

Démonstration: une modélisation de l'empathie et des effets placebo pour la simulation d'humains virtuels

Julien Saunier
jsaunier@utc.fr

Hazaël Jones
hazael.jones@utc.fr

Domitile Lourdeaux
dlourdea@hds.utc.fr

Laboratoire Heudiasyc
UMR CNRS 6599, Université de Technologie de Compiègne

Résumé

L'hypothèse terroriste amène les pouvoirs publics à rechercher des outils leur permettant de s'entraîner face aux crises de grande ampleur. Dans cet article, nous montrons comment, combinée avec la personnalité de l'agent et un raisonnement biaisé, l'empathie peut amener des agents à croire qu'ils sont contaminés. Les résultats de nos expérimentations montrent que ce mécanisme permet de faire émerger des comportements cohérents.

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

Abstract

Terrorist risks have lead the public security actors to develop training tools for major-scale crisis. In this article, we show how, combined with biased reasoning, favorable personality traits and situational factors, empathy can lead some agents to believe they are contaminated. The results of several experiments show that this mechanism enables consistent behaviors to emerge.

Keywords: BDI, Personality, Emotions, Multi-agent Systems, Virtual Reality

1 Introduction

L'hypothèse de devoir affronter et gérer des crises terroristes de plus en plus sévères est devenue une menace réelle. Une difficulté majeure concerne les risques Nucléaires, Radiologiques, Bactériologiques et Chimique (NRBC). L'entraînement des acteurs de la sécurité publique (sapeurs-pompiers, SAMU, police) 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.

L'objet de cet article est la partie sociale des agents. 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 (voir par exemple [4]). Dans le cadre de notre projet, nous nous intéressons plus particulièrement aux phénomènes d'empathie et d'effet placebo. L'empathie est la "faculté intuitive de se mettre à la place d'autrui, de percevoir ce qu'il ressent" (Larousse). Dans un contexte où les humains virtuels peuvent être contaminés, l'empathie peut mener à des effets nocebo : un agent peut croire qu'il est contaminé et/ou exprimer des symptômes physiques alors qu'il est sain.

En section 2, nous positionnons notre travail au niveau multi-agents. En section 3, nous donnons une brève vue d'ensemble de l'architecture. Ensuite, nous décrivons le mécanisme inter-agents d'empathie en section 4, et montrons comment il peut mener à des effets nocebo. En section 5, nous exposons le résultats de plusieurs expérimentations, avant de conclure et donner quelques perspectives en section 6.

2 Phénomènes sociaux

Des études du domaine de la psychologie telles que [1] mettent en lumière les dimensions individuelles et collectives des crises. Au niveau individuel, les désastres engendrent différents niveaux de stress. Symétriquement, au niveau collectif, les comportements peuvent être adaptés ou non. La conscience mutuelle [2] et l'empathie sont nécessaires pour qu'un comportement collectif distinct apparaisse [4]. L'empathie est le mécanisme de bas niveau qui permet aux agents de mutuellement percevoir leurs états émotionnels et physiques. A un niveau plus haut que l'affect, la conscience mutuelle implique une représentation symbolique des activités de l'autre.

Dans la communauté multi-agents, l'environnement a récemment été mis en avant en tant qu'abstraction de premier ordre [8] qui peut encapsuler une partie des responsabilités du système. Traditionnellement, le cycle de vie de

l'agent peut être géré par l'environnement. Il est également possible d'y adjoindre des mécanismes visant à faciliter l'interaction, par exemple [6]. Dans cet article, nous considérons la possibilité pour l'environnement de prendre en charge la tâche de propager une partie de l'état des agents. Suivant ce principe, l'agent est divisé en deux parties : son esprit et son corps [5]. L'esprit contient le processus de décision. Il s'agit de la partie autonome de l'agent. Le corps est quant à lui influencé par l'esprit, mais contrôlé par l'environnement. Le calcul généralement réalisé au sein de l'agent est délégué à l'environnement. L'architecture de l'agent est alors centrée sur la décision de haut niveau.

