

# Vers une intégration des facteurs physiologiques, de personnalité et d'émotion dans les agents cognitifs

Hazaël JONES , Julien SAUNIER, Domitile LOURDEAUX

Laboratoire Heudiasyc  
UMR CNRS 6599

Université Technologique de Compiègne

hazael.jones@utc.fr et <http://www.hds.utc.fr/~joneshaz/>  
jsaunier@utc.fr et <http://www.hds.utc.fr/~jsaunier/>  
dlourdea@hds.utc.fr et <http://www.hds.utc.fr/~dlourdea/>

**Résumé** : La problématique de la sécurité globale est toujours plus prégnante dans le monde actuel. En particulier, l'hypothèse terroriste amène les pouvoirs publics à rechercher des outils leur permettant de s'entraîner face aux crises de grande ampleur.

Dans ce cadre, la simulation permet aux acteurs de la gestion de crise de visualiser les effets de leurs réponses. Cette simulation doit rendre compte de situations à la fois individuelles et collectives crédibles à des fins pédagogiques, et proposer pour ce faire des humains virtuels doués de personnalités et d'émotions. Dans cet article, nous proposons une extension de l'architecture BDI permettant la prise en compte des facteurs physiologiques, de personnalité et d'émotion. Ensuite, nous montrons comment cette nouvelle architecture permet de simuler des phénomènes complexes.

**Mots-clés** : BDI, Personnalité, Emotions, Systèmes multi-agents, Réalité virtuelle, Connaissances

## 1 Introduction

Depuis le 11 septembre 2001, l'hypothèse de devoir affronter et gérer des crises de plus en plus sévères est sortie du domaine du fantasme populaire pour devenir une menace réelle et permanente. Dans ce cadre, les plans de réponses sont multi-institutionnels, c'est-à-dire qu'ils mettent en jeu tous les acteurs de sécurité publique et/ou militaires.

Une difficulté majeure concerne les risques Nucléaires, Radiologiques, Bactériologiques et Chimique (NRBC) : les exercices réalisés en grandeur nature manquent de crédibilité, et -heureusement !- très peu de retour d'expérience sont disponibles, la seule crise impliquant un grand nombre de victimes étant les attaques au gaz sarin du métro de Tokyo. De ce fait, l'entraînement des acteurs de la sécurité publique (sapeurs-pompiers,

SAMU, police, gendarmerie) est un défi majeur. La piste explorée au sein du projet SAGECE (Simulation pour l'Amélioration de la Gestion de Crise) est de simuler une crise de type NRBC au sein d'un environnement de réalité virtuelle.

Les entraînés font partie de la chaîne de commandement des secours. Les acteurs du secours non joués par des humains, ainsi que les personnes impliquées, sont des personnages virtuels (agents) autonomes représentés dans un environnement de réalité virtuelle. La participation de notre équipe dans le projet concerne la simulation de comportements pour ces agents autonomes. En contexte de crise, les impliqués, tout comme les intervenants, n'agissent pas nécessairement de la meilleure manière possible. Une difficulté est alors d'obtenir des comportements crédibles prenant en compte la personnalité, les émotions, et les critères physiques. Cette difficulté est d'autant plus grande que les comportements de groupes ne sont pas une simple agrégation de comportements unitaires, mais au contraire des comportements qui émergent des interactions entre agents et de leurs caractéristiques, par exemple de l'empathie. Il existe de nombreux travaux en psychologie sur les notions de personnalité et d'émotion (voir par exemple (Le Bon, 1895; Milgram, 1974)), mais la traduction de ces modèles en architecture d'agent calculable n'est pas réalisable directement, faute de spécification suffisante (Silverman *et al.*, 2006).

Dans le cadre du projet SAGECE, de nombreux personnages doivent interagir au sein de la simulation : les intervenants, qui possèdent des procédures de gestion de crise (pompiers, samu, police, etc.) et un nombre important d'impliqués (victimes, témoins, passants), soit au maximum 5000 individus en début de simulation. Nous avons choisi une approche de type Système Multi-Agents (SMA), qui permet de modéliser des agents autonomes capables de réagir de manière cohérente aux changements locaux de leur environnement de manière décentralisée.

Dans le cadre de la simulation de comportement, les perceptions de l'agent peuvent être modulées en fonction de critères physiques (faim, fatigue, etc.), de sa personnalité (curiosité, empathie, etc.) et de ses émotions (peur, colère, etc.). D'un point de vue global, c'est tout le processus décisionnel qui est impacté par ces facteurs : perception, croyances, buts, sélection d'action.

Les personnages virtuels sont typiquement des agents cognitifs situés dans un environnement simulé. Pour obtenir un comportement intelligent crédible chez les agents, deux approches principales existent : mimer le fonctionnement cognitif humain (Slo-man, 2001), ou manipuler et composer un ensemble de comportements observés (Maes, 1991). La première approche se heurte à la complexité du processus modélisé, tandis que la seconde ignore les processus décisionnel ayant mené au choix des comportements. L'objectif de cet article est alors de proposer une architecture hybride qui simule à un haut niveau les interdépendances entre les facteurs entrant en jeu dans la décision comportementale. Celle-ci doit alors permettre, grâce à une modélisation au niveau des entités, d'obtenir des comportements individuels et collectifs cohérents avec les phénomènes simulés, en l'occurrence les crises et leur gestion.

