

De l'individu à la foule : un modèle informatique de contagion émotionnelle.

Margaux Lhommet, Domitile Lourdeaux, Jean-Paul Barthès

Laboratoire Heudiasyc, UMR CNRS 6599, Université de Technologie de Compiègne
BP 20529, 60205, Compiègne Cedex, France
{mlhommet;dlourdea}-@-hds.utc.fr
barthes-@-utc.fr

Résumé : Cet article s'intéresse à l'émergence de comportements collectifs à partir de comportements individuels dans des simulations pour la formation à la gestion de crise. Bien que de nombreuses études en psychologie et sociologie mettent en évidence le phénomène de contagion émotionnelle, aucune ne décrit quels sont les facteurs individuels qui l'impactent. Nous proposons un modèle de contagion émotionnelle basé sur la personnalité et les relations sociales. Nous décrivons en particulier une correspondance entre le pouvoir de suggestion émotionnelle et la susceptibilité à être influencé des agents et le modèle de personnalité OCEAN. Ce modèle de contagion est implémenté au sein d'agents informatiques cognitifs, émotifs et sociaux évoluant sur une plateforme multi-agents.

Mots-clés : Intelligence émotionnelle, personnalité, système multi-agents

1. Introduction

Les environnements informatiques sont de plus en plus utilisés pour la simulation de gestion de crise, en particulier dans le cadre de formations. Dans ce contexte, l'utilisateur est confronté à la présence d'un grand nombre d'individus susceptibles de céder à la panique et dont il doit s'occuper pour éviter qu'un simple évènement ne se transforme en crise aux conséquences désastreuses. Les secours doivent aussi bien canaliser la foule dans son ensemble que gérer des individus de manière isolée (secourir des blessés, procéder à des arrestations). Il est donc nécessaire d'offrir à l'utilisateur la possibilité d'interagir finement avec les individus. Ceux-ci doivent réagir de manière crédible et les résultats de cette interaction doivent avoir des incidences sur le comportement général de la foule. Pour cela, le comportement de chaque individu

doit être cohérent avec les actions de l'utilisateur, avec l'évolution de la situation et il doit également influencer celui de ceux qui l'entourent. Nous nous intéressons aux modèles issus de la psychologie cognitive et de l'intelligence émotionnelle, en particulier au phénomène de contagion émotionnelle.

La contagion des émotions et des intentions entre individus est un phénomène qui a depuis longtemps été mis en évidence. Dans une des premières études portant sur les foules, (Le Bon, 1895, p.13) déclare que *"chez une foule, tout sentiment, tout acte est contagieux, et contagieux à ce point que l'individu sacrifie très facilement son intérêt personnel à l'intérêt collectif"*.

Par la suite, de nombreux psychologues et sociologues se sont intéressés à ce phénomène. Parmi eux (Hatfield *et al.*, 1992, p.153) définissent cette contagion comme *"The tendency to catch (experience/express) another person's emotions (his or her emotional appraisals, subjective feelings, expressions, patterned physiological processes, action tendencies, and instrumental behaviors)"*. Cette contamination découle de notre capacité à percevoir, analyser et interpréter les émotions et les intentions d'autrui de manière inconsciente et automatique. Cette théorie a été confirmée et étoffée par de nombreuses études et expériences.

Nos travaux portent sur la modélisation informatique de l'émergence de comportements de foule à partir des comportements des individus qui la composent. Ces comportements individuels sont basés sur des architectures cognitives permettant aux individus d'adapter finement leur raisonnement à l'environnement. Afin de composer une foule hétérogène, ils présentent des caractéristiques individuelles (émotions, humeur, personnalité, relations sociales) qui influent sur leurs comportements. Chaque individu est représenté par un agent au sein d'un système multi-agents utilisé pour la formation à la gestion de crise et devant donc répondre en temps réel. La problématique qui se pose est celle du passage à l'échelle. La modélisation des émotions, des relations sociales et de l'influence inter-agents nécessite la mise en place de processus cognitifs complexes et cette difficulté est décuplée par le grand nombre d'agents nécessaires pour constituer une foule. Nous pensons que le phénomène de contagion émotionnelle, parce qu'il ne requiert aucun processus cognitif, nous permettra d'apporter une solution à ce problème.

