'ajustement et de maintien des opérations.

Les phases de préparation, de capitalisation des interventions et de retrait des opérations, qui en soit ne constituent pas le cœur de la gestion de crise et n'intègrent pas ou peu le problème de l'urgence, n'ont pas été retenues.

Le projet ISyCri se propose d'aboutir à la spécification d'un Système d'Information Collaboratif (SIC) d'une crise couvrant trois objectifs principaux :

- Visibilité : il faut assurer le partage entre les différents intervenants d'une représentation commune de la crise.
- Réactivité : il faut assurer la synchronisation et la coordination des actions des intervenants dans un processus collaboratif éventuellement défini à partir de la caractérisation de la crise ;

- Flexibilité : il faut savoir faire évoluer et adapter le processus collaboratif à l'évolution de la crise.

Seuls les objectifs de visibilité et de réactivité sont abordés dans la suite faisant ainsi apparaître le rôle central des SI de chaque intervenant. La synchronisation et la coordination des actions des intervenants, le plus souvent supportées par ces SI, conduisent donc à se poser la question de leur interopérabilité tant technique que sémantique.

L'approche choisie par le projet ISyCri repose sur la définition d'un SIC, positionné en « orchestrateur » des systèmes d'information des différents intervenants. Ce SIC est fondé sur une vision « service » des systèmes d'information existants. Il pilote le processus collaboratif de réponse en coordonnant les services spécifiques proposés par chacun des partenaires (Benaben *et al.*, 2007). A terme, ISyCri fournira une architecture collaborative remplissant les objectifs de visibilité, réactivité et flexibilité. Pour ce faire, le projet ISyCri est organisé autour de trois lots techniques (Modélisation, Architecture, Pilotage de SI Collaboratif) et un lot « démonstrateur ». La présente publication est attachée à la partie modélisation.

### 2.2 Cas des crises humanitaires

#### 2.2.1. SI et Coordination

Le secteur humanitaire, exposé de manière quasi-permanente aux situations de crises, a identifié depuis longtemps le besoin de coordination. Dans ce secteur, cette problématique est évoquée selon deux dimensions :

- coordonner les organisations qui interviennent sur le terrain et ainsi maximiser le service rendu aux bénéficiaires ;
- réduire les temps de cycle des interventions en collaborant au mieux avec l'ensemble de la filière concernée (ONG locales, agences Onusiennes, donateurs, fournisseurs...).

Pour des crises importantes, les ONG et/ou les organismes chargés de la coordination comme OCHA (Office for the Coordination of Humanitarian Affairs), mettent en place, de manière assez systématique, une ou plusieurs plateforme Web (voir par exemple <http://www.reliefweb.int>), véritables zones d'échange et de partage de l'information pour l'ensemble des acteurs participant à la distribution des secours. Cette centralisation de l'information permet à chaque ONG de positionner sa mission, à la fois dans l'espace (géographie) et dans les activités menées.

Ces plateformes Web, bien que très utiles pour la coordination des intervenants et correspondant donc à un réel besoin (Tomasini et Van Wassenhove, 2005), ne sont pas utilisables dans la phase de réponse immédiate à une crise (délai de mise en place inadéquat).

Bien sûr, il n'est pas encore possible, à ce niveau, de parler d'interopérabilité des systèmes d'information des ONG impliquées, d'autant que la plupart des ONG ne possèdent pas de SI propre. Depuis quelques années cependant, les Organisation de Solidarité Internationale tendent à développer de plus en plus les SI, à l'image de la Fédération Internationale de la Croix Rouge (IFRC). Il y a fort à parier qu'en dépit d'un léger retard par rapport au monde civil, des SI verront le jour rapidement au sein des ONG et que la mise en place d'un SIC sera lui aussi exigé (Bui et Sankaran, 2001). Il est donc tout à fait légitime de souligner l'utilité et l'intérêt de l'interopérabilité de ces SI pour assumer une meilleure coordination.

A titre d'illustration, l'IFRC a, depuis le début des années 2000, mis en chantier le développement et le déploiement d'un SI propre à la gestion de crise humanitaire incluant des applicatifs métiers (Disaster Management Information System), ainsi que d'autres dédiés à la gestion des ressources humaines ou encore des approvisionnements (Kopzack et Jonhson, 2004). Dès lors la Croix Rouge qui dispose de près de 185 entités (Sociétés Nationales) différentes sur la planète a ressenti le besoin de rendre interopérables ces différents SI afin de garantir une action cohérente sur l'ensemble de ces missions. Ainsi, un système de systèmes (Fednet) est en train de voir le jour. Il vise à mettre en relation tous les SI disponibles à la Croix Rouge, et de les rendre disponibles sur une même plateforme.

### 2.2.2. Le cas de Yogyakarta

Le choix s'est porté sur l'étude d'un cas humanitaire, mettant en scène de nombreux acteurs, principalement issus d'Organisations de Solidarité Internationale.

