

# Rendre tangible des normes de collaboration par un système multi-agent normatif

L. Thévin<sup>1</sup> F. Badeig<sup>2</sup> J. Dugdale<sup>1</sup> O. Boissier<sup>2</sup> C. Garbay<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LIG CNRS, Université de Grenoble

<sup>2</sup>Institut Henri Fayol/ISCOD, ENS Mines de Saint-Etienne

UFR IM2AG - BP 53 - F-38041 Grenoble Cedex 9

Lauren.Thevin@imag.fr

## Résumé

*Nous présentons une étude préliminaire pour la conception d'un système multi-agent de simulation participative dans le domaine de la gestion de crises. Le contexte est celui d'une interaction via des tables tangibles distribuées. Notre point focal est celui des règles et protocoles qui régissent les interventions des acteurs humains. Le rôle du système est de simuler les situations de crise, de modéliser les protocoles et règles associés, d'offrir aux acteurs humains un environnement réaliste de collaboration et de mettre en lumière des incohérences et conflits détectés au niveau de l'activité individuelle ou collective. Nous présentons les premières étapes de conception du système s'appuyant sur la plateforme multi-agent JaCaMo, et un exemple d'application à des scénarios simples.*

## Mots Clef

Interaction tangible, système multi-agent, organisation normative, gestion de crises.

## Abstract

*We present a preliminary study for the design of an agent-based participatory simulation system in the field of crisis management, in the case of distributed tangible interaction. Our focus is on the protocols that govern human intervention. The role of the system is to simulate the crisis situations, to model the corresponding protocols, to offer to the human actors a realistic collaboration framework and to highlight potential inconsistencies and conflicts detected in the course of the individual and collective activity. We present the first designing steps of the multi-agent platform, which draws on the JaCaMo framework, together with an application example to simple scenarios.*

## Keywords

Tangible interaction, multi-agent system, normative organization, crisis management.

## 1 Introduction

Cet article présente une étude préliminaire pour la conception d'un système multi-agent de simulation participative dans le domaine de la gestion de crises: il s'agit de fournir aux acteurs une assistance à la préparation des

interventions, par la conception d'un environnement réaliste de simulation et la mise en place de moyens de modélisation et d'interaction facilitant et sollicitant leur participation. Notre étude se place dans le contexte d'une interaction tangible, via des surfaces distribuées, complétée par des « feedback » virtuels. Nous prenons comme point focal celui des règles et protocoles qui encadrent les interventions des secours. Ceux-ci diffèrent selon les intervenants et les caractéristiques de la crise, et évoluent dans le temps. Le manque de connaissance mutuelle de ces éléments, le caractère hautement évolutif et imprédictible des situations, rendent particulièrement difficile le maintien de la cohérence et la bonne coordination des actions. Le rôle du système à concevoir est ici de simuler les situations de crise, d'offrir aux acteurs humains un environnement réaliste de collaboration et de mettre en lumière les incohérences et conflits détectés au niveau de l'activité individuelle ou collective dans le cadre des règles et protocoles modélisés. Un système multi-agent normatif est bien adapté à cet enjeu, la dimension multi-agent supportant le caractère distribué et multi-acteur de la simulation, la dimension normative permettant la représentation des systèmes de règles et protocoles à considérer. Dans l'optique d'une approche participative, il ne s'agit pas d'assurer de manière automatique la cohérence du système de normes, ou son émergence. Il s'agit de soutenir la co-construction par les acteurs humains de normes partagées [Garbay et al., 2012], le rôle du système étant d'interpréter et retranscrire l'activité humaine au sens de ses normes. Nous proposons tout d'abord une vue d'ensemble du contexte et des motivations. Nous présentons ensuite une ébauche de modélisation dans le contexte de la plateforme multi-agent JaCaMo [Boissier et al., 2013]. Un exemple d'application est ensuite discuté. Nous concluons par une discussion de l'approche proposée vis-à-vis de l'état de l'art.

## 2 Contexte et motivations

### 2.1 Problématique

En France, l'intervention en situation de crise est placée sous la responsabilité du maire, si le sinistre ne dépasse pas les limites ou les capacités de sa commune (source IRMa - <http://www.irma-grenoble.com/>). Celui-ci assume la direction des opérations et met en œuvre le Plan Communal de Sauvegarde, qui articule les missions de sauvegarde et de secours selon plusieurs phases (pré-alerte, ur-

gence, soutien post-événement). Les opérations impliquent des missions très diverses (information, sécurisation, évacuation, hébergement, ravitaillement, etc.), qui sont allouées à des acteurs dont les formations et compétences sont hétérogènes : professionnels de l'urgence (pompiers, gendarmes, etc.), élus ou bénévoles.