Dans cet article, nous nous intéressons plus particulièrement aux facteurs individuels régissant la contagion émotionnelle. Dans un premier temps, nous définissons le modèle de notre agent. Par la suite, nous présentons notre interprétation informatique des résultats d'études psychosociologiques portant sur l'impact des différences individuelles sur la contagion. A cette occasion,

nous décrivons une correspondance entre la personnalité des agents, décrite par le modèle OCEAN, et leur pouvoir de contagion émotionnelle et susceptibilité à la contagion. Cette interprétation est bien évidemment une première proposition qui méritera d'être affinée par des psychologues et sociologues afin d'obtenir des comportements individuels et collectifs crédibles. Enfin, nous illustrerons notre modèle sur un exemple simple puis discuterons des perspectives envisagées pour la suite des travaux.

2. État de l'art

2.1. Théories des émotions

La théorie émotionnelle OCC (Ortony *et al.* (1990)) est la plus répandue dans le domaine informatique. Elle détermine 22 émotions ainsi que les étapes de l'évaluation d'une situation de manière computationnelle et donc relativement propice à l'implémentation. Cette théorie spécifie comment les événements, les actions des autres agents et les objets sont confrontés aux désirs de l'agent, à ses critères d'acceptabilité morale, et à l'attractivité des objets afin de générer l'état émotionnel qu'il ressent.

Lazarus (1991) introduit une théorie émotionnelle en deux étapes. Bien que très complète, elle fait appel à des processus cognitifs de très haut niveau difficiles à implémenter informatiquement et est donc rarement utilisée pour modéliser les émotions d'agents informatiques.

2.2. Agents émotifs

Bien qu'il existe de nombreux travaux sur la modélisation informatique des émotions, la majorité d'entre eux se focalise sur des individus isolés. Les applications sont généralement centrées sur le domaine des agents conversationnels animés (ACA).

Egges *et al.* (2004) proposent un ACA émotif capable d'interpréter l'état émotionnel d'un interlocuteur humain et d'adapter en conséquence son propre état émotionnel pour synchroniser ses réponses faciales et textuelles. À cette occasion est défini un modèle générique de l'impact de la personnalité sur le ressenti émotionnel (émotions et humeur) basé sur des matrices d'influence de la personnalité sur les émotions OCC.

Jed *et al.* (2004) étendent ce modèle pour évaluer l'état émotionnel de l'utilisateur et animer son avatar en conséquence. Le module d'évaluation prend

en entrée les évènements de l'environnement et les actions réalisées par l'utilisateur et modifie son humeur en prenant en compte sa personnalité et la contagion émotionnelle (bien que les processus régulant cette dernière ne soient pas explicites).

Gratch & Marsella (2004) définissent EMA, une architecture d'agent cognitif émotionnel (basé sur la théorie de Lazarus) et social capable de raisonner sur des connaissances incertaines et de planifier ses comportements en fonction de ses émotions et de ses relations avec d'autres agents.

2.3. Modèles de foule

Dans les travaux concernant la modélisation de foule, l'accent est mis sur l'animation comportementale (perception, déplacements, évitement des collisions). Ces travaux sont largement suffisants pour les applications visées (par exemple, simulations pour l'évacuation de bâtiments ou encore de piétons pour l'animation de villes), mais ils ne permettent pas (ou peu) d'interaction entre la foule et l'utilisateur.

Musse & Thalmann (2002) proposent viCrowd, un modèle de foule dont les comportements sont définis à trois niveaux (individu, groupe et foule) qui permet de modéliser de larges foules dans lesquelles les individus présentent des comportements crédibles réactifs, ne permettant pas d'interaction avec l'utilisateur. De plus, ils ne prennent pas en compte les émotions et la personnalité.