Les crises humanitaires sont extrêmement variées (nature, ampleur). Plusieurs arguments justifient la décision d'orienter l'étude sur le tremblement de terre de Yogyakarta, survenue sur l'île de Java en Indonésie en mai 2006 et considéré comme étant de dimension moyenne (il ne semblait pas nécessaire de se focaliser sur une crise d'intensité exceptionnelle telle que le Tsunami de 2004 dans la même région). Le tremblement de terre de Yogyakarta est une crise intéressante sur de nombreux points. Pour commencer, c'est un cas extrêmement bien renseigné, dans lequel le système de traitement s'est révélé relativement efficace par rapport aux cas connus jusque là. Le traitement de cette crise met en exergue un certain nombre de bonnes pratiques qui permettent une réduction satisfaisante de la criticité d'une telle situation. En outre, elle intervient dans un contexte assez particulier, où une préparation de crise avait eu lieu en prévision d'une possible éruption du Mérapi, volcan tout proche de l'agglomération de Yogyakarta. Elle se caractérise donc par une certaine complexité et une dynamique forte. Tous ces éléments recouvrent le domaine d'étude pris en considération dans les travaux du projet ISyCri.

## 3. ÉTAT DE L'ART

Dans ce qui suit, le projet est positionné par rapport aux travaux existants décrits dans la littérature.

### 3.1 Interopérabilité et SI Collaboratif

Comme dit plus haut, l'enjeu est de favoriser la communication et la coordination entre les acteurs. Bien souvent, la coordination des acteurs passe par l'organisation de réunions. Ce type de pratique trouve ses limites assez rapidement dans un contexte de crise devant être rapidement maîtrisée. Il faut alors prendre en compte simultanément le besoin de rapidité d'échange d'informations utiles, clairement définies et pertinentes et le besoin sous jacent d'intégration à la fois des acteurs et de leurs SI propres. La position du projet ISyCri est de proposer de résoudre cette question de l'intégration des SI des partenaires par la recherche de l'interopérabilité de leurs SI (où chaque SI est vu comme un ensemble de données, d'applications et de processus interagissant). Le réseau Européen *InterOp* (Konstantas *et al.*, 2001) définit l'interopérabilité comme *l'aptitude de systèmes à pouvoir travailler ensemble sans effort particulier pour les utilisateurs de ces systèmes*. Du point de vue du projet ISyCri, *l'interopérabilité peut être vue comme le niveau ultime de maturité collaborative (d'une organisation) adapté à l'intégration, qui peut être vue comme le niveau ultime de collaboration (d'un réseau d'organisations)*. Ainsi, sur le plan de la représentation des SI (données, applications et processus), on peut identifier trois exigences principales à la question de l'interopérabilité : conversion des données, gestion des applications et orchestration des processus. La nécessité de gérer conjointement ces trois éléments met en évidence la nécessité d'accéder à certaines composantes et caractéristiques des SI des partenaires, de disposer d'une entité indépendante et intermédiaire (tiers de confiance), positionnée au cœur du réseau des partenaires, maîtrisant non seulement les spécificités de chaque partenaire mais également les conventions structurelles et fonctionnelles associées au réseau (Touzi *et al.*, 2006). Cette entité garante ainsi de l'interopérabilité est désignée sous la dénomination de Système d'Information Collaboratif (SIC).

On retrouve clairement ici la finalité du projet ISyCri pour ce qui concerne la gestion de crise et l'absolu nécessité pour ce faire, de disposer d'une vision claire et formelle :

- des processus collaboratifs mis en œuvre dans le cadre de la gestion d'une crise ;
- des applications (services) proposés par les partenaires ;
- des caractéristiques des informations échangés et/ou partagés.

Il est alors nécessaire d'identifier ces éléments à l'échelle d'une crise en prenant en compte les caractéristiques d'une crise : nombre d'intervenants élevé, dyna-

mique imprévisible, maîtrise parcellaire, interactions et interdépendances fortes et nombreuses, etc. Il s'agit là des caractéristiques de tout système complexe.

### 3.2 Caractérisation des systèmes complexes

Par système, on entend un ensemble d'éléments en interaction entre eux et avec l'environnement, intégré pour rendre à son environnement ou à lui-même les services correspondant à sa finalité (d'après (Meinadier, 1997)). Conformément à cette définition, on peut parler de système en crise et de système de gestion de cette crise.

Ces systèmes sont qualifiés de complexes dès lors qu'un observateur ne peut prévoir leur comportement ou leur évolution par un raccourci de calcul. Un système complexe se caractérise par l'émergence au niveau global de propriétés nouvelles, non observables au niveau des éléments constitutifs, et par une dynamique de fonctionnement global difficilement prédictible à partir de l'observation et de l'analyse des interactions élémentaires. La gestion d'une crise répond donc parfaitement à la définition d'un système complexe. Une simple description en langage naturel de tels systèmes ne serait en aucun cas être suffisante (Bataille et Castellani, 2001) pour évaluer leur comportement.

### 3.3 Modélisation et méta modélisation

Pour étudier les systèmes complexes, il faut donc trouver des alternatives à la mise en équation et au langage naturel en prenant en compte le système dans son intégralité (Bataille et Castellani, 2001). La modélisation est un moyen de mieux comprendre le comportement, l'organisation ou le fonctionnement de systèmes complexes dans leur globalité (Vernadat, 1996) en filtrant si nécessaire des niveaux de détail non nécessaires à cette compréhension. Face au problème de la gestion d'une crise, il apparaît donc nécessaire de construire un modèle sur lequel raisonner. Cependant, un modèle doit pouvoir rendre compte et s'adapter à différents types de crises (humanitaire, civile, militaire...) ayant des caractéristiques et des processus de réponse différents. Il devient alors nécessaire de raisonner non pas au niveau d'un modèle mais d'un méta modèle plus global.