## 2.2 Scénario exemple

### Phase de pré-alerte

- La préfecture appelle le maire pour l'informer d'une alerte rouge pluie/inondation
- Le maire met en place le PCC (Poste Communal de Commandement), la CS (cellule de soutien) et la CL (cellule logistique) ; la CS a pour mission le soutien aux populations (hébergement), la CL la sécurisation, le ravitaillement et l'évacuation préventive

### Phase d'urgence

- L'évolution du sinistre conduit à déclencher les opérations d'urgence
- La police demande à la CL de lui fournir des barrières pour sécuriser un premier périmètre
- Les pompiers engagent les opérations d'évacuation
- La CL contacte le supermarché de la commune en vue du ravitaillement
- Le supermarché n'est plus accessible en raison des opérations de sécurisation effectuées par la police
- L'inondation progresse, des évacuations supplémentaires sont à prévoir
- La CL informe le maire du manque de personnel
- Il est demandé à la CS de venir en appui à la CL
- ...

Ce scénario met en avant la présence d'organisations dont les missions diffèrent. Alors que certains acteurs (CS, CL) sont des bénévoles, d'autres (police, pompiers) sont des professionnels. Il révèle des difficultés organisationnelles: manque de personnel (CL), duplication des efforts d'évacuation (CL, pompiers), difficultés d'accès à des ressources (supermarché). L'évolution du sinistre conduit à redistribuer des rôles (CS et CL), et à réorienter la recherche de ressources (supermarché). Il en ressort l'importance d'une information régulière des acteurs, en vue d'une compréhension partagée.

## 2.3 Rôle du système normatif

Nous faisons l'hypothèse que les organisations humaines O1 et O2 (figure 1) auxquelles le système est destiné interviennent, communiquent, s'organisent et se coordonnent selon des ensembles de règles et protocoles N1 et N2 appelés *normes*. Nous distinguons 3 types de normes, selon les 3 dimensions (production, coordination, communication) du trèfle du collecticiel [Laurillau et al., 2002]. Les normes de production régissent les modes d'intervention (« la police sécurise un premier périmètre »). Les normes de coordination régissent les modes d'organisation et de planification (« installation par le maire du PCC, de la CS et de la CL »). Les normes de communication régissent les modes de transmission d'information (« la CL informe le maire du manque de personnel »). Certaines normes sont

partagées, d'autres non; leur validité est liée à un contexte donné (e.g. phase d'une intervention). Les modes d'intervention, d'organisation, ou de communication pourront ainsi évoluer au fil du temps, et des conflits survenir, en raison de la méconnaissance de tel système de norme, supposé approprié ou partagé au sein des différents acteurs.

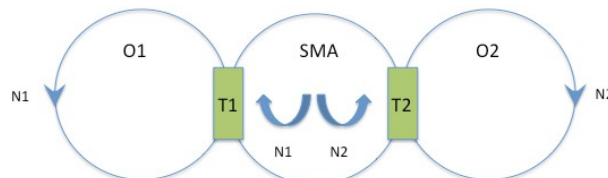


Figure 1 : Rôle et place du système à concevoir : O1, O2 organisations humaines; N1, N2 leurs normes d'intervention, T1, T2 tables tangibles ; SMA, système multi-agent.

Le rôle du système de simulation participative est illustré figure 1 : étant donné deux organisations O1 et O2, travaillant selon des normes N1 et N2, autour de 2 tables tangibles distribuées T1 et T2, il intervient pour simuler la situation de crise, offrir des possibilités de production, d'organisation et de communication, et révéler des incohérences ou conflits entre ces actions et les systèmes de normes dont elles découlent. Deux types de situations peuvent se présenter : l'action engagée par O1 ne respecte pas les normes attendues N1 (« la CL informe le maire du manque de personnel ») ; l'action engagée par O1 est cohérente vis-à-vis de N1 mais source d'incompréhension ou de conflit pour O2 et les normes N2 (« le supermarché n'est plus accessible en raison des opérations de sécurisation effectuées par la police »). Le rôle du système multi-agent, qui dispose d'une représentation des systèmes de normes N1 et N2, est de mettre en lumière ces conflits par des feedbacks appropriés, laissant aux intervenants le choix de décider d'une solution. La cohérence globale du système de normes sera donc ajustée au fil des interactions, de manière décentralisée et participative.