Silverman *et al.* (2002) implémentent des foules composées d'agents émotionnels répondant à des normes socio-culturelles pour réaliser des simulations pour l'entraînement militaire (par exemple la gestion d'une foule de manifestants). L'appartenance des individus à des groupes d'intérêt commun est fixe et le modèle ne prend pas en compte la contagion des émotions.

Adamatzky (2005) propose un modèle de foule dans lequel la contagion des émotions se fait via un modèle issu de la chimie artificielle : les émotions sont représentées par des molécules et les interactions sont basées sur des formules chimiques. Le comportement des agents est déterminé par une machine à états.

Durupinar (2010) présente un modèle de foule composé d'agents dotés de personnalités, d'émotions et d'humeur. À chaque agent est assigné un rôle (par exemple manifestant, leader, policier) qui détermine les actions qu'il peut réaliser. La prise de décision est directement déterminée par des tendances à l'action reliées à la personnalité.

2.4. Positionnement

Nous souhaitons voir l'impact des interactions entre l'utilisateur et les individus sur la foule dans son ensemble. Pour cela, nous modélisons chaque humain de manière individuelle au sein de la foule. Notre approche est donc celle des systèmes multi-agents où chaque humain est représenté par un agent informatique capable de prendre des décisions de manière autonome. Les agents sont dotés de personnalités variables pour simuler des foules hétérogènes. En situation de crise, l'évolution de la situation est étroitement liée au climat émotionnel de la foule. Afin de voir émerger l'influence qu'ont les agents les uns sur les autres, nous avons choisi de modéliser le phénomène de contagion émotionnelle. Nous pensons que cette approche permettra d'obtenir des comportements macroscopiques émergents crédibles tout en permettant à l'utilisateur d'interagir finement avec la simulation.

3. Modèle de l'agent

Nous représentons chaque individu de la foule par un agent autonome cognitif, émotionnel et social. Afin d'avoir un comportement crédible, l'agent peut avoir des connaissances erronées sur l'état du monde. Il peut ainsi avoir des intentions d'actions décorrélées de l'état réel de la situation et, par son influence sur les autres agents, les conduire à effectuer des actions inappropriées pouvant mener à des situations critiques. Pour cela, nous avons choisi d'utiliser le formalisme BDI (Croyances, Désirs et Intentions). En fonction de l'état du monde perçu (ses croyances), l'agent est capable de générer des plans (intentions) pour parvenir à atteindre ou se rapprocher de ses désirs.

3.1. Cycle de décision

La Figure 1 représente les quatre étapes du cycle de vie d'un agent. Celui-ci est basé sur le cycle classique perception-décision-action des agents cognitifs auquel se rajoute un module émotionnel. L'agent (1) perçoit son environnement et met à jour ses croyances, (2) ressent des émotions, gère ses relations sociales et est émotionnellement contaminé, (3) prend des décisions et enfin (4) agit.

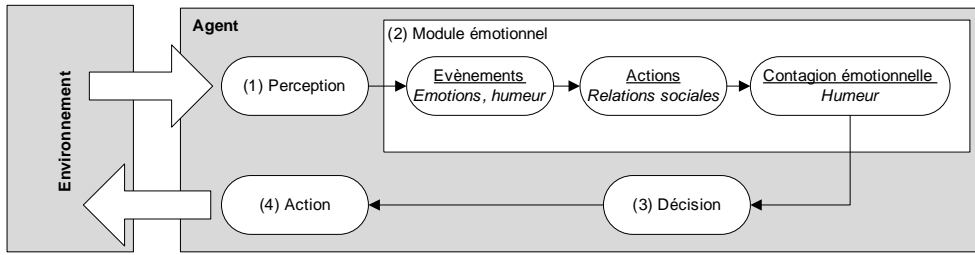


FIGURE 1: Cycle d'un agent.