Bataille et Castellani (2001) ont démontré combien une approche par méta modélisation était incontournable dès lors que l'on souhaitait concevoir ou améliorer un système. Un méta modèle est défini comme un modèle dont les instances sont les modèles d'une part, et comme une représentation d'un modèle faite avec un modèle d'autre part (Bataille et Castellani, 2001). Un métamodèle ne représente pas un ou des modèles mais représente en fait les concepts et relations utilisés par des modèles. Une

approche par méta modélisation permet donc ici d'identifier :

- un méta modèle qui relie les constantes nécessaires à la conception d'un SI collaboratif générique quel que soit le type de crise ;
- les différents modèles de crise (crise humanitaire, civile ou militaire), instances du méta modèle, propres à chaque type de crise.
- Une crise particulière et observable (tremblement de terre de Yogyakarta, explosion du site AZF à Toulouse, attentat du 11 Septembre...), instance d'un ou plusieurs modèles de crise.

Une approche possible pour méta modéliser est l'approche orientée objets. Un formalisme de modélisation relevant d'une telle approche contient un ensemble de concepts, de relations entre ces concepts et de contraintes. UML (Unified Modelling Language) constitue une illustration classique de ce type de langage de modélisation. L'utilisation des diagrammes de classes d'UML en est l'exemple le plus courant.

## 4. META MODÉLISATION D'UN SYSTÈME DE GESTION DE CRISE

Ce chapitre présente le méta modèle de crise proposé. Il décrit le domaine d'étude, les contraintes, les concepts manipulés ainsi que leurs interactions. La diversité des crises existantes et des processus de réponse oblige à se poser la question de la robustesse d'une telle méta modélisation. Aussi, la suite présente une démarche de validation partielle du méta modèle au travers d'une instanciation sur une crise humanitaire.

### 4.1 Le méta modèle de crise

Ce méta modèle a été réalisé à partir de connaissances disponibles sur différents types de crises (principalement civiles par le biais de représentants de la préfecture ou de centres de secours) d'une part, et de littérature sur la gestion des crises (Van Wassenhove, 2006 ; Lagadec *et al.*, 2002). Le langage UML a été choisi pour le représenter.

Bien que devant encore être soumis à des instanciations (relatives à différents domaines d'études tels que les crises civiles, militaires, transverses ou humanitaires comme le cas présenté dans la suite de ce papier) qui permettront de le valider entièrement, ce modèle peut aujourd'hui être considéré comme stabilisé. Il se constitue de trois sous-systèmes :

- Le système d'étude ;
- Le système de traitement ;
- La caractérisation de la crise.

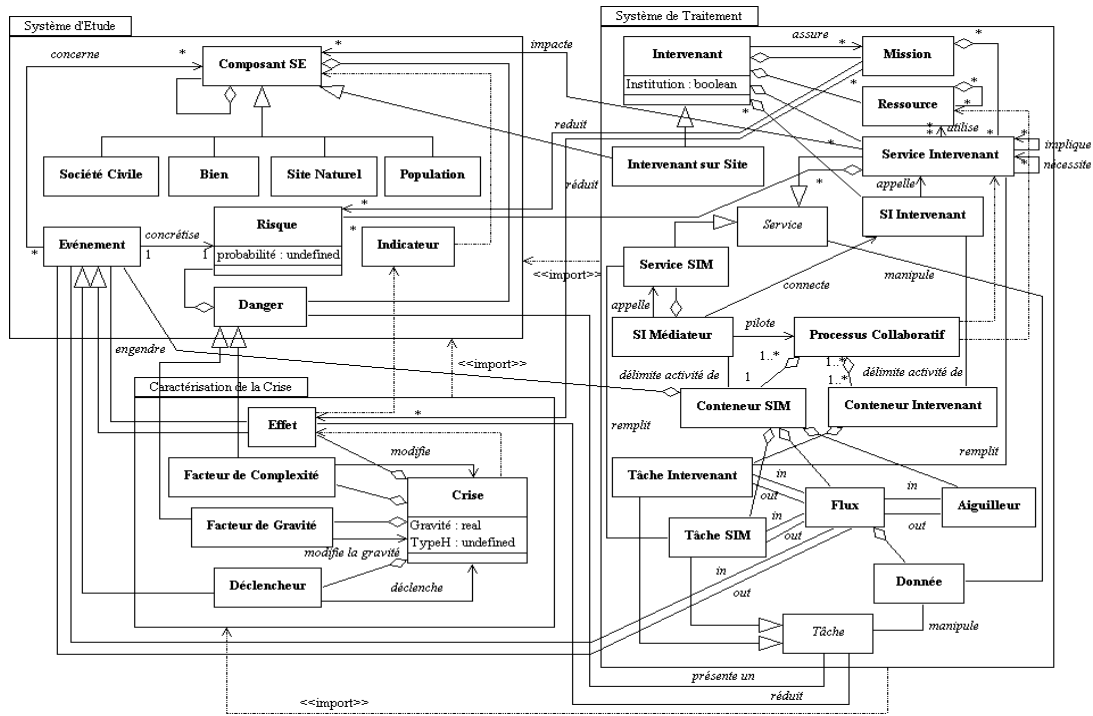


Figure 1. Le méta modèle de crise (Version 11/2007)