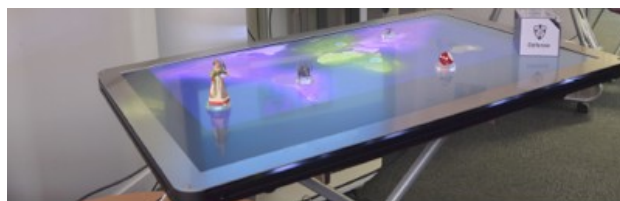


Figure 2: Vue de la table TangiSense, avec divers objets tangibles et des retours virtuels.

## 2.4 Rôle des modalités tangible/virtuel

Le contexte d'interaction est celui de la table TangiSense [Kubicki et al., 2012], une « rétine magnétique » capable de détecter et localiser des objets tangibles équipés de tags RFID (figure 2). Sa résolution spatiale et temporelle la rend compatible avec les contraintes du temps réel. La surface de la table est équipée d'un écran LCD permettant l'affichage virtuel de simulations complexes et le suivi temps réel de l'activité distante, mais également la

transmission de diverses informations, comme par exemple la conformité d'une manipulation.

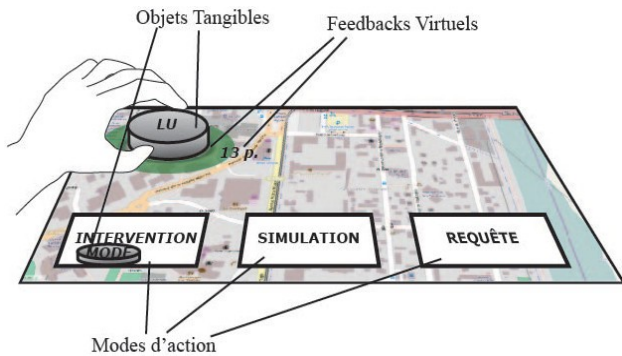


Figure 3: Vue de la table TangiSense: zones correspondant aux modes d'action, objets tangibles et retours virtuels

Comme proposé dans la section 2.3, nous distinguons entre plusieurs sphères d'activité. L'activité de production (mise en place de barrières pour sécuriser les accès...) implique la manipulation d'objets tangibles. Les activités d'organisation (mise en place des cellules et de leurs missions), de coordination (passage de la phase de pré-alerte à la phase d'urgence) et de communication s'effectueront via des objets dédiés appelés tangigets [Lepreux et al., 2012] qui permettent de formaliser ces actes conversationnels entre acteurs humains. Afin de compléter les possibilités de dialogue offertes par la table, nous délimitons sur celle-ci plusieurs zones (figure 3) : outre la zone de travail proprement dite, des zones de configuration permettent de placer la table en mode *intervention*, *simulation* ou *requête*. Le mode *simulation* permet de préparer une action en mode off-line, sans que ses effets soient pris en compte ; en mode *requête*, tout placement d'objet tangible est interprété comme tel (e.g. le placement d'une barrière sera interprété comme une demande d'information les concernant). Des conflits de normes pourront être signalés en mode requête par l'utilisation d'un tangiget dédié. La modalité virtuelle se décline selon 2 modes : pour l'émetteur d'une action, elle constitue un accusé de réception et porte un retour sur la conformité de l'action effectuée vis-à-vis des normes en cours; pour le récepteur, elle permet de transcrire l'action à distance, mais aussi de la signer en l'accompagnant des normes qui justifient et motivent sa mise en œuvre.

### 3 Modélisation proposée

#### 3.1 Approche

Selon la démarche CLOVER [Laurillau et al., 2002], nous modélisons la collaboration via la table *TangiSense* comme un processus couplant des espaces de production, de coordination et de communication. La conception du système de simulation s'appuie sur l'approche de programmation multi-agent JaCaMo [Boissier et al, 2013]: chacun de ces espaces y est modélisé comme une organisation multi-agent constituée d'agents

interagissant dans un environnement partagé sous la régulation d'une organisation normative. Nous distinguons donc (figure 4) : des agents et des normes de production, chargés de la prise en compte des interventions effectuées par les acteurs humains (déploiement de barrières sur une route par exemple) ; des agents et des normes de coordination, chargés de la prise en compte des activités d'organisation et de planification (ce qui inclut la prise en charge de l'évolution des normes, au fil des phases de l'intervention ou de l'évolution d'un sinistre par exemple) ; des agents et des normes de communication, chargés de la prise en charge des activités d'information (envoi de points d'information, transmission de feedback virtuels par exemple). Les agents sont situés au sein d'un environnement partagé et communiquent via une trace multidimensionnelle reflétant les actions effectuées par les différents acteurs et leur relation (conformité, violation...) au système normatif qui les concerne.