3 La propagation de l'état des agents et son influence

Les utilisateurs du système interagissent directement avec l'environnement virtuel, *i.e.* l'interface 3D. Le système multi-agents est composé d'une plate-forme SMA gérant le cycle de vie, les communications des agents et l'état du monde en interface entre les agents et l'environnement virtuel, et des agents eux-mêmes. L'état global du monde est synchronisé avec sa représentation virtuelle tout au long de la simulation.

3.1 L'empathie

Comme nous l'avons indiqué précédemment, l'empathie permet aux agents d'être impactés involontairement par l'état des autres agents. La proximité, qu'elle soit physique ou psychologique, est une condition nécessaire à la mise en place de l'empathie. La séparation fonctionnelle du corps et de l'esprit implique que l'agent a connaissance de son état physique et émotionnel, mais qu'il ne peut que l'influencer. En fait, ses émotions vont être mises à jour selon plusieurs mécanismes : (i) le processus de décision, il s'agit de l'impact émotionnel de connaissances symboliques ; (ii) la dynamique interne, les émotions et la physiologie évoluent en fonction du temps vers un équilibre ; et (iii) la dynamique externe, les émotions et la physiologie varient en fonction de stimuli et d'événements.

Dans cet article, nous décrivons les dynamiques internes et externes. La dynamique interne des émotions est calculée telle que $emotion = emotion \times emotion_tendency$. Le facteur $emotion_tendency$ est la tendance de l'agent à ressentir cette émotion, et ces tendances font partie de sa personnalité. Notons

que la même formule gère la dynamique interne du stress, qui est un critère physiologique.

La dynamique externe est gérée par le module de perception de l'environnement, de façon à donner la bonne information au(x) bon(s) agent(s). Concernant le mécanisme d'empathie en particulier, l'environnement met à jour régulièrement l'état de l'agent. Le gestionnaire d'empathie récupère l'état courant de l'agent. Il met à jour en fonction l'état du monde. L'état du monde contient les propriétés du corps de chaque agent. Ensuite, le gestionnaire d'empathie calcule les effets du phénomène d'empathie sur les voisins de l'agent en fonction de leur état précédent et de leur tendance à l'empathie. Finalement, l'environnement propage l'information dans le corps des agents.

La formule utilisée pour diffuser les émotions est $\sum \frac{1}{dist(orig,cible)} stress(orig) * t_e(cible)$ avec $dist(orig,cible)$ la distance entre l'origine et la cible, et t_e la tendance à l'empathie de la cible. Nous calculons de la même façon la propagation des deux émotions, la peur et la colère.

3.2 Placebo

Dans notre scénario, une partie des civils inhale et/ou touche des substances contaminantes. Ces civils développent rapidement des symptômes. Cependant, une partie de la population mime les réactions aux toxiques sans avoir été exposés. Quatre catégories de facteurs entrent en jeu dans l'effet nocebo : la personnalité, la physiologie, les émotions et les croyances.

La personnalité. Des études montrent que lors d'expériences cliniques, 30 à 40 % des patients sont placebo-répondants, mais que ce taux ne peut pas être corrélé de façon directe à un trait de personnalité particulier [3] qui indiquerait *a priori* si le patient est susceptible de l'être. Deux principaux facteurs de personnalités ont été identifiés : l'optimisme et l'empathie.

La physiologie. Même si l'optimisme et la tendance à l'empathie jouent un rôle dans la réponse aux effets nocebo, de plus grande importance sont les facteurs immédiats liés à la situation. Le premier de ces facteurs est le stress. La tension nerveuse est un syndrome d'adaptation général. Il dépend [7] de la pression temporelle à laquelle l'agent est soumis, de sa fatigue effective, et des événements qui l'affectent positivement ou négativement. En général, le stress suit la même courbe que les émotions. Les

autres facteurs entrant en compte font partie des croyances de l'agent.

Les croyances. Les nouvelles informations sont obtenues par la perception, par la communication ou en interrogeant son corps. Les émotions primaires sont une réaction directe à un percept. Par exemple, un agent percevant plusieurs agents suffoquant à proximité ressent de la peur. Dans notre modélisation, les émotions et la personnalité ont un impact sur la façon dont les nouvelles croyances sont interprétées. Les agents possèdent une représentation du risque. Ceci inclue les croyances de l'agent quant à la contamination des autres, et quant à sa propre contamination. L'agent présente des symptômes quand il s'est persuadé -de façon véridique ou erronée- de sa propre contamination.