#### 4.1.1. Le système d'étude

Le système d'étude est défini comme étant le sous ensemble du monde concerné par la crise. Sont pris en considération les composants physiques (bien, site naturel, population) et la société civile, qui se regroupent, dans le méta modèle, sous l'appellation « Composants Système d'Étude » dont ils héritent. Pour définir les termes précédemment énoncés, les biens peuvent englober les habitations comme les routes ou toute autre infrastructure susceptible d'être affectée par la crise. A l'inverse, le site naturel est constitué par l'environnement, mais ne peut être une construction humaine. La population regroupe l'ensemble des personnes physiques directement touchées par la crise. Quant à la société civile, elle englobera plutôt des personnes morales (intellectuels, média, etc.), soit toute association ou organisation qui réagissent et oeuvrent dans l'environnement de la crise.

Le risque est une menace potentielle que représente l'occurrence non contrôlable d'un événement. Il est caractérisé par une grandeur qui évalue la certitude ou la plausibilité de l'occurrence de cet événement, et une grandeur qui apprécie l'ampleur, néfaste ou utile pour le système visé ou son environnement, des conséquences qu'a cet événement sur les performances, l'intégrité et/ou la stabilité de ce système. Il se définit à la fois par sa probabilité et par ses effets. Le danger quand à lui, existe de manière continue, et le risque ne peut se concrétiser que s'il y a exposition à un danger. Pour clarifier les notions, dans le cadre d'un tremblement de terre, le danger sera considéré comme étant l'intensité sismique de la région et le risque sera la survenue d'un tremblement de terre.

#### 4.1.2. La caractérisation de la crise

La crise se compose de plusieurs éléments. Certains participent à sa survenue ou à son évolution, d'autres à sa caractérisation. Elle apparaît soudainement suite à un (ou plusieurs) événement(s) déclencheur(s) et se constitue, une fois avérée, de trois agrégats :

- des effets ;
- des facteurs de complexité ;
- des facteurs de gravité.

Un facteur de complexité influence sur la nature de la crise. C'est un danger qui peut impacter des risques déjà identifiés ou en générer de nouveaux.

Un facteur de gravité est un danger qui vient modifier la gravité de la crise, de façon positive ou négative.

Les effets sont quant à eux la conséquence avérée ou potentielle de l'événement à l'origine de la crise ou de celui relatif à un risque identifié. Ils peuvent déclencher de nouveaux événements qui concrétiseront des risques et changeront ainsi la nature ou la gravité de la crise. Les effets peuvent être mesurés à l'aide d'indicateurs, qui permettent alors de caractériser au mieux la crise. Ces informations permettent ensuite de dimensionner la réponse.

#### 4.1.3. Le système de traitement

La résolution, ou du moins la réduction de la crise, nécessite de définir un système de traitement dont l'objectif est de converger vers un nouvel état d'équilibre en maîtrisant les effets de la crise. Il regroupe les intervenants,

qui apportent leurs ressources, leurs services et leurs procédures de travail, et le SIC avec le processus collaboratif qu'il pilote et supporte.

Les intervenants peuvent être de plusieurs types : institutions, associations, entreprises ou particuliers. Chacun dispose de ses ressources propres, de ses compétences et de procédures spécifiques pour les mettre en œuvre et fournir des services identifiés. Ils possèdent leurs propres SI, ou en tout cas leurs propres outils de traitement.

La partie basse du méta modèle du système de traitement (conteneurs, tâches, flux, aiguilleurs, données), permet de représenter le processus collaboratif. Le processus collaboratif n'est pas détaillé ici. Les SIC n'existent pas réellement dans le domaine de la gestion de crise (Benaben *et al.*, 2007). Au mieux, ce sont des processus collaboratifs qui sont mis en place, et prennent davantage la forme de réunions de coordination que de partage d'information entre SI. Une marge de progression est donc bien présente sur ce plan.

#### 4.2 Méthode d'enrichissement du méta modèle

Compte tenu de la criticité du méta modèle (en termes de représentativité, de finesse de description et de couverture) dans le projet ISyCri, il nous semble pertinent d'associer à sa conception théorique (descendante) une phase d'évaluation (ascendante) permettant de mettre à l'épreuve son adéquation à ses objectifs sur certains cas d'étude bien documentés. En outre, cette activité permettra également de capitaliser une connaissance fondamentale pour la suite du projet (telle que la formalisation de processus collaboratifs). Ces considérations nous amènent à proposer la démarche d'appréciation et de consolidation du méta modèle suivante (Figure 2) :

1. Choisir une crise, représentative, mettant en œuvre un panel large de concepts identifiés (facteur de complexité, de gravité...).
2. Identifier, récupérer et sélectionner les informations nécessaires à la description de la crise et à son processus de traitement de façon à obtenir les données terrain et une main courante des événements.
3. Représenter le modèle de réponse à la crise afin de permettre d'une part de faciliter l'instanciation du méta modèle (système de traitement notamment) et dans un deuxième temps de comparer le processus collaboratif déduit par le système ISyCri avec celui ayant réellement été mis en œuvre (cf. étape 9).
4. Modéliser la crise à partir du méta modèle de façon à générer le modèle propre à la crise étudiée. Trois sous modèles seront produits correspondant aux trois sous-systèmes du méta modèle.
5. Analyser la représentativité et l'exhaustivité des sous modèles obtenus eu égard à la réalité de la crise et de son traitement (raisonnement a posteriori en validation / enrichissement du méta modèle). Cette étape s'appuie sur les données terrain, main courante et modèle du processus collaboratif de réponse. Elle permet de porter un diagnostic sur le méta modèle.