3.2. Personnalité

Puisque nous voulons modéliser une foule hétérogène, les agents qui la composent doivent avoir des personnalités variées. Les deux principaux modèles de personnalité sont le modèle en trois facteurs de Eysenck (1990) et celui en cinq facteurs (OCEAN) de Costa *et al.* (1992). Nous utilisons le modèle de personnalité en cinq facteurs OCEAN que la Table 1 décrit à l'aide de quelques adjectifs. Le vecteur de personnalité P , fixe, de chaque agent est re-

TABLE 1: Les cinq facteurs de personnalité OCEAN

Facteur	Valeur positive	Valeur négative
Ouverture à l'expérience	Curieux, Imaginatif, Individualiste	Conventionnel, Collectif
Conscience	Consciencieux, Prévoyant	Impulsif, Distract
Extraversion	Grégaire, Enthousiaste	Peu social
Agréabilité	Amical, Populaire, Coopératif	Agressif, Intransigeant
Neuroticisme	Calme	Dépressif

présenté par : $P = [P_O, P_C, P_E, P_A, P_N], \forall p \in [O, C, E, A, N], P_p \in [0; 100]$. Une valeur d'extraversion entre 0 et 50 signifie que l'agent est introverti, alors qu'une valeur entre 50 et 100 signifie qu'il est extraverti.

3.3. Relations sociales

Les agents disposent de standards socio-culturels qu'ils essayent de respecter et sur lesquels ils se basent pour juger les actions réalisées par les autres

agents. Par exemple, si l'agent A voit un agent B réaliser une action qu'il juge contraire à ses standards, l'appréciation de l'agent A envers l'agent B sera négativement impactée. Nous avons choisi de représenter la relation d'appréciation de l'agent A envers l'agent B par une fonction $R_{A/B}(t) = i, i \in [-1; 1]$. -1 représente la haine, 1 représente l'adoration, et 0 est une appréciation neutre.

3.4. Émotions et humeur

L'état émotionnel d'un agent à l'instant t est décrit de manière générique par un vecteur de la forme $E(t) = [I_1, \dots, I_N], \forall i \in [1, N], I_i \in [-1; 1]$. Nous avons choisi d'utiliser la théorie émotionnelle OCC (Ortony *et al.* (1990)). Cette théorie spécifie comment les événements, les actions des autres agents et les objets sont confrontés aux buts de l'agent, à ses standards socio-culturels, et à ses préférences afin de générer des émotions.

A chaque instant, l'agent ressent une humeur qui reflète son état émotionnel. Cette humeur est une agrégation des différents états émotionnels ressentis par l'agent au cours du temps. Dans notre modèle, l'humeur est définie par la variable $Humeur(t)$, contenue dans l'intervalle $[-1; 1]$, -1 représentant une mauvaise humeur, 1 une très bonne humeur et 0 une humeur neutre.

4. Module émotionnel

Le module émotionnel est la seconde étape du cycle de l'agent. Pour simplifier notre modèle, nous limitons actuellement notre module émotionnel à l'évaluation des événements et des actions réalisées par les autres agents. Une nette distinction est faite entre l'évaluation d'un événement en tant que tel et l'évaluation d'une action réalisée par un (ou plusieurs) autre(s) agent(s). Dans le premier cas, nous évaluons l'impact de l'évènement sur l'état émotionnel alors que dans le second cas nous évaluons l'impact de l'action sur la relation entre les agents.

4.1. Évaluation des événements

La Figure 2 représente les étapes suivies pour évaluer les événements.