Calcul. Ces facteurs augmentent ou diminuent la probabilité de l'agent d'être placebo-répondant, mais il n'y a pas de règle prédictive. Le calcul est réalisé lorsqu'un événement susceptible de causer l'effet placebo survient. Ces événements sont (i) une information ou rumeur à propos de la présence d'une substance contaminante, (ii) l'ajout d'une nouvelle croyance indiquant qu'un nouvel agent est contaminé, (iii) la prédiction de chance de survie passant en dessous d'un seuil minimal.

Les tendances aux émotions appartiennent à $[1 - t, 1 + t]$. Le calcul est le suivant : $seuil(contam(itself)) =$

$$\left(\sum \frac{1}{dist(itself, agent)} contam(agent) + stress \times pessimism \right) \times t_e \times p$$

avec p la probabilité d'être sujet au nocebo. Il s'agit d'un paramètre de la simulation.

Lorsqu'un événement déclenche ce calcul, un nombre aléatoire est généré et comparé avec ce seuil. si $seuil(contam(itself))$ est passé, alors l'agent croit qu'il est contaminé et commence à exhiber des symptômes semblables à ceux d'agents proches qui semblent contaminés. Ce faisant, il déclenche ce même calcul pour les agents à proximité tout en augmentant la probabilité pour que son résultat soit positif.

4 Expérimentations

Nous avons effectué les expérimentations en utilisant la plate-forme Madkit¹. Dans les simulations qui suivent, les agents sont placés pseudo-

aléatoirement dans un espace 2D. Plus le point est sombre, plus le stress de l'agent est élevé.

Empathie. La figure 1 montre l'évolution de la simulation durant une minute. Elle commence juste après un événement stressant. Par conséquent, les agents ont des niveaux de stress différents, qui dépendent de leurs perceptions, de leur personnalité et de leur manière de percevoir la situation. Après une minute de simulation, le stress des agents se stabilise.

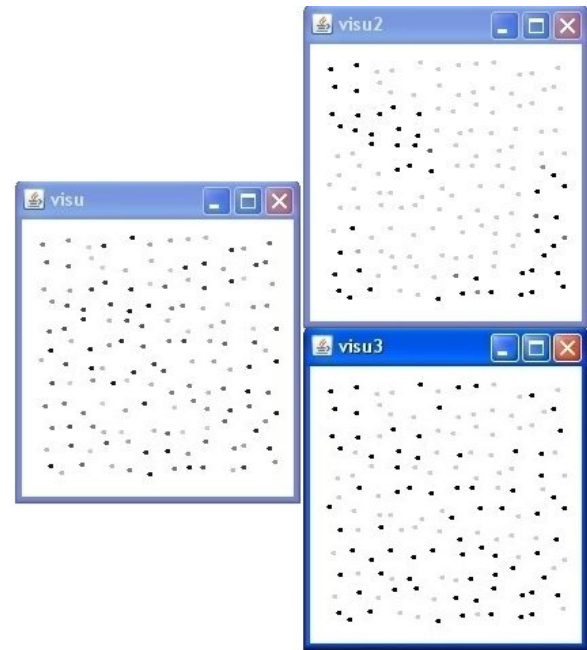


FIGURE 1 – Simulation du stress. Gauche : état initial. Droite : état final avec empathie (haut) et sans empathie (bas)

La capture d'écran (droite, haut) montre que des groupes d'agents avec un stress égal se forment à cause de la sensibilité des agents aux états de leurs voisins. La capture (droite, bas) montre l'état final sans mécanisme d'empathie : seul l'inclinaison au stress de chaque agent est prise en compte et on ne voit plus apparaître de comportement collectif. Sur 100 exécutions, en moyenne 32.7% des agents ont vu leur stress influencé par le mécanisme d'empathie. Ce stress est modifié de façon importante (supérieure à 30%) pour $\frac{2}{3}$ des agents impactés, alors que le dernier tiers des agents voit son niveau de stress plus légèrement modulé.