6. Modifier, le cas échéant, le méta modèle.
7. Générer à partir du méta modèle l'ontologie permettant de qualifier une crise et de déduire dynamiquement le processus collaboratif de réponse le plus adapté.
8. Déduire de l'instanciation de l'ontologie le processus collaboratif à mettre en œuvre.
9. Comparer le modèle de processus collaboratif déduit à celui ayant été pratiquement mis en œuvre pendant la crise.
10. Modifier, le cas échéant, l'ontologie et notamment les règles de déduction.

Seules les étapes 1 à 6 sont développées dans le cadre de cette communication. Les étapes 7 à 10 feront l'objet de présentations ultérieures.

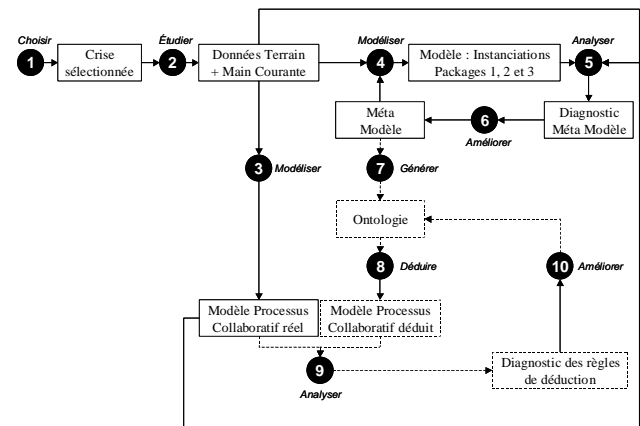


Figure 2. Instanciation du méta modèle pour validation et enrichissement

Du point de vue des outils utilisés pour supporter ce travail de méta modélisation et d'instanciation, deux outils ont été utilisés. D'une part, GME (Generic Modeling Environment, 2005) a été utilisé pour décrire le méta modèle et l'instancier partiellement. Cet outil présente l'avantage de pouvoir enregistrer le résultat sous un format XML, qui pourra être exploité dans la suite des travaux d'ISyCri, par exemple pour la construction de l'architecture du SIC. D'autre part, le processus de réponse à une crise (approche ascendante) est décrit en BPMN (Business Process Modeling Notation) (<http://www.bpmi.org>). Ce formalisme permet de disposer d'une représentation assez complète de la vue fonctionnelle qui soit orientée à la fois « flux », « événements » et « organisation ». Ce langage permet de faire ressortir les relations entre les acteurs et les processus collaboratifs existants.

#### 5. APPLICATION : MODELISATION DE LA CRISE HUMANTAIRE DE YOGYAKARTA

Cette partie développe l'exécution des six étapes d'enrichissement du méta modèle proposées précédemment (Figure 2).

## 5.1 Choix de la crise

L'étude s'est concentrée sur la réponse donnée par la Croix Rouge à la crise de Yogyakarta. Outre l'avantage de présenter une littérature bien complète, grâce à la publication de nombreux bulletins d'informations sur le site de la Fédération Internationale (<http://www.ifrc.org>), ce cas particulier met en scène de nombreux acteurs internationaux différents et hétérogènes, bien que regroupés sous la même bannière (IFRC et Sociétés Nationales), et pose le problème de leur coordination.

Cette crise intervient en outre dans un contexte de refonte de l'organisation de la Croix Rouge. Pour pouvoir répondre plus rapidement, des RLU (Regional Logistics Units : Panama, Dubaï et Kuala Lumpur) ont été mises en place. Ces unités de réponse d'urgence doivent mettre à disposition, d'une part, des stocks avancés de produits de première nécessité et, d'autre part, du personnel qualifié au plus proche des lieux de la catastrophe. Une fois la crise déclenchée, ces unités servent de point de réception des marchandises provenant des Sociétés Nationales de la Croix Rouge.

## 5.2 Etude des données terrain et main courante

Dans les heures qui ont suivi la crise, de nombreuses informations ont été diffusées. Bien que parcellaires et incertaines, elles ont permis une première caractérisation de la crise conformément à l'état de connaissance disponible au moment du traitement de la crise. L'ensemble des publications de la Croix Rouge (« Information bulletin », « Emergency Appeal ») ont ainsi été étudiées, et, une main courante a été établie. Elle reprend l'ensemble des événements et informations significatives suivant leur chronologie de la crise. Cette étape permet de résumer le déroulement de la crise, et d'en faire ressortir les étapes clefs.