Les acteurs humains agissent et communiquent via le dispositif tangible et ses feedback virtuels. Deux sortes de feedback virtuels sont distingués : les feedbacks permettant de rendre compte de l'activité à distance, les feedbacks permettant de la situer par rapport au système de normes qui l'encadre. Ces derniers jouent un rôle incitatif en ce qui concerne la compréhension et le partage de normes. La communication entre les agents et les tables tangibles s'effectue via des échanges d'événements avec des artefacts (au sens de la plateforme JaCaMo).

Le rôle du système multi-agent est d'émuler les systèmes de normes propres aux organisations humaines et à leur interaction via le dispositif tangible, et d'analyser et de rendre compte de leur activité, vis-à-vis de ces normes, afin de produire des feedbacks favorisant la conscience mutuelle (partage des normes) des divers intervenants.

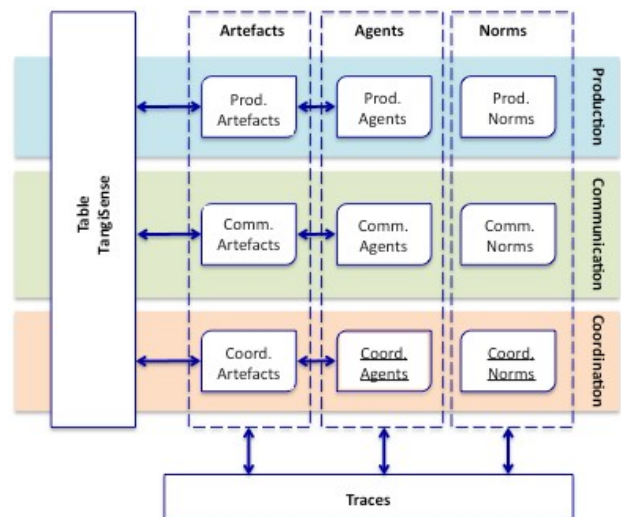


Figure 4: Vue fonctionnelle de l'architecture proposée

#### 3.2 Modélisation formelle

Selon l'approche JaCaMo, le système  $S$  est constitué de 4 entités : l'environnement  $E$ , les agents autonomes  $A$ ,

les organisations normatives  $O$  et les patterns d'interaction  $I$ .

$$S = \langle E, A, O, I \rangle \quad (1)$$

Comme présenté en 3.1, pour tenir compte du contexte particulier de la collaboration homme-machine, ces entités sont structurées selon les 3 dimensions de production, coordination et communication.

**Environnement:** Les agents œuvrent au sein d'un environnement  $E$  constitué des artefacts médiant l'interaction entre les acteurs humains et les agents, via la table Tangi-Sense, et de la trace numérique *Traces*. Nous distinguons 3 sortes d'artefacts (figure 4), de production, de coordination et de communication :

$$E = \langle Art_{pro}, Art_{coo}, Art_{com}, Traces \rangle \quad (2)$$

La trace représente l'ensemble des actions effectuées par les acteurs humains et les agents, dans les 3 espaces de production, coordination et communication, ainsi que leur conformité vis-à-vis des ensembles de normes. Un élément de trace *tri* dans *Traces* est représenté comme un tuple de paires (*propriété*, *valeur*) dont les propriétés sont typées en termes de conformité et de droit d'accès :

$$\begin{aligned} \forall trace_i \in Traces \quad trace_i &= \{(p_j, v_j), j \in N\} \text{ avec} \\ p &= \langle nom : \text{conformité} : \text{accès} \rangle \\ \text{conformité} &\in \{\text{valide}, \text{invalide}\} \\ \text{accès} &\in \{\text{type}, \text{groupe}, \text{rôle}\} \\ \text{type} &\in \{\text{production}, \text{communication}, \text{coordination}\} \end{aligned} \quad (3)$$

Le champ *accès* permet de restreindre l'accès à la propriété  $p$  aux agents d'un type, d'un groupe et d'un rôle donnés. Par défaut, toute trace nouvellement créée est définie comme non conforme et d'accès restreint au groupe local à une table.