Ces expériences montrent que le mécanisme d'empathie fonctionne aussi bien dans des situations normales qu'après des événements ayant

1. <http://www.madkit.org>

modifié les paramètres physiologiques et émotionnels des agents.

Contamination. La figure 2 montre l'évolution de la simulation quand des effets nocebo sont ajoutés. Les points sont ombrés lorsque l'agent est contaminé.

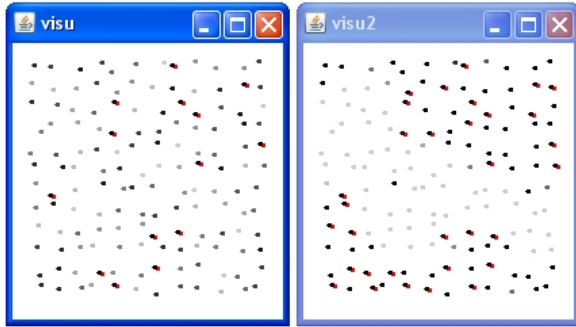


FIGURE 2 – Gauche : état initial. Droite : état final

Seuls les agents montrant des symptômes dès le début de la simulation sont réellement contaminés ($\frac{1}{10}$ du total des agents). Dans ces expériences, les agents ne bougent pas. Les événements qui influencent le calcul sont alors (i) après l'initialisation, une fois que les agents perçoivent leurs alentours (et éventuellement les agents contaminés dans cette zone), et (ii) les agents montrant des symptômes nocebo.

Les résultats de nos expériences sont cohérents avec les principes évoqués en section 4.2. Presque la moitié des agents qui présentent des symptômes ne sont pas contaminés. La proximité immédiate est un facteur important, combiné au stress et au pessimisme de l'agent. Enfin, nous remarquons une forte corrélation entre la propagation des symptômes et les groupes où les agents ont un stress important.

5 Conclusion

Cet article montre que 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. Une originalité de ce travail est alors de déléguer à l'environnement la propagation des états des agents.

Nous avons réalisé des premières expérimentations qui ont montré la cohérence de nos mécanismes avec les phénomènes à simuler. 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 de poursuivre la validation des comportements simulés afin d'améliorer et d'enrichir les comportements des agents. Ceci inclut un travail conséquent de calibration.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ANR-CSOSG qui finance le projet SAGECE, ainsi que l'ensemble des partenaires de ce projet : SOGITEC, UTC/Heudiasyc/UMR 6599, CEA-LIST, ECI/université Paris Descartes, EADS, ENSOSP, EMI/CRISE, IRSN et AREVA.

Références

- [1] L. CROCQ. Special teams for medical/psychological intervention in disaster victims. *World Psychiatry*, 1(3) :154, 2002.
- [2] J. Dugdale, J. Pavard, and B. Soubie. A pragmatic development of a computer simulation of an emergency call center. In *Designing Cooperative Systems : The Use of Theories and Models*, pages 241–256. IOS Press, 2000.
- [3] A. Harrington. *The placebo effect : an interdisciplinary exploration*. Harvard University Press, 1997.
- [4] G. Le Bon. *The Crowd : A Study of the Popular Mind*. 1895.
- [5] E. Platon, N. Sabouret, and S. Honiden. Tag interactions in multiagent systems : Environment support. In *Proceedings of the Fifth Joint Conference in Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, volume 4389 of *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, pages 106–123. Springer Verlag, 2007.
- [6] J. Saunier and F. Balbo. Regulated multi-party communications and context awareness through the environment. *Multiagent and Grid Systems*, 5(1) :75–91, 2009.
- [7] B. G. Silverman, M. Johns, J. Cornwell, and K. O'Brien. Human behavior models for agents in simulators and games : Part i : Enabling science with pmfserv. *Presence*, 15(2) :139 – 162, 2006.
- [8] D. Weyns, A. Omicini, and J. Odell. Environment as a first-class abstraction in multi-agent systems. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 14(1) :5–30, Feb. 2007. Special Issue on Environments for Multi-agent Systems.