## 5.3 Modélisation du processus collaboratif

Les Pools représentent chacun des intervenants. Etant donnée l'ampleur de la réponse, et le nombre des intervenants, le modèle BPMN (Figure 3) s'est attaché à étudier les intervenants par types significatifs. Les types identifiés sont les suivants :

- Société Nationale Opérante : dans le cas de Yogyakarta, il s'agit de la Croix Rouge Indonésienne. La société nationale opérante (SNO) est une société nationale classique, à ceci près que c'est dans son pays que se déroule la crise. C'est l'intervenant qui agit en premier et qui est à l'origine du déclenchement de la réponse, d'où la définition d'une activité « initier la réponse d'urgence ».
- Les Sociétés Nationales (SN) abritées dans la même zone géographique. Si la capacité de la SNO est insuffisante pour prendre assumer seule une réponse efficace, ce sont les premières contactées pour fournir des renforts. Dans le

cas de Yogyakarta, on peut citer la Croix Rouge de Singapour, qui a été la première à intervenir, en envoyant des équipes médicales en renfort de celles de la Croix Rouge indonésienne.

- La Fédération Internationale de la Croix Rouge (IFRC) qui, en cas de crise d'ampleur, se charge de coordonner les actions de l'ensemble des SN notamment par l'intermédiaire de la Division de Gestion de la Crise et de Coordination des Secours (DGCCS).
- Les SN marraines d'ERU (Emergency Response Unit). Ces unités sont composées de volontaires professionnels. C'est l'équipe d'évaluation (FACT) de la SNO qui renseigne la Fédération sur les besoins identifiés en ERU. Après quoi les sociétés marraines d'ERU proposent les services de ces dernières. Dans le cas de Yogyakarta, on peut citer ici la Croix Rouge Britannique qui a mis à disposition une ERU logistique et la Croix Rouge Américaine qui a mis à disposition une ERU de distribution des secours.
- Les SN « éloignées » qui arriveront plus tard sur le terrain, mais devront, tout autant que les autres, participer à l'effort de coordination afin de participer de l'efficacité de la réponse.

Par construction, la première chose que ce modèle fait apparaître est la liste des intervenants et des processus qu'ils ont mis en œuvre (cf. sous-système de traitement de la crise). Le modèle BPMN souligne également le rôle de coordinateur qu'a assumé l'IFRC à Genève dans les premiers jours de réponse à cette crise. On voit très clairement que c'est à ce niveau que sont pris les décisions de solliciter les Sociétés Nationales en fonction des besoins estimés du terrain (via la Croix Rouge Indonésienne) et des services proposés par lesdites Sociétés Nationales.

Vis-à-vis du sous-système de caractérisation de la crise, le modèle met en évidence l'occurrence d'un certain nombre de facteurs de gravité (ayant un impact positif) comme par exemple la présence à proximité d'équipes opérationnelles en mission post-Tsunami (ligne « délégations locales de la Croix Rouge Indonésienne ») ou de matériels en prévision d'une possible éruption du Mérapî. Il souligne aussi l'existence de facteurs de complexité comme la destruction d'infrastructures qui empêche la distribution immédiate des secours.

Enfin, le modèle BPMN établi invite à considérer le système d'étude en précisant par exemple que l'action porte autant sur le traitement médical des blessés que sur l'aide matérielle aux sinistrés (cf. sous-système système d'étude). Il montre aussi comme la gestion vis-à-vis de la « société civile » est menée : publication d'un appel d'urgence à solidarité, puis publication d'un bulletin d'information et enfin d'un appel d'urgence révisé. Ce dernier point souligne l'importance de la gestion des médias en contexte de crise (humanitaire notamment).

### 5.4 Modélisation de la crise

Afin de tester la robustesse du méta modèle décrit sur la Figure 1, ce dernier a donc été instancié à partir des données connues, ordonnées et agencées concernant la crise. Cette robustesse a été évaluée en regard des trois objectifs principaux visés par le projet ISyCri : visibilité, flexibilité et réactivité. Les figures 4, 5 et 6 présentent les diagrammes relatifs aux trois sous-systèmes du méta modèle obtenus par instanciation, soit la caractérisation de, respectivement, la « crise », le « système de traitement » et le « système d'étude ».

### 5.5 Analyse des modèles obtenus

Le méta modèle de crise présenté (Figure 1) a été implémenté avec l'outil GME (GME, 2004) afin de fournir un éditeur de modèles de crise. L'instanciation (facilitée via GME) de modèles de crise respectant la structure de modélisation du méta modèle a alors pu être menée. La suite de cette section présente le modèle construit par instanciation du méta modèle à partir du cas d'étude de Yogyakarta. Pour des raisons de lisibilité, ce modèle est présenté sous une forme fragmentaire reprenant les différentes sous-parties du méta modèle.