**Agents:** Les agents  $a_i$  dans  $A$  sont des entités logicielles autonomes capables d'effectuer des tâches en lien avec leurs objectifs : extraction et fusion d'informations pour le calcul des contextes, raisonnement pour l'analyse de conformité des actions et des normes. L'objectif à terme est de renforcer le caractère autonome des agents et d'utiliser pleinement leurs compétences pour assister les humains en assurant la vérification des normes et la détection de conflits dans leur exécution et proposer des changements de normes (adaptation de normes existantes ou fusion de normes en particulier). Nous distinguons trois types d'agents (production  $A_{pro}$ , coordination  $A_{coo}$ , communication  $A_{com}$ ) définis par :

$$\forall a_i \in A = A_{pro} \cup A_{coo} \cup A_{com}, a_i = \langle P, G, Ac, L, Gr, R \rangle \quad (4)$$

où  $P$ ,  $G$  et  $Ac$  sont l'ensemble des propriétés, buts, et actions de  $a_i$ ,  $L$  l'ensemble des plans spécifiant les actions que  $a_i$  doit effectuer pour atteindre ses buts,  $Gr$  l'ensemble des groupes dans  $O$  auquel  $a_i$  appartient,  $R$  l'en-

semble des rôles attribués à  $a_i$ .

**Organisations:**  $O$  désigne les organisations normatives existant dans  $S$ . Nous distinguons trois types d'organisations (production  $o_{pro}$ , coordination  $o_{coo}$ , communication  $o_{com}$ ) définies par :

$$O = \{o_{pro}, o_{coo}, o_{com}\} \quad (5)$$

$$o_i = \langle OS, A, plays, commits, N \rangle \quad (6)$$

$$OS = \langle SS, FS, NS \rangle \quad (7)$$

$OS$  représente la spécification organisationnelle de  $o_i$ ,  $A$  est l'ensemble des agents appartenant à l'organisation  $o_i$ ,  $plays : OS.SS.rôle \rightarrow 2^A$  et  $commits : OS.FS.mission \rightarrow 2^A$  sont deux fonctions associant un rôle (resp. une mission) de la spécification structurelle  $SS$  (resp. fonctionnelle  $FS$ ) de  $OS$  aux agents, et  $N$  est l'ensemble des normes actives dans la spécification normative  $NS$  de  $OS$ . Ces définitions sont issues du méta-modèle MOISE [Hübner et al., 2007]. Les spécifications  $SS$ ,  $FS$ ,  $NS$  qui le composent ne sont pas reprises ici en détail. Elles permettent aux agents de comprendre et de raisonner sur la structure (rôles qu'ils peuvent adopter), le fonctionnement (missions qu'ils doivent engager, selon leurs rôles) et les normes (actions qu'ils peuvent, doivent et ne doivent pas entreprendre, selon leur rôle et leur mission). Les normes dans  $NS$  associent des rôles, des missions et des actions via des opérateurs déontiques (i.e permissions, obligations et interdictions). Elles s'expriment de la manière suivante :

$$\forall n_i \in NS, n_i = \langle c-act, c-dec, groupe, rôle, dm, objet \rangle \quad (8)$$

Le champ *c-act* (resp *c-dec*) détermine les conditions d'activation de la norme (resp de déclenchement de l'action portée par la norme). Ces champs permettent d'intégrer aux normes les dimensions clés, en gestion de crise, de temporalité (phase, enchaînement de phases) et de spatialité (emplacement des établissements, zone spécifique). Les champs *groupe* et *rôle* délimitent les agents auxquelles s'applique la norme. Le champ *dm* spécifie la modalité déontique d'application de la norme. Le champ *objet* spécifie l'action qui caractérise la norme. On distingue les normes de production, de coordination et de communication.

**Interactions :** Les interactions entre les agents, les artefacts et la trace sont régies par des protocoles particuliers qui ne sont pas abordés dans cet article. Celles-ci sont notamment régies de manière à pouvoir construire un réseau de tables tangibles dynamiquement.

