

# Modélisation de l'impact des croyances et de la communication sur la formation et la dynamique des attitudes : une approche multi-agents

K.-L. Brousmiche<sup>a,b</sup>      J.-D. Kant<sup>b</sup>      N. Sabouret<sup>c</sup>  
kei-leo.brousmiche@airbus.com    jean-daniel.kant@lip6.fr    nicolas.sabouret@limsi.fr

<sup>a</sup>Airbus Defense & Space  
1 bd Jean Moulin, Elancourt, France

<sup>b</sup>LIP6 - CNRS UMR 7606,  
Université Pierre et Marie Curie, France

<sup>c</sup>LIMSI-CNRS, UPR 3251,  
Université Paris-Sud, France

## Résumé

*Cet article présente un modèle de simulation multi-agent permettant d'étudier la formation et la dynamique des attitudes basées sur la perception des individus ainsi que sur la diffusion de l'information par le biais de la communication. Nous présentons l'attitude comme étant un ensemble d'associations entre l'objet social et ses évaluations d'intensité variable, comme le propose Fazio [11]. Nous illustrons le rôle de la communication sur la dynamique des attitudes au travers de plusieurs expérimentations.*

**Mots-clés :** système multi-agents, simulation sociale, psychologie sociale, dynamique des attitudes, diffusion de l'information

## Abstract

*This paper presents a multi-agent model for simulating attitude formation and change based on individual's perception of information and its diffusion through communication. We represent the attitude as an object-evaluation associations of varying strength proposed by Fazio [11]. We illustrate, through several simulation experiments, the role of communication on attitude dynamics.*

**Keywords:** multi-agent system, social simulation, social psychology, attitude dynamics, information diffusion

## 1 Introduction

Les opérations de stabilisation qui ont eu lieu ces vingt dernières années (e.g. ex-Yougoslavie ou en Afghanistan), ont modifié le paradigme de la guerre, de celui des guerres industrielles à celui de "conflits armés perpétrés au sein des populations" [17]. Ces nouveaux types d'op-

posants (insurgés tels que des guérillas, des émeutiers ou des terroristes) pratiquent des tactiques asymétriques (bombes artisanales, embuscades, prises d'otage, menaces ...) et se fondent dans "l'environnement humain" où ils peuvent trouver certains appuis selon les affinités ethniques, politiques ou religieuses. Dans ce contexte, la priorité est donc d'aboutir à une meilleure connaissance du milieu social, religieux et culturel et de mettre en œuvre des actions dites "civilo-militaires" et des actions de communication qui visent à altérer les perceptions, les attitudes et les comportements au sein de la population ainsi qu'à entraver les dynamiques pro-insurgées.

Les systèmes de commandement et d'entraînement militaire actuellement mis en œuvre ont été conçus dans une optique d'opérations conventionnelles. Ils ne sont pas centrés sur la population civile et sont mal adaptés à capturer ou à simuler des phénomènes sociaux. Il existe néanmoins quelques projets industriels basés sur la technologie multi-agent simulant des phénomènes sociaux dans des cadres d'insurrection afin de répondre à ces nouveaux besoins. Cependant le besoin crucial de modéliser la dynamique perception-attitude-comportement de la population face aux actions des Forces (et en particulier face aux actions de communication) demeure non résolu. Or la première partie de ce problème correspond à la formation et à la dynamique des attitudes qui a été bien étudiée en simulation sociale [1, 4]. Le processus de la dynamique des attitudes peut se modéliser comme le résultat de communication et d'influences entre les membres d'un groupe d'individus. Ainsi, la modélisation basée agent qui consiste à modéliser les individus et leurs interactions au niveau micro afin d'étudier des tendances macro,

constitue une approche appropriée pour l'analyse de phénomènes sociaux complexes [8].

Notre objectif est de proposer un modèle de simulation multi agent qui permettra aux acteurs des opérations de stabilisation (force de l'ONU) et de reconstruction (ONG) de mieux appréhender la dynamique des attitudes en considérant trois aspects :

(1) Les individus construisent leurs attitudes en fonction de leurs perceptions et évaluations des objets sociaux. Afin de prendre en compte ce type de mécanisme, notre modèle s'inspire de théories issues de la psychologie sociale, suivant la méthodologie du psycho-mimétisme [13]. En particulier, nous fondons notre modèle sur l'approche de Fazio définissant l'attitude comme un ensemble d'associations objet-évaluation.

(2) Les faits ne sont perçus que par une faible proportion des populations, pourtant, certains sont connus par la majorité. Ce phénomène peut être dû à la diffusion de l'information au sein du réseau social reliant les individus. Ainsi, la prise en compte du facteur de communication intra-population constitue un élément crucial dans la compréhension de la dynamique des attitudes.

(3) La tension sociale (*ex* : conflits ethniques ou religieux) qui peut fracturer le terrain humain, altère l'interprétation des actions des Forces par les individus en fonction de leur affiliation sociale. Le modèle intègre de telles tensions en tenant compte des attitudes entre les groupes sociaux, potentiellement en conflit.

En résumé, notre modèle traite la question de la formation et l'adaptation des attitudes face aux Forces et leurs actions, en se basant sur la perception de la population, la communication factuelle inter-individuelle et des préférences sociales individuelles.

## 2 Travaux connexes

La dynamique des attitudes s'intéresse à divers phénomènes sociaux comme le vote, l'expansion de l'extrémisme ou encore la diffusion d'information et peut être étudiée selon trois grands axes [21] : le modèle de représentation de l'attitude, le mécanisme de diffusion/communication et la topologie du réseau d'interaction. Nous nous focalisons sur le modèle de l'attitude et le mécanisme de communication.

### 2.1 Modèle d'Attitude

Les premiers modèles d'attitudes (comme [15]) se sont appuyés sur des valeurs binaires ou réelles. Au cours des dix dernières années, plusieurs travaux ont proposé des représentations plus complexes [?]. Toutefois, comme le souligne [5], la plupart de ces travaux se concentrent uniquement sur l'interaction entre les individus : ils ne considèrent pas le mécanisme de formation des attitudes en soi. D'autres recherches en psychologie sociale étudient la formation des attitudes au niveau individuel [3