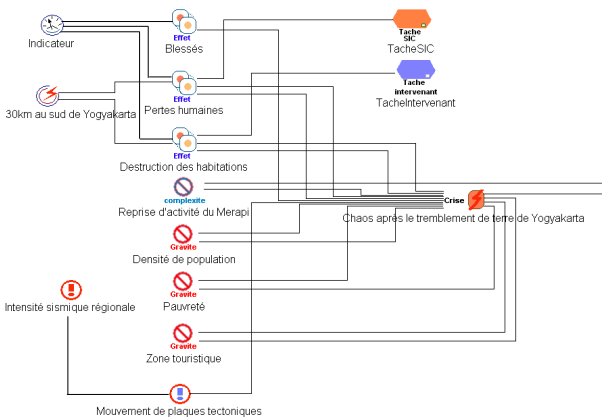


Figure 4. Représentation du sous-système « crise »

Ainsi le diagramme de la Figure 4 montre notamment que c'est la somme de plusieurs facteurs de gravité qui a participé à la naissance de cette crise. A Yogyakarta, la densité de population dans la zone, la pauvreté de ces populations qui les rendent plus vulnérable, ainsi que le fait qu'il s'agisse d'une zone touristique constituent autant de facteurs de gravité négatifs, qui tendent à alourdir le bilan. Or la connaissance de ces différents facteurs est attribué à différents acteurs. Le méta modèle semble donc bien permettre l'assemblage de différents points de vue pour disposer d'une vision globale de la crise. Par ailleurs, le fait qu'une éruption volcanique était anticipée à quelques kilomètres du lieu de la crise a pu être intégré. Il s'agit d'un facteur de complexité majeur. Le volcan ayant repris son activité quelques semaines plus tôt (danger) faisait craindre une éruption dévastatrice (risque). Le tremblement de terre a impacté ce risque, augmentant la probabilité de survenue d'une éruption

engendrée par la secousse. La crise aurait alors pu devenir multipolaires et évoluer géographiquement, car des populations non touchées par le séisme auraient pu se voir évacuées, augmentant ainsi le nombre de déplacés et donc de sans abris à loger de manière temporaire.

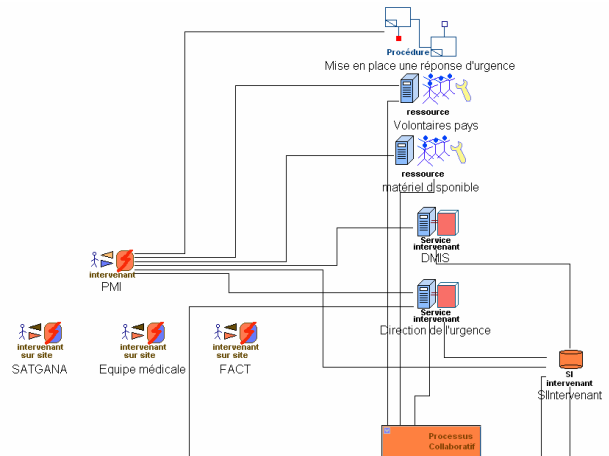


Figure 5. Représentation du sous-système « traitement »

Cette occurrence n'a pas eu lieu. Néanmoins, l'utilisation de ressources matérielles et humaines présentes à proximité (correspondant à des services exceptionnels) a été considéré dans la représentation du sous-système de traitement (Figure 5) de la crise « tremblement de terre ». Le méta modèle semble donc adaptable et surtout flexible vis-à-vis du processus collaboratif mis en œuvre.

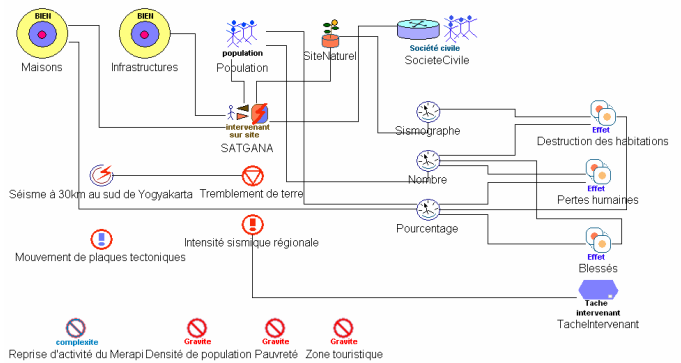


Figure 6. Représentation du sous-système « étude »

Enfin, le modèle réalisé a permis de souligner que le méta modèle pouvait également servir de cadre à des crises pour lesquelles aucun signe précurseur n'était détecté (cf. l'objectif attendu de réactivité). Il s'agit d'une originalité par rapport aux crises déjà instanciées avec ce méta modèle : cas de la rupture possible d'un barrage suite à de fortes intempéries (mesurées) et à une panne (détectée). Le méta modèle permet d'instancier les évolutions du processus de réponse enregistrées en réaction à l'évolution d'effets tels que « destruction des habitations » ou « perte de vies humaines ». On remarquera que ces effets sont quantifiables par des indicateurs vautés et typés même s'il est souvent difficile d'évaluer immédiatement et avec précision leur ampleur (Figure 6).

## 5.6 Enrichissement du méta modèle

Au total, le méta modèle proposé a permis d'instancier la totalité du traitement par les entités de la Croix Rouge de la crise de Yogyakarta. Le méta modèle du système de traitement semble donc robuste vis-à-vis de crises humanitaires. Les paramètres importants de caractérisation de la crise ont pu être représentés (cf. Figure 4, 5 et 6). Cependant quelques perspectives d'évolution sont proposées dans la suite en guise de conclusion.