Le module d'appréciation des événements est basé sur la théorie OCC (Ortony *et al.*, 1990, ch.5) : tous événements perçus sont susceptibles d'influencer

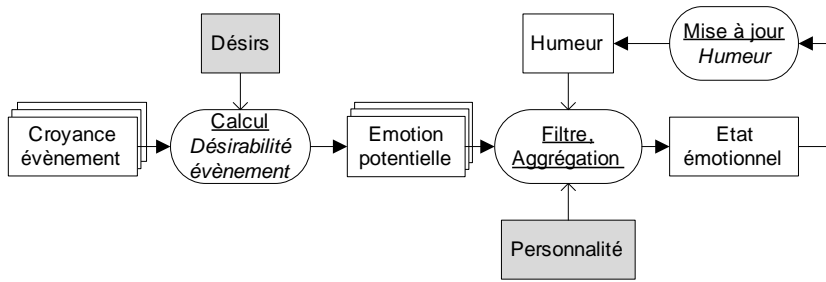


FIGURE 2: Évaluation des évènements.

l'état émotionnel de l'agent. Un évènement est défini comme désirable (respectivement indésirable) s'il permet d'augmenter (respectivement diminuer) le degré de réalisation d'un (ou de plusieurs) désir(s) de l'agent¹. L'émotion potentielle $P_\epsilon(t)$ issue d'un évènement ϵ dépend de la *désirabilité* de cet évènement à l'instant t .

De plus, en fonction de son humeur et de sa personnalité, un agent est plus ou moins sensible à certains types d'émotions. Nous reprenons les travaux de (Jed *et al.* (2004)) qui définissent un modèle de mise à jour de l'état émotionnel d'un agent (émotions et humeur) en fonction de sa personnalité. Nous nous intéressons plus particulièrement à la matrice MPE (Matrice Personnalité Émotions) qui définit l'influence de la personnalité sur l'évaluation d'un évènement et la matrice MEH (Matrice Émotions Humeur) qui détermine comment évolue l'humeur en fonction de l'état émotionnel ressenti. Cependant, ce modèle ne prend pas en compte l'influence de l'humeur sur l'évaluation d'un évènement et l'étendons dans ce sens. Nous calculons donc l'impact de la personnalité (matrice MPE) et de l'humeur sur les émotions potentielles $EP(t)$ afin de sélectionner les émotions ressenties, puis de les agréger afin d'obtenir le nouvel état émotionnel. Ensuite, nous mettons à jour l'humeur de l'agent en fonction de son humeur passée et de son nouvel état émotionnel.

4.2. Évaluation des actions

La Figure 3 décrit le processus d'évaluation des actions.

1. Par exemple, si "Rester en vie" a une importance supérieure à celle de "Être riche", une explosion blessant l'agent sera jugée plus indésirable que la perte de son porte-monnaie.

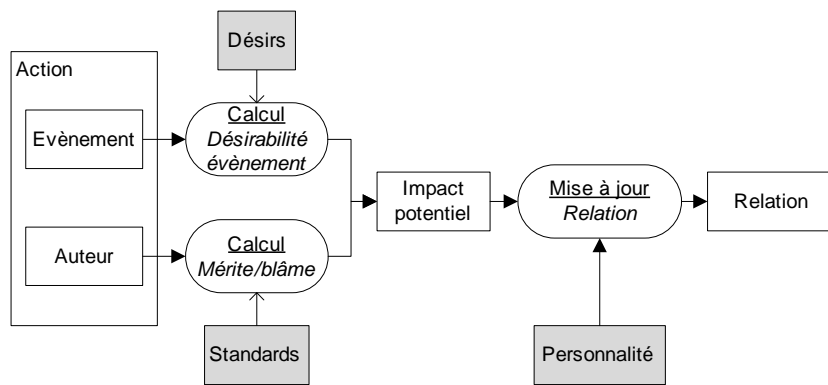


FIGURE 3: Évaluation des actions.

Le processus qui consiste à évaluer les actions réalisées par les autres agents afin de générer un impact relationnel correspond à l'évaluation des émotions d'*Appréciation* du modèle OCC (Ortony *et al.*, 1990, ch.7), telles que la fierté, la honte, le respect ou la colère. Cependant, comme notre modèle émotionnel est actuellement limité et ne considère pas les émotions d'appréciation, l'évaluation des actions consiste à mettre directement à jour l'impact des actions sur les relations.