## 4 Exemple d'application

Nous présentons deux exemples d'application illustrant l'articulation entre les différentes entités de l'architecture, extraits du scénario plus global présenté dans la section 2.2. Le premier exemple traite de conflits de normes au niveau d'une seule table, qui découlent non pas d'actions distantes réalisées par d'autres acteurs mais d'une évolution du sinistre, et donc des règles qui encadrent l'intervention. Il met en jeu les sphères de production et de communication. Le deuxième exemple traite d'inter-

actions distantes entre acteurs appartenant à des organisations différentes. Il illustre comment une activité distante peut modifier la validité d'une mission et susciter des incohérences. Il met en jeu la sphère de coordination.

**Scénario 1 :** Nous faisons l'hypothèse que la table T1 est utilisée par le PCC (la commune), en mode *intervention*, dans une phase *préventive*. L'objectif du PCC est de mettre en place la cellule logistique (CL) et de lui donner une mission d'évacuation sur une zone donnée.

1) Le PCC désigne une *zone A* (qui contient *NbHab* habitations) sur la table avec un tangiget de désignation, puis y place le tangible *CL*. Des bulles virtuelles permettent d'assigner au CL la mission *évacuation*. En faisant pivoter le tangible, le nombre *Effectif* des membres de la cellule est sélectionné. La norme formalisée par la norme *Nprod\_CLevac* (cf Tableau 2), spécifie que *NbHab/Effectif* doit être supérieur à  $\alpha$  pour une mission d'évacuation réalisée par la CL. La Trace *T1-Tr1* sur la table T1 est alors définie comme indiqué en (1) dans le Tableau 1. Cette mise à jour induit l'activation d'un agent de production, qui œuvre dans le contexte de la norme de production *Nprod\_CLevac* et qualifie cette action de *valide* et sa portée de *global*. La trace est modifiée comme indiqué en ligne 2 du Tableau 1. Cette modification entraîne l'activation d'un agent de communication qui œuvre en contexte de la norme de communication *Ncom\_valide*, et transmet un feedback local *vert* et un feedback *global*.

2) Face à l'évolution du sinistre, le PCC augmente les contours de la zone à évacuer via le tangiget de désignation. La trace est modifiée pour tenir compte de cette évolution (non représenté), et un agent de production activé pour analyser la conformité de cette action. Le ratio *NbHab/Effectif* devenant inférieur à  $\alpha$ , la norme *Nprod\_CLevac* est violée et la trace porte dorénavant une action qualifiée de *invalide*, et de portée *local*, comme précisé en ligne 3 du Tableau 2. Il s'ensuit un feedback de couleur appropriée (*rouge*), vers l'acteur initiateur de cette action.

Tableau 1 : Exemples de traces – vue partielle (scénario 1)

t	Explication de la trace
1	T1-Tr1=((Phase, préventive), ((MissionCL (T1, PCC, Zone(NbHab), Effectif) :null : local), évacuation), ...)
2	T1-Tr1=((Phase, préventive), ((MissionCL(T1, PCC, Zone(NbHab), Effectif) :valide : global), évacuation), ...)
3	T1-Tr1=((Phase, préventive), ((MissionCL(T1, PCC, Zone(NbHab), Effectif) : invalide : local ), évacuation), ...)

Tableau 2 : Exemples de normes (scénario 1)

Nom	Définition informelle
Nprod_CLevac	[En phase préventive, si $NbHab/Effectif > \alpha$ , le PCC peut envoyer la CL en mission d'évacuation]
Ncom_valide	[Pour toute phase, si la conformité de l'action est <i>valide</i> , Acom doit émettre feedback local <i>vert</i> et feedback virtuel à distance].
Ncom_invalide	[Pour toute phase, si la conformité de l'action est <i>invalide</i> , Acom doit émettre feedback local <i>rouge</i> sans feedback virtuel à distance]

**Scénario 2 :** Les tables T1 et T2 sont utilisées par le PCC

et par le SDIS (pompiers) en mode *intervention*, dans une phase *préventive*.

1) Le PCC sur T1 lance une évacuation par la CL d'un quartier au sein de la zone B. La norme *Nprod\_CLevac* est vérifiée. L'agent de communication est donc activé sous la norme *Ncom\_valide*. Il en résulte un feedback *vert* sur T1 et une transmission sur T2 de la zone en phase d'être évacuée par la CL. La trace *T1-Tr1* sur T1 s'écrit comme précisé en ligne 1 dans le Tableau 3.