Nous fondons notre approche sur une extension de l'architecture BDI. Les émotions modifient la façon dont les percepts sont traités, et peuvent influencer sur les buts et intentions des agents. Réciproquement, les actions et résultats des actions des agents modifient l'état émotionnel des agents. La personnalité d'un agent définit à la fois la dyna-

mique des émotions, ainsi que leurs effets. Une originalité de ce travail est de s'appuyer sur des modèles issus de la psychologie cognitive (langage de description d'activité issu d'études ergonomiques, modèle d'émotions et modèle de personnalité), et d'ensuite les interpréter automatiquement au sein des agents. Cette partie se fonde sur (Edward *et al.*, 2008), qui propose une méthode de mise en oeuvre de procédures par des personnages virtuels en environnement perturbé.

Dans cet article, nous faisons en section 2 un état de l'art relatif aux modèles cognitifs pour la simulation. En section 3, nous présentons une nouvelle architecture des agents et nous détaillons les différents modules la composant. Ensuite, nous montrons à l'aide de scénarios comment l'architecture répond aux besoins de la problématique en section 4, avant de conclure et de proposer quelques perspectives en section 5.

## **2 Architecture agent et émotions**

Il existe 4 architectures principales (Weiss, 1999) pour modéliser un agent : les agents logiques, les agents réactifs, les architectures à couches et les architectures BDI. Les agents logiques nécessitent une représentation du monde stable et déterministe, ce qui est incompatible avec la forte dynamique de l'environnement dans le cadre de notre projet. Les agents réactifs ne permettent pas d'expliquer les décisions des agents, ce qui est essentiel dans un objectif de formation. Enfin, les architectures à couches sont très générales mais manquent de clarté sémantique.

Dans le domaine des modèles cognitifs, l'architecture BDI (Rao & Georgeff, 1991; Haddadi & Sundermeyer, 1996) est très souvent utilisé pour sa représentation intuitive du raisonnement d'un agent, facilement décomposable en modules. Nous avons donc choisi de baser notre modèle sur cette architecture. Cependant le modèle original ne prend en compte les aspects émotionnels de la prise de décision. C'est à partir de ce constat que Jiang *et al.* ont développé l'architecture eBDI (Jiang *et al.*, 2007) qui introduit les notions d'émotions primaires et secondaires au sein d'une architecture BDI. Cependant, cette approche ne prend pas en compte la personnalité des agents.

En ce qui concerne la modélisation des émotions, les travaux de Gratch (Gratch & Marsella, 2004) proposent le modèle actuel le plus mature en ce qui concerne la représentation des émotions d'un agent. Cependant, il s'avère que ce formalisme complexe complètement dédié à la représentation des émotions est peu flexible et nécessite un paramétrage délicat de chacune des tâches. Il s'applique à des domaines où la modélisation individuelle d'émotions "fines" est primordiale (représentations d'expressions faciales, gestion de dialogues, ...), et où il y a peu d'agents. Dans notre cas, nous cherchons à rendre compte d'émotions à la fois individuelles et collectives. Silverman propose une architecture complète prenant en compte les émotions, les critères physiques et la personnalité d'un agent (Silverman *et al.*, 2006) de façon à tester et valider les différents modules indépendamment. En contrepartie, la séparation fonctionnelles des différents modules est fixée. Cette approche est complémentaire à la notre. D'une part, nous évaluons l'intégration des émotions, de la personnalité et de la physiologie à une architecture reconnue (BDI). D'autre part, nous explorons également la prise en compte de procédures "classiques" dans les décisions de l'agent.

L'IRISA utilise le mécanisme de perception visuelle des affordances (Gibson, 1979)

qui permet de percevoir ce qu'un objet fournit comme comportements possibles à l'individu. Les comportements sont gérés par des automates à états finis (Donikian & Rutten, 1995). Cependant les émotions et la personnalité ne sont pas prises en compte par ces modèles.

L'architecture agent DETT<sup>1</sup> (Parunak *et al.*, 2006) envisage de façon plus exhaustive (mais moins précise) le rapport entre personnalité et émotions. Elle est basée sur les propriétés du modèle OCC (Ortony *et al.*, 1988). En particulier, DETT définit la notion de *tendance*, laquelle se rapporte à la propension du personnage à ressentir et faire évoluer ses émotions au cours du temps. Cependant, deux limites nous amènent à étendre cette approche : DETT n'est pas explicatif (lien direct valeur de l'émotion → action), et ne modélise que deux émotions (peur et courage) en relations avec deux traits de personnalité (couardise et irritabilité).