Pour cela, nous considérons d'abord l'impact de l'évènement ϵ en tant que tel pour obtenir sa *désirabilité* $_{\epsilon}$. Ensuite, nous confrontons cette action aux standards socio-culturels de l'agent afin d'obtenir son jugement sur l'action (*mérite/blâme* $_{\epsilon}$). Ces deux valeurs permettent d'obtenir l'impact potentiel de l'action sur la relation d'appréciation que porte l'agent à l'auteur de l'action. Suivant sa personnalité, l'agent pourra faire évoluer différemment sa relation sociale. Par exemple, un agent intransigeant (avec une agréabilité négative) sera moins tolérant et un agent réalisant une action qu'il jugera négative baissera rapidement dans son estime. Nous définissons donc une matrice MPR (Matrice Personnalité Relation) qui modélise l'impact de la personnalité d'un individu sur l'évolution de la relation d'appréciation.

4.3. Contagion émotionnelle

Il n'existe pas de modèle de contagion émotionnelle prenant en compte les caractéristiques individuelles. Cependant, de nombreuses expériences ont permis de faire ressortir quels facteurs pourraient influencer la contagion émo-

tionnelle. Selon Hatfield *et al.* (1992), la contagion émotionnelle intervient entre chaque individu, celui-ci étant à la fois contaminant et contaminé. Ils précisent également qu'elle serait modulée par deux facteurs : le pouvoir de contagion des individus contaminants (PC), et la sensibilité à la contagion des contaminés (SC).

Trois facteurs modulent la capacité d'infection d'un agent : sa capacité à ressentir des émotions fortes, sa capacité à exprimer des émotions fortes et sa résistance être contaminé par des émotions contraires. Au contraire, un agent est susceptible à la contagion s'il est plus attentif aux autres qu'à lui-même, s'il se considère plutôt comme dépendant des autres qu'individualiste, s'il peut lire les émotions faciales des autres agents et tend à les imiter, s'il est conscient de sa réponse émotionnelle et est émotionnellement réactif. De plus, un agent est plus sensible aux émotions des agents qu'il aime ou qu'il admire et inversement moins sensible à celles des agents qu'il n'aime pas ou ne respecte pas.

Ces facteurs, énoncés tels quels, ne sont pas directement intégrables dans notre modèle. Cependant, Hatfield *et al.* (1992) les expliquent suffisamment pour nous permettre de les adapter aux composantes de notre modèle (personnalité OCEAN, humeur). La Table 2 présente cette adaptation².

TABLE 2: Caractéristiques individuelles et contagion émotionnelle.

PC/SC	Facteur émotionnel	Interprétation
PC	Ressent des émotions	E-
PC	Exprime des émotions	A+ (charismatique), E+, C- (impulsif)
SC	Attentif aux autres	Humeur+
SC	Dépendant des autres	A+, O-
SC	Imite les émotions des autres	A+ (amical)
SC	Conscient de ses émotions	O+ (sensible)
SC	Émotionnellement réactif	E-
SC	Amour, admiration, respect	Relation+

La Table 2 montre que le pouvoir de contagion PC_A d'un agent A ne dépend que de sa personnalité, et est défini par la fonction générique : $PC_A = \Pi(P_C, P_E, P_A)$

2. On notera que certains facteurs ne sont pas traduisibles dans notre modèle.

La susceptibilité d'un agent A d'être contaminé par un agent B à l'instant t est notée $SC_{A/B}(t)$. La Table 2 montre qu'une partie de cette susceptibilité est statique, décrite par $SC_A = \Theta(P_A, P_O, P_E)$ de manière générique.