## 6. DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES

Les questions soulevées concernent principalement la notion d'indicateur. Le suivi de ces derniers, notamment le nombre de victimes ou d'habitations détruites, est une activité essentielle comme le montre le diagramme BPMN du processus de réponse. La question se pose alors de relier ces derniers à des acteurs chargés de les relever, ou peut être à la notion de tâche, car effectivement, le concept d'indicateur semble être en relation avec les intervenants. Les indicateurs sont reliés à la notion de risque par le biais du concept d'effet. Il est alors assez cohérent de penser que les indicateurs puissent être une forme de surveillance. Néanmoins, le présent méta modèle ne revendique pas l'intégration d'une quelconque phase de préparation. Pour ce qui est du risque à l'origine de la crise, des indicateurs de surveillance ne peuvent être mis en place, sauf par exemple dans le cas de répliques. En revanche, si des facteurs de complexité viennent ajouter de nouveaux risques, il pourrait être recommandé de mettre en place des indicateurs pour surveiller ces derniers.

Une perspective majeure de ce travail porte sur la déduction des processus de réponse à partir d'une instanciation du méta modèle au plus proche de l'événement déclencheur. Il s'agit de permettre l'exploitation de l'instanciation dans le cadre d'un traitement ontologique (via une traduction XML). Ainsi, à partir des évaluations réalisées dans l'immédiateté de la crise, des travaux seront menés dans le but de permettre une déduction du processus collaboratif nécessaire au traitement de la crise. Bien sûr, un tel processus ne pourra sans doute pas être figé sur l'ensemble de la durée de la crise (cf. facteurs de complexité, de gravité, apparition / disparition d'un intervenant, vision parcellaire de la crise, cycle de vie d'une crise, etc.). C'est pourquoi il sera sans doute aussi opportun de travailler sur la mise en œuvre de raisonnements déductifs permettant l'adaptabilité des processus de réponse.

Une autre perspective vise à exploiter ce travail de méta modélisation en vue de la définition de topologies (caractérisation, typage, etc.) de crises et de processus de réponses associés (collaboratifs et services nécessaires).

## REMERCIEMENTS

Le méta modèle présenté dans cette communication est le fruit d'une réflexion collective de l'ensemble des participants au projet ISyCri. Les auteurs tiennent donc à remercier :

- Ecole des Mines d'Alès : J. Montmain et T. Lambolais ;
- Institut de Recherche en Informatique de Toulouse : C. Hanachi, C. Sibertin-Blanc et E. Andonoff ;
- Ecole des Mines d'Albi-Carmaux : P. Couget, D. Gourc, H. Pingaud, R. Serban et E. Monsarrat ;
- EBM Websourcing : J.P. Lorre et N. Salatge ;
- Thalès-Communications : J.P. Pignon.

## REFERENCES

- Bataille, V., et X. Castellani, 2001. Métamodélisation et ingénierie des systèmes d'information. Dans : *Ingénierie des Systèmes d'Information*, Edition Hermès sous la direction de C. Cauvet et C. Rosenthal-Sabroux.
- Bénaben, F., J.P. Pignon, C. Hanachi, J.P. Lorre, et V. Chapurlat, 2007. Interopérabilité des systèmes en situation de crise, Workshop Interdisciplinaire sur la Sécurité Globale, Troyes.
- Bui, T.X., et S.R. Sankaran, 2001. Design considerations for a virtual information center for humanitarian assistance/disaster relief using workflow modelling, *Decision Support Systems*, Vol.31, pp. 165-179
- GME, 2004. *Generic Modelling Environment: Users Manual, Release 4.11*, Institute for Software Integrating Systems ISIS, Venderbuilt University.
- Konstantas, D., Bourrières, J.P., Leonard, M., Boudjlida, N. 2005. Preface – Proceedings of the first conference on Interoperability of Enterprise Software and Applications; Springer, ISBN 1-84628-151-2.
- Kopczak, L.R., et E. Johnson, *Can Heroes be efficient? Information Technology at the International Federation of the Red Cross*. Case 6-0021, Tuck School of Business at Dartmouth, 2004.
- Lagadec, P., X. Guilhou, *La fin du risque Zéro*, Editions Eyrolles, 2002
- Meinadier, J.-P., *L'intégration des Systèmes*, Que sais-je ?, 1997.
- Rajsiri, V., J.-P. Lorré, F. Bénaben et H. Pingaud 2007. Cartography based methodology for collaborative process definition, Establishing the Foundation of Collaborative Networks. Proceedings of Pro-VE'07, Guimaraes. Springer, pp. 479-486.
- Thellier, M., 2006. *Modélisation de systèmes complexes en agronomie et environnement*, Comptes Rendus Biologies, Vol. 329
- Tomasini, R.M., et L.N. Van Wassenhove, 2005. *Managing information in humanitarian crises: the UNJLC website*, INSEAD Case Study, 17 p
- Touzi, J., F. Bénaben, et H. Pingaud, 2006. Interopérabilité et système d'information, *Numéro spécial de la revue ISI*, Ed. Hermès Science.
- Van Wassenhove, L.N., 2006. Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear, *Journal of Operation Research Society*, p 475-489
- Vernadat, F., *Enterprise modelling and integration*, Chapman & Hall, 1996.