### 3 Le modèle PEP → BDI

#### 3.1 Description globale du projet

La figure 1 illustre l'architecture générale de l'application. Les utilisateurs sont les entraînés, qui interagissent directement avec l'environnement virtuel.

L'environnement virtuel correspond à la représentation 3D de l'environnement virtuel, il est externe à notre modèle cognitif. Cependant, il est primordial que l'état global du monde reste cohérent avec sa représentation virtuelle durant tout le processus de simulation.

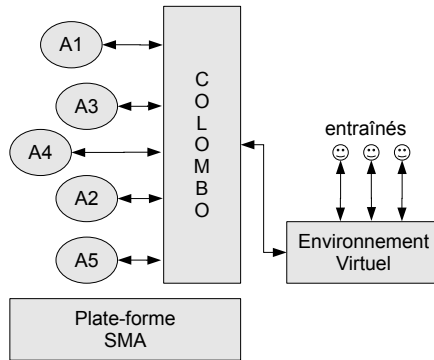


FIG. 1 – Architecture général du système cible

Le système multi-agents est composé d'une plate-forme SMA gérant le cycle de vie et les communications des agents, de COLOMBO, un module qui gère l'état du monde en interface entre les agents et l'environnement virtuel, et des agents eux-mêmes.

<sup>1</sup>Disposition, Emotion, Trigger, Tendency

L'état du monde peut être modifié aussi bien par les actions des agents que celles des utilisateurs. COLOMBO répercute les modifications sur l'environnement virtuel, et génère les perceptions des agents en fonction de l'état courant. Par ailleurs, ce module vérifie la faisabilité des actions des agents afin de préserver la cohérence du monde simulé. Les agents possèdent tous une architecture PEP → BDI (Personality-, Emotion- and Physiology-driven BDI).

### **3.2 L'architecture agent PEP → BDI**

L'architecture PEP→BDI est une extension du framework eBDI (Jiang *et al.*, 2007). L'objectif de ce modèle est de prendre en compte la personnalité et l'émotion d'un agent dans son processus décisionnel. Nous décrivons par la suite les différents composants de ce modèle que nous ne détaillons pas formellement.

La figure 2 montre l'architecture de notre modèle. Notre approche diffère des modèles BDI classiques par la prise en compte des émotions, de la personnalité et du physiologique. Le fonctionnement est le suivant : l'agent perçoit des informations sensorielles (vision, ouïe, odeur, douleur, ...) ou des messages. Il va alors générer des croyances candidates en se basant sur ses perceptions et ses croyances antérieures. En fonction de ces croyances, de son état physiologique et de sa personnalité, l'agent va mettre à jour ses émotions et réviser ses connaissances en fonction de ces nouveaux paramètres. Ensuite, on suit le cheminement usuel du modèle BDI : l'agent génère des désirs à partir de ses croyances. A partir des désirs, il sélectionne des intentions. Lorsque l'agent a mis à jour ses intentions, nous vérifions si ses émotions ont évolué. Si c'est le cas, le processus de décision est à nouveau exécuté. Enfin, l'agent sélectionne un plan d'action.

#### **Effets de la prise en compte des facteurs physiologiques**

Fonctionnellement, nous pouvons catégoriser les différents effets de la prise en compte des facteurs physiologiques, de personnalité et d'émotion :

- Perception : la personnalité et les émotions courantes modifient la façon dont les agents reçoivent leurs perceptions, soit par un filtrage *a priori* en ignorant des percepts, soit au contraire par une plus grande sensibilité aux signaux extérieurs.
- Evaluation des croyances : la personnalité et les émotions courantes permettent d'évaluer de façon différente les percepts par (1) leur crédibilité, qui dépend de la confiance et de la représentation des émotions des autres agents, et (2) leur pertinence dans le contexte.
- Evaluation des désirs : la personnalité, l'état physiologique peuvent amener à l'insertion d'objectifs particuliers. Par exemple, la faim implique la recherche de nourriture, et l'altruisme tend à générer un objectif d'aide des autres. Il est à noter que le processus n'est pas figé par des conditions de type "si ... alors...", mais modifie les opportunités des agents et les pondérations des priorités.
- Evaluation des intentions : en fonction des émotions et de l'état physiologique, l'agent sélectionne ses intentions en pondérant les différents objectifs et en vérifiant leur faisabilité en fonction de l'état physiologique.
- Evaluation et sélection des plans : le plan est créé en fonction des critères objectifs (planification classique) et subjectifs, prenant en compte les effets émotionnels en