L'impact de la contagion émotionnelle de l'agent B sur l'agent A est donné par la formule $SC_{A/B}(t) = \Phi(SC_A, CP_B, Humeur_A(t), Humeur_B(t-1), R_{A/B}(t))$

Finalement, à chaque pas de temps t , la Formule (1) permet de mettre à jour l'humeur de l'agent A en fonction de l'état émotionnel des agents perçus (contenus dans l'ensemble I).

$$Humeur_A(t) = \Upsilon(Humeur_A(t), \sum_{i \in I} (SC_{A/i}(t))) \quad (1)$$

5. Résultats

Notre modèle de contagion émotionnelle dépend de fonctions génériques. L'objectif de cette étude n'est pas de proposer des implémentations correctes de ces fonctions ; celles-ci devraient être spécifiées par des psychologues et sociologues. Cependant, afin de tester notre modèle de contagion, nous proposons ici des implémentations de ces fonctions et les testons sur un exemple simple. Dans notre exemple, le pouvoir de contagion émotionnelle d'un agent est défini par la Formule (2).

$$PC_A = \frac{(100 - P_E)}{4} + \frac{P_A \times (P_E + (100 - P_C))}{100} \quad (2)$$

La Formule (3) implémente la Fonction Θ qui définit la partie statique de la susceptibilité à la contagion émotionnelle d'un agent A .

$$SC_A = \frac{P_A \times (100 - P_O)}{400} + \frac{P_A}{4} + \frac{P_O}{4} + \frac{100 - P_E}{4} \quad (3)$$

Enfin, l'humeur de l'agent A est mise à jour par l'application de la Formule (4).

$$Humeur_A(t) = \frac{100 - SC_A}{100} \times Humeur_A(t) + \frac{SC_A}{100} \times \frac{\sum_{i \in I} (1 + R_{A/i}(t))/2 \times PC_i \times Humeur_i(t-1)}{\sum_{i \in I} (1 + R_{A/i})/2 \times PC_i} \quad (4)$$

Notre exemple considère trois individus : Bob, Anna et Pablo. Les Formules (5) représentent leurs personnalités ainsi que leur pouvoir de contagion et leur susceptibilité à la contagion. La Table 3 montre leurs affinités.

$$\begin{aligned}
 P_B &= [89, 80, 52, 30, 80], & PC_B &= 33, & SC_B &= 43 \\
 P_A &= [20, 58, 22, 32, 97], & PC_A &= 40, & SC_A &= 39 \\
 P_P &= [47, 41, 53, 69, 96], & PC_P &= 89, & SC_P &= 50
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

TABLE 3: Relations

	Bob	Anna	Pablo
Bob	-	-0,9	0,8
Anna	-0,3	-	0,8
Pablo	0,2	0,2	-

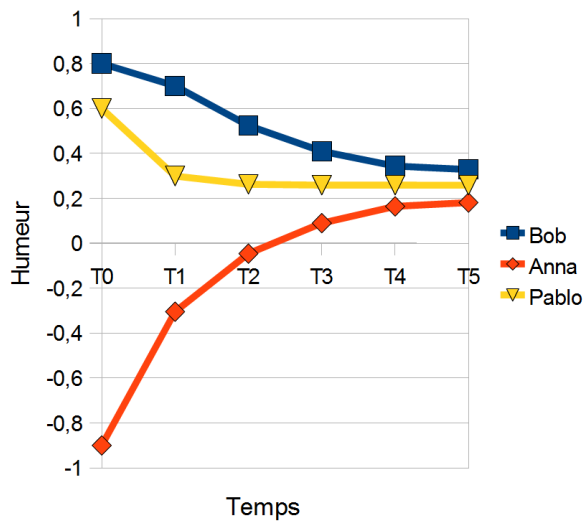


FIGURE 4: Évolution de l’humeur dans le temps.