2) Alors que la CL n'est pas encore arrivée sur les lieux, le préfet définit la *zone B* comme zone d'*urgence*, en raison de l'évolution du sinistre. Il place à cet effet un tangiget de coordination, ce qui conduit à une modification de la trace, comme indiqué en ligne 2 du Tableau 3. Un agent de coordination est dès lors activé, en contexte de la norme *Ncoord\_urgence* (Table 4). Son rôle est la mise en place de nouvelles normes (*Nprod\_pompevac* et *Nprod\_CLraviv*) et la désactivation des normes précédentes. Les missions actuelles du CL ne sont plus valides, et l'on se trouve face à un problème de maintien de la cohérence. La résolution de ces conflits est laissée à la charge des acteurs humains, et des feedbacks appropriés mis en place : affichage sur les deux tables de la modification de phase (de *préventive* à *urgence*), affichage sur la table T1 d'un feedback *rouge* indiquant la non-validité de l'affectation actuelle du CL.

Tableau 3 : Exemples de traces – vue partielle (scénario 2)

	Explication de la trace
1	T1-Tr1=((Phase, préventive), (MissionCL (T1, PCC, Quartier(NbHab), Effectif) :valide :global ), évacuation), ...)
2	T1-Tr1=((Phase, urgence), (MissionCL (T1, PCC, Quartier(NbHab), Effectif) :invalide :local ), évacuation), ...)

Tableau 4 : Exemples de normes (scénario 2)

Nom	Définition informelle
Ncoord_urgence	[Si passage d'une zone en phase d'urgence, Acoo doit déployer normes <i>Nprod_pompevac</i> et <i>Nprod_CLraviv</i> et stopper les actions préventives]
Nprod_pompevac	[En phase d'urgence, Le SDIS doit envoyer les pompiers en mission d'évacuation]
Nprod_CLraviv	[En phase d'urgence, le PCC doit envoyer la CL en mission de ravitaillement]

## 5 Discussion - Conclusion

La gestion de crises suscite des enjeux grandissants [Newkirk, 2001]. Elle implique des acteurs dont les connaissances sont réparties dans le temps et dans l'espace [Oomes, 2004], qui doivent coopérer et se coordonner alors que leurs buts locaux peuvent diverger [Durand, 1999]. La réponse des services d'intervention doit être clairement coordonnée et tenir compte des types de ressources accessibles et partageables, des niveaux d'expertise et des compétences de chacun [Dugdale et al., 2010]. Les dispositifs actuels se limitent souvent à de simples outils de communication (e.g. Goole Wave ou Wiki) répondant à des contextes clairement définis et fortement encadrés. Leur adaptation à la gestion de crises [Rüppel

et al., 2007] n'est possible que pour des routines d'urgence bien circonscrites et ne tolérant pas d'exceptions [Franke et al., 2010].

L'environnement collaboratif ne doit pas intervenir sous la forme de directives contraignantes. Les modes de travail informels, opportunistes, permis par les dispositifs tangibles doivent être privilégiés [Gutwin et al., 2008] : ceci implique un recours accru aux capacités humaines de coordination, et l'exploitation d'objets concrets porteurs d'affordances, la communication s'incarnant dans les objets de l'espace de travail [Shaer et al., 2010]. C'est l'option que nous avons retenue, par la conception d'objets tangibles dédiés (tangigets) outillant la coordination et par la mise au point de retours visuels informés situant l'action au sens de normes qui peuvent être mal connues ou non partagées [Garbay et al., 2012]. Nous faisons ainsi l'hypothèse qu'une activité de collaboration constructive implique non seulement la perception des activités d'autrui mais plus encore l'appropriation de ses normes de décision et de comportement [Bourguin et al., 2001]. Dans ce contexte, la plateforme de soutien à l'activité collaborative est conçue comme un système multi-agent, selon une perspective distribuée particulièrement adaptée au suivi de fils d'activités indépendants sur des tables distantes. Les travaux s'appuient sur les systèmes multi-agents normatifs [Boella et al., 2006, Boissier et al., 2011] qui permettent d'aborder la collaboration entre agents autonomes comme un paradigme social : les normes y sont introduites de manière déclarative et dynamique, afin de suivre les évolutions du contexte. Cette approche est reconnue comme une approche privilégiée pour la conception de systèmes sûrs et tolérants, capables d'œuvrer au sein d'environnements socio-techniques gouvernés par des règles issues d'univers hétérogènes [Pitt, 2011]. La conception s'appuie enfin sur la théorie des traces, une théorie proposée pour représenter, partager et visualiser l'expérience humaine au cours de son interaction avec des plateformes numériques [Djouad et al., 2010] : la manipulation d'objets tangibles est source de traces numériques exploitées par les agents pour modéliser l'activité et la communiquer.