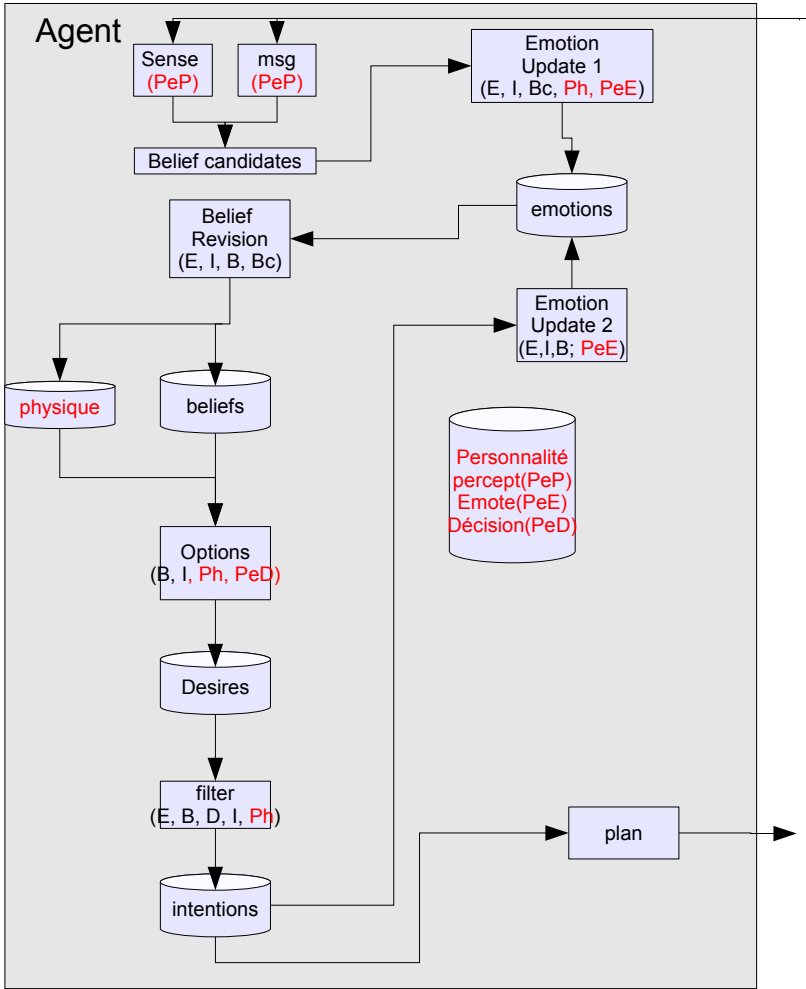


FIG. 2 – Architecture du modèle agent PEP→BDI

fonction de la personnalité des agents.

Ces effets sont non-exclusifs. En particulier, une situation de stress dépassé (Crocq, 1996) amène une victime à des comportements de type sidération ou fuite panique. Les mécanismes sous-jacents sont l'incapacité à traiter les stimuli et un dysfonctionnement du processus décisionnel.

## L'algorithme

Nous décrivons dans l'algorithme 1 les différentes étapes du cycle perception-action en pseudo-code. Les étapes 1 et 2 correspondent à l'initialisation de l'agent. La phase 3 correspond à la boucle du cycle de vie.

---

### Algorithm 1 Algorithme : cycle perception/action

---

Entrées :

$E_0$  les émotions initiales

$B_0$  les croyances initiales

$Pe = PeE \cup PeP \cup PeD$  la personnalité, avec  $PeE$  les tendances émotionnelles,

$PeP$  les tendances perceptives et  $PeD$  les tendances action

$Ph$  l'état physique

1-  $E \leftarrow E_0$

2-  $B \leftarrow B_0$

3- **Tant que vrai faire :**

4-  $B_c \leftarrow Sense(Env, PeP) \cup Msg(Env, PeP)$

5-  $E \leftarrow primary\_emotion\_update(E, I, B_c, Ph, PeE)$

6-  $B \leftarrow belief\_revision(B, E, I, B_c)$

7-  $Ph \leftarrow physical\_state\_revision(B, E, I, B_c)$

8-  $D \leftarrow options(B, I, Ph, PeD)$

9-  $I \leftarrow filter(E, B, D, I, Ph)$

10-  $E' \leftarrow E$

11-  $E \leftarrow secondary\_emotion\_update(E, I, B, PeE)$

12- **Si  $E' \neq E$  alors**

13-  $B \leftarrow belief\_revision(B, E, I, B_c)$

14-  $Ph \leftarrow physical\_state\_revision(B, E, I, B_c)$

15-  $D \leftarrow options(B, I, Ph, PeD)$

16-  $I \leftarrow filter(E, B, D, I, Ph)$

17-  $\pi \leftarrow plan(I, actions)$

18- exécuter  $\pi$

---

Ensuite, l'agent récupère les croyances candidates, messages et percepts (phase 4). Ces croyances candidates vont générer des émotions immédiates (5), et en fonction de son nouvel état émotionnel, l'agent va modifier ses croyances (6). Pour cela, il peut éliminer des percepts, par exemple s'il est obnubilé par un facteur de stress, où modifier l'importance d'un percept, s'il est empathique. Il est à noter que nous considérons les données physiques comme croyances (7) de façon à pouvoir modéliser les effets nocebo et placebo. La mise à jour des paramètres physiologiques correspond donc à une révision des croyances. Le choix des désirs et intentions (8-9) correspond aux fonctions BDI classiques, hormis la prise en compte de l'émotion et de la personnalité.

Une fois ses intentions choisies, l'agent met à nouveau à jour ses émotions (10-11). Cette seconde mise à jour est nécessaire car les émotions de l'agent peuvent changer en fonction des décisions qu'il a prises, par exemple si un objectif entre en contradiction avec ses émotions (fuir et sauver son enfant). S'il en a le temps (12), il réévalue alors

ses croyances, désirs et intentions en fonction de ses nouvelles émotions(13-16). Enfin, il planifie ses actions (17) et exécute son plan (18).

Les désirs et intentions sont des noeuds racines (hyperonymes) du modèle d'activité, tandis que les plans sont les chemins d'actions choisis pour les réaliser.

### 3.3 Les facteurs de la prise de décision

#### Le modèle d'activité

Notre modèle d'activité est décrit avec le langage Hawaii-DL (Human Activity and Work Analysis for sImulation-Description Language) (Burkhardt *et al.*, a paraître). Ce langage est basé sur le formalisme HTA<sup>2</sup> (Annett, 2003). Hawaii-DL permet de décomposer hiérarchiquement une tâche en sous tâche et de décrire l'ordonnancement temporel des sous-tâches avec des constructeurs (AND, OR, SEQ, SIMULT, ...). Il est possible de décrire la variabilité dans la réalisation des tâches en attribuant aux différentes tâches des préconditions (déclenchantes, nécessaires, favorables, ...) et des post-conditions (conditions d'arrêt, résultats attendus, effets, ...). La figure 3 montre un exemple de tâches correspondant à un modèle d'activité de secours.

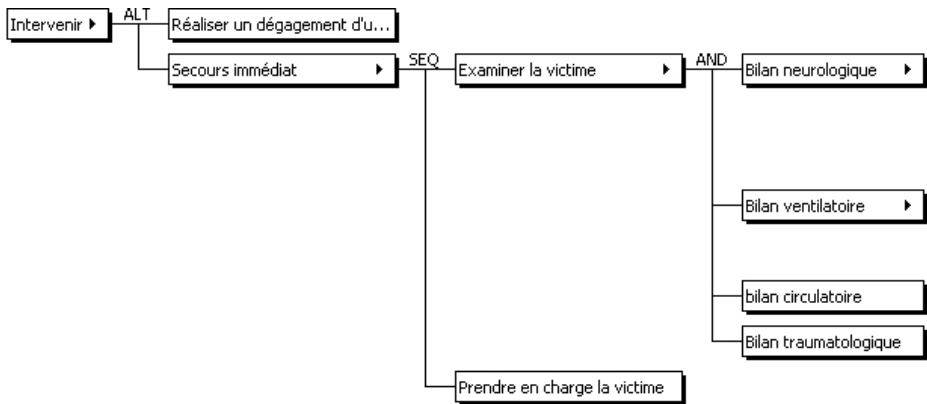


FIG. 3 – Modèle d'activité : secours

#### 3.3.1 Le modèle de personnalité

La personnalité d'un agent n'est pas évolutive au cours de la simulation. Elle est constituée d'un certain nombre de paramètres indiquant les traits de personnalité de l'agent. Il existe différents courants décrivant les différents traits de personnalité. Le plus connu est le big five (ou modèle OCEAN<sup>3</sup>) (McCrae & John, 1992). Dans le cadre de la gestion de crise, les agents évoluent sur une période de temps courte (quelques

<sup>2</sup>Hierarchical Task Analysis

<sup>3</sup>Openness, Conscientiousness, Extraversion, Agreeableness and Neuroticism



heures) où ne s'exprime que les éléments saillants du comportement, nous avons donc choisi de simplifier le modèle de personnalité aux traits qui influent directement la simulation.

Les traits de personnalité retenus dans ce projet sont résumés dans le tableau suivant, avec leurs principaux effets en terme de perception, physiologiques, d'évolution des émotions et de décision :

Personnalité	Perception	Physiologique	Emotion	Décision
Empathie	émotions des autres	sensible au placebo/nocebo	adoption des émotions	
Altruisme				comportements d'aide, prise en compte des effets sur les autres
Docilité	évaluation <i>a priori</i> favorable			suivisme
Curiosité				recherche active d'information
Prudence	évaluation attentive des risques			préférence des options moins risquées
Leadership				leader
Stressabilité		tendance au stress		
Courage			tendance à maîtriser sa peur	prise de risque
Nervosité		stress	colère	comportements violents
Lien affectif				protection et regroupement
Normativité			fierté/honte	tendance à suivre les normes

### 3.3.2 Le modèle d'émotions

Les émotions d'un agent évoluent en fonction de son environnement, ses actions, ses perceptions, son physique. Le modèle le plus utilisé est OCC (Ortony *et al.*, 1988), sur lequel nous fondons notre approche. Les émotions sont binaires, par exemple fierté et honte. Par souci de tractabilité et de pertinence pour la simulation de crise, nous avons écarté certaines émotions relatives aux objets (attrait/répulsion), ainsi que celles liées au devenir des autres agents (jubilation, désolé-pour). Les principales émotions retenues sont :

- peur/espoir : la peur joue un rôle important dans une situation de crise. La présence ou la perspective d'un danger agit sur la peur des agents, pouvant aller jusqu'à la peur panique. Cette émotion affecte les réactions et peut, par exemple, entraîner la fuite de l'agent.
- colère/gratitude : la colère est une réaction à une blessure, un manque ou une frustration. Dans le cas d'une attaque terroriste, les agents pourront ressentir cette émo-

tion s'ils estiment ne pas être correctement informé ou traité par les intervenants. Ce paramètre est important dans la formation de ceux-ci car ils doivent savoir gérer les réactions émotionnelles des impliqués afin d'éviter tout débordements.

- honte/fierté : Cette émotion est la version sociale de la culpabilité. La honte est un régulateur des relations sociales. Un agent concerné par cette émotion évitera les comportements trop excessifs (prise à partie des pompiers, cris, profiter de la situation pour voler des articles, ...).
- reproche/confiance : La confiance est une émotion secondaire dépendante de l'histoire émotionnel et des prédispositions de l'agent, qui influe sur sa docilité.

### 3.3.3 Les critères physiologiques

Les paramètres physiques sont les paramètres objectifs sur l'état des agents, qui peuvent diverger des croyances de l'agent sur son propre état. Ces paramètres sont :

- Stress : la tension nerveuse est un syndrome d'adaptation général. Il dépend (Silverman *et al.*, 2006) de la pression temporelle à laquelle l'agent est soumis, de sa fatigue effective, et des événements qui l'affectent positivement ou négativement<sup>4</sup>.
- Faim/soif : les personnages virtuels éprouvent des besoins qui peuvent impacter le déroulement des secours, en particulier l'obligation de mettre en oeuvre des distributions d'eau.
- Fatigue : tous les personnages peuvent ressentir de la fatigue, liée à leur activité et à leur niveau de stress. En particulier, les intervenants en tenue de protection sont particulièrement affectés par les conditions. Par exemple, il est considéré qu'un intervenant en tenue complètement étanche ne peut intervenir plus de 30 minutes.
- Température : en fonction des conditions météorologiques, il est ou non possible de faire patienter les victimes en lieu découvert, du fait des risques d'hypo ou d'hyperthermie.
- Blessure : les événements liés à l'attaque (feu), mais également aux mouvements de foule (panique), peuvent provoquer des blessures qui amèneront à (1) une mobilité plus ou moins réduite et (2) un besoin de prise en charge particulier.
- Contamination : les types d'attentat visés impliquent la présence de contaminants. A ce titre, la contamination peut être interne (substance inhalées ou avalées), ou externe (sur la peau ou sur les vêtements). En fonction du type de contamination et de sa gravité, il est possible de mettre à jour l'impact physique sur les agents.

C'est ce dernier critère qui peut présenter une distorsion et une plus grande difficulté pour les acteurs du secours, car la prise en charge de personnes véritablement contaminées est beaucoup plus complexe et demandeuse en ressource que celle des autres impliqués. La présence d'autres personnages porteurs de symptômes peut amener l'agent à croire qu'il est lui aussi contaminé, indépendamment de son état réel.

---

<sup>4</sup>Parallèlement aux émotions : un feu provoque à la fois la peur et une hausse du stress

## **4 Application aux situations de crise**

### **4.1 Situations de danger**

#### *Feu de moyenne ampleur*

Lorsqu'un feu se déclare dans un lieu public, il y a trois catégories de personnages impactés :

- Témoins directs : témoins ayant des éléments visuels, sonores et olfactifs de la scène du sinistre, pouvant évaluer la gravité
- Témoins indirects : témoins ne percevant qu'une partie des éléments, par exemple sonores, ayant connaissance d'un évènement mais pas de sa gravité
- Impliqués : personnages situés dans le même lieu mais n'ayant pas de perception de l'incident

Le déroulement est montré en figure 4. Les témoins directs ont conscience immédiatement de la gravité de l'évènement, et présentent un comportement centrifuge d'éloignement rapide de la source de danger. Parmi les témoins directs, un certain nombre de personnages peuvent être blessés par ce feu.

Les témoins indirects ne prennent pas immédiatement conscience du sinistre, mais la vision des témoins directs s'enfuyant de la scène leur permet de reconstituer une représentation du danger partielle qui corrobore les premiers éléments.

Enfin, les impliqués n'ont qu'une faible conscience de la situation, et ne voient que des indices indirects (alarme, témoins s'enfuyant).

Dans cet exemple, le modèle PEP→BDI permet de capturer les comportements individuels divergeant en fonction de la personnalité et de l'émotion des agents. En effet, un agent n'adopte un comportement de fuite que si sa perception du danger est importante, laquelle est impactée par le stress et la peur. Par ailleurs, il est important de noter que le niveau de stress est auto-entretenu par l'aspect collectif de la fuite. Les blessés peuvent, en fonction de leur état, ne pas pouvoir fuir ou avec une mobilité réduite. Les personnages ayant une personnalité altruiste auront tendance à aider les blessés s'ils en ont l'opportunité (proximité), tandis que les personnages ayant en plus une personnalité courageuse peuvent faire abstraction du risque qu'ils encourent pour porter secours.

#### *Fumée de poubelles*

Une majorité des témoins s'éloigne de quelques mètres du dégagement de fumée, jusqu'à une distance qu'ils estiment suffisante pour leur sécurité, puis s'arrêtent. Une minorité des témoins est curieux et s'approche de la source de la fumée. A partir du moment où un des curieux est impacté anormalement par la fumée toxique, les témoins qui s'étaient seulement éloignés fuient.

Dans ce cas, la personnalité de l'agent (curiosité) introduit un nouveau but dans le processus de décision, qui est d'identifier la source de la fumée. Ce but n'apparaît que pour les agents possédant ce trait.

La deuxième partie du scénario rejoint le premier, avec une augmentation rapide de la représentation du danger suite à l'observation des premiers effets.

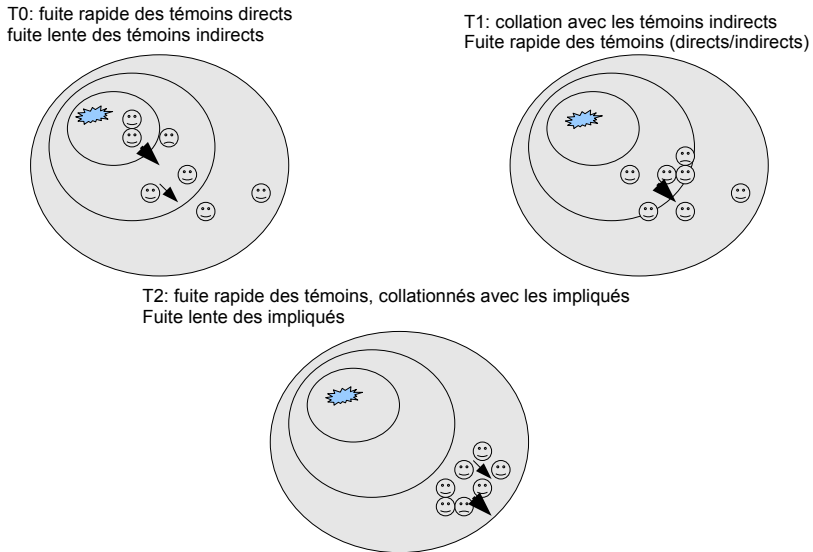


FIG. 4 – Evacuation après évènement

## 4.2 Empathie

L'empathie est une notion complexe désignant le mécanisme par lequel un individu peut comprendre les sentiments et les émotions d'une autre personne voire, dans un sens plus général, ses états mentaux non-émotionnels comme ses croyances.

Dans le cadre de ce projet, nous étudierons plus particulièrement la notion de *contagion émotionnelle*. La contagion émotionnelle est le transfert des émotions d'une personne émettrice vers une personne réceptrice. La différence avec l'empathie se situe dans la distance ressentie entre le sujet et l'objet de l'empathie, qui est nulle dans le cas de la contagion émotionnelle.

Chaque personnage est sensible et prendra en compte les émotions des autres personnages. Par exemple, le calcul de son niveau de stress dépend :

- De sa stressabilité
- De son évaluation du risque et de sa capacité à l'éviter
- Du stress des autres personnages

La proximité joue sur l'ampleur de l'effet. L'empathie joue de façon efficace de proche en proche, et est fortement dégressive. Chaque personnage étant sensible à ses accointances, lesdites accointances, verront également leur niveau de stress modifié par l'importance du stress dégagé par le personnage.

### *colère/émeute*

Une émeute peut surgir si les secours ne gèrent pas l'état émotionnel des victimes et impliqués. Dans le cadre d'une crise NRBC, les secours doivent regrouper, trier et décontaminer les victimes de l'attaque, ceci impliquant (1) la mise en présence d'un nombre important de personnes soumises à un stress important et (2) leur mise en attente le temps de traiter la file de victimes.

Un ou plusieurs éléments déclencheurs peuvent alors générer des comportements de révolte. En particulier, le manque d'information, la sensation d'une absence de maîtrise de la situation par les secours, ou l'absence de prise en charge du stress peuvent faire émerger un phénomène de rébellion individuel. Si il n'est pas pris en charge, la rébellion individuelle peut se transformer par contagion (grâce aux phénomènes de l'empathie) en situation d'émeute.

Cet exemple illustre la dimension collective des comportements. Les émotions sont les catalyseurs de la situation. Les agents sont plus ou moins impactés par les autres en fonction de leur personnalité (émotivité, mais également sociale : tendance à suivre les règles).

## **Remerciements**

Les auteurs tiennent à remercier l'ANR CSOSG qui finance le projet SAGECE ainsi que tous les partenaires du projet : SOGITEC, UTC/Heudiasyc/UMR 6599, CEA-LIST, ECI université Paris Descartes, EADS, ENSOSP, EMI/CRISE, IRSN et AREVA.

## **5 Conclusion**

Simuler les comportements humains, en particulier en contexte de crise, nécessite la prise en compte des facteurs physiologiques, de personnalité et d'émotion de façon à obtenir des comportements rendant compte des phénomènes réellement observés. Dans le cadre d'un système dédié à la formation, une contrainte s'ajoute, celle de l'explicabilité des comportements observés.

Pour cela, cet article montre un aperçu de l'architecture PEP→BDI et de ses spécificités. L'intégration de facteurs physiques, de personnalité et émotionnels au sein d'une même architecture permet d'améliorer les capacités d'expression de comportements complexes. Cette richesse se retrouve au niveau individuel, par l'intégration de ces critères à toutes les étapes de la décision, comme au niveau collectif, grâce aux mécanismes de type empathique.

Ce travail va continuer selon deux axes. Le premier est la construction d'une ontologie du monde et des activités en fonction de leurs impacts sur les émotions et la personnalité des agents. Le second est la validation des comportements simulés, tant au niveau des groupes que des individus, sur la base des retours des utilisateurs et des études réalisées en psychologie, afin d'améliorer et d'enrichir les comportements des agents. Pour cela, un travail important de calibration devra être effectué pour obtenir des comportements crédibles.

## Références

- ANNETT J. (2003). *The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction*. Mahwah, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates.
- BURKHARDT J., LOURDEAUX D., COUX S. & ROUILLÉ M. (à paraître). *Le traité de la réalité virtuelle*, volume 5 of *Collection sciences mathématiques et informatiques*, chapter La modélisation de l'activité finalisée. Les Presses de l'école des Mines de Paris, third edition edition.
- CROCQ L. (1996). La dimension psycho-sociale des catastrophes = psycho-social aspect of disasters. *Journal européen des urgences*, **9**(4), 137–142.
- DONIKIAN S. & RUTTEN É. (1995). Reactivity, concurrency, data-flow and hierarchical preemption for behavioural animation. In *Eurographics Workshop on Programming Paradigms in Graphics*, p. 137–153.
- EDWARD L., LOURDEAUX D., LENNE D., BARTHES J. & BURKHARDT J. (2008). Modelling autonomous virtual agent behaviours in a virtual environment for risk. *IJVR : International Journal of Virtual Reality*, **7**(3), 13–22.
- GIBSON J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Lawrence Erlbaum Associates.
- GRATCH J. & MARSELLA S. (2004). A domain-independent framework for modeling emotion. *Cognitive Systems Research*, **5**(4), 269 – 306.
- HADDADI A. & SUNDERMEYER K. (1996). Belief-desire-intention agent architectures. p. 169–185.
- JIANG H., VIDAL J. M. & HUHNS M. N. (2007). Ebdi : an architecture for emotional agents. In *AAMAS '07 : Proceedings of the 6th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, p. 1–3, New York, NY, USA : ACM.
- LE BON G. (1895). *The Crowd : A Study of the Popular Mind*.
- MAES P. (1991). The agent network architecture (ana). *SIGART Bull.*, **2**(4), 115–120.
- MCCRAE R. & JOHN O. (1992). An introduction to the five-factor model and its applications. *Journal of Personality*, **60**, 175–215.
- MILGRAM S. (1974). *Soumission à l'autorité*. Calmann-Lévy.
- ORTONY A., CLORE G. L. & COLLINS A. (1988). *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge University Press.
- PARUNAK H. V. D., BISSON R., BRUECKNER S., MATTHEWS R. & SAUTER J. (2006). A model of emotions for situated agents. In *AAMAS '06 : Proceedings of the fifth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, p. 993–995, New York, NY, USA : ACM.
- RAO A. S. & GEORGEFF M. P. (1991). Modeling rational agents within a BDI-architecture. In J. ALLEN, R. FIKES & E. SANDEWALL, Eds., *Proceedings of the 2nd International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR'91)*, p. 473–484 : Morgan Kaufmann publishers Inc. : San Mateo, CA, USA.
- SILVERMAN B. G., JOHNS M., CORNWELL J. & O'BRIEN K. (2006). Human behavior models for agents in simulators and games : Part i : Enabling science with pmfserv. *Presence*, **15**(2), 139 – 162.
- SLOMAN A. (2001). Beyond shallow models of emotion. In *Cognitive Processing : International Quarterly of Cognitive Science*, p. 177–198.
- WEISS G. (1999). *Multiagent systems : a modern approach to distributed artificial intelligence*. Cambridge, MA, USA : MIT Press.