La Figure 4 montre l’influence de la contagion émotionnelle dans un cadre où les humeurs sont initialisées arbitrairement et où aucun évènement ne se produit dans l’environnement. Le seul facteur de modification des humeurs est donc celui de la contagion émotionnelle. Les humeurs des trois agents convergent assez rapidement, en particulier lorsque les agents s’apprécient

(l'humeur d'Anna suit un pic à T_1 car elle apprécie beaucoup Pablo qui est de bonne humeur et a un fort pouvoir de contagion) et lorsque l'humeur est négative (Pablo, qui apprécie pourtant autant Anna que Bob, est plus influencé par la mauvaise humeur d'Anna).

6. Conclusion

Dans cet article, nous nous sommes intéressés au phénomène de contagion émotionnelle mis en exergue par un grand nombre de psychologues et sociologues et avons proposé un modèle de contagion computationnel prenant en compte la personnalité des agents et les relations sociales. Cette première version est basée sur des résultats d'expériences dans un domaine où de nombreux facteurs restent flous, mais elle nous montre cependant des résultats qui semblent aller dans le sens des études des psychosociologues. Nous proposerons une interface graphique pour permettre d'ajuster les paramètres du modèle.

Dans la suite des travaux, nous affinerons notre modèle, puis nous nous intéresserons au phénomène de contagion intentionnelle et à son influence sur la prise de décision individuelle. Dans ce cadre, nous utiliserons l'architecture cognitive Soar afin de représenter les processus décisionnels. Enfin, nous conduirons des tests sur plusieurs scénarios mettant en jeu des foules.

Nous pensons que ce modèle nous permettra d'obtenir des comportements individuels et collectifs représentatifs de ceux observés dans des situations de crise. Un second objectif sera de démontrer que ce modèle offre des possibilités d'interaction fines entre l'utilisateur et les individus de la foule, rendant plus crédible, plus immersive et donc plus efficace la formation à la gestion de crise.

Remerciements

Ces travaux sont menés dans le cadre d'une thèse financée par la Direction Générale de l'Armement.

Références

ADAMATZKY A. (2005). *Dynamics of crowd-minds : patterns of irrationality in emotions, beliefs and actions*. World Scientific.

- COSTA P. T., MCCRAE R. R. & RESOURCES I. P. A. (1992). *Revised NEO Personality Inventory (NEO PI-R) and Neo Five-Factor Inventory (NEO-FFI)*. Psychological Assessment Resources Odessa, FL.
- DURUPINAR F. (2010). *From Audiences to Mobs : Crowd Simulation with Psychological Factors*. PhD thesis, Bilkent University.
- EGGES A., KSHIRSAGAR S. & MAGNENAT-THALMANN N. (2004). Generic personality and emotion simulation for conversational agents. *Computer Animation and Virtual Worlds*, **15**(1).
- EYSENCK H. J. (1990). Biological dimensions of personality.
- GRATCH J. & MARSELLA S. (2004). A domain-independent framework for modeling emotion. *Cognitive Systems Research*, **5**(4).
- HATFIELD E., CACIOPPO J. T. & RAPSON R. L. (1992). Primitive emotional contagion.
- JED M. E., PALLAMIN N., DUGDALE J. & PAVARD B. (2004). Modelling character emotion in an interactive virtual environment. Leeds, UK.
- LAZARUS R. S. (1991). *Emotion and adaptation*. Oxford University Press, USA.
- LE BON G. (1895). *Psychologie des foules*. Paris : Presses Universitaires de France, 1995 edition.
- MUSSE S. R. & THALMANN D. (2002). Hierarchical model for real time simulation of virtual human crowds. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, **7**(2).
- ORTONY A., CLORE G. L. & COLLINS A. (1990). *The cognitive structure of emotions*. Cambridge University Press.
- SILVERMAN B. G., JOHNS M., BRIEN K. O., WEAVER R. & CORNWELL J. (2002). Constructing virtual asymmetric opponents from data and models in the literature : Case of crowd rioting. In *Proceedings of the 11th Conference on Computer Generated Forces and Behavioral Representation, Orlando, Florida*.