Le travail présenté dans cet article est très préliminaire. Il vise une nouvelle approche pour la conception de systèmes multi-agents de simulation participative où le couplage entre interaction tangible et modélisation normative permet de soutenir une action située (ancrée dans le contexte local et distant), conforme (respectant un ensemble de normes partagées) et lisible (accompagnée de signes permettant de réduire les efforts d'intercompréhension).

## Remerciements

Travail soutenu par l'ANR, contrat IMAGIT (ANR-10-CORD-0017) et l'ARC 6 Région Rhône-Alpes (ARC-13-009716-01). Nous tenons également à remercier la collaboration des personnes de l'IRMa (Institut des Risques Majeurs de Grenoble).

## Bibliographie

G. Boella and L. van der Torre. Introduction to normative mul-

- tiagent systems. In *Computational and Mathematical Organization Theory*, volume 12, pp. 71-79, 2006.
- O. Boissier, F. Balbo, and F. Badeig. Controlling multi-party interaction within normative multi-agent organisations. In *Coordination, Organization, Institutions and Norms in Agent Systems VI (LNAI 6541)*. Springer-Verlag, 2011.
- O. Boissier, R.H. Bordini, J.F. Hübner, J.F., A. Ricci and A. Santi, Multi-agent oriented programming with JaCaMo. *Sci. Comput. Program.* 78(6): 747-761, 2013.
- G. Bourguin, A. Derycke, and J.C. Tarby. Beyond the interface: co-evolution inside interactive systems \_ a proposal founded on activity theory. In *IHM-HCI 2001 conference, People and computer XV - Interactions without Frontiers*, pp. 297-310. Springer Verlag, 2001.
- T. Djouad, A. Mille, C. Reffay, and M. Benmohammed. A new approach based on modelled traces to compute collaborative and individual indicators human interaction. In *ICALT'2010*, pp. 53-54, 2010.
- J. Dugdale, N. Bellamine-Ben Saoud, B. Pavard and N. Pallamin. Simulation and Emergency Management. In *Information Systems for Emergency Management. Series: Advances in Management Information Systems*. (B. Van de Walle, M. Turoff & S.R. Hiltz, eds). 2010.
- S. Durand. Représentation des points de vues multiples dans une situation d'urgence : une modélisation par organisations d'agents. PhD thesis, Université du Havre, 1999.
- J. Franke and F. Charoy. Design of a collaborative disaster response process management system. In *9th International conference on the design of Cooperative Systems*, 2010.
- C. Garbay, F. Badeig and J. Caelen. Normative multi-agent approach to support collaborative work in distributed tangible environments. *CSCW (Companion)* pp. 83-86, 2012
- C. Gutwin, S. Greenberg, R. Blum, J. Dyck, K. Tee, and G. Mc-Ewan. Supporting informal collaboration in shared-work-space groupware. *Universal Computer Science*, 9(14), 2008.
- F. Hübner, J.S. Sichman and O. Boissier: Developing organised multiagent systems using the MOISE. *IJAOSSE* 1(3/4): 370-395, 2007.
- J.S. Kubicki, S. Lepreux and C. Kolski, RFID-driven situation awareness on TangiSense, a table interacting with tangible objects. *Personal and Ubiquitous Computing* 16(8): 1079-1094, 2012
- Y. Laurillau and L. Nigay, Clover architecture for groupware. In *CSCW*, pp 236-245, 2002
- S. Lepreux, S. Kubicki, C. Kolski and J. Caelen, From Centralized Interactive Tabletops to Distributed Surfaces: The Tangiget Concept. *Int. J. Hum. Comput. Interaction* 28(11): 709-721, 2012.
- R. T. Newkirk. The increasing cost of disaster in developed countries : A challenge to local planning and government. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 9(3):159-170, 2001.
- A.H.J. Oomes, Organization awareness in crisis management. In *International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM)*, 2004.
- J. Pitt, Norms for dependable systems, In *Pervasive Adaptation: The Next Generation Pervasive Computing Research Agenda*, chap. 5, pp. 55-56, 2011
- U. Ruppel and A. Wagenknecht, Improving emergency management by formal dynamic process-modelling. In *24th conf. on Information Technology in Construction*, 2007.
- O. Shaer and E. Hornecker. Tangible user interfaces: Past, present and future directions. In *HCI*, pp. 1- 138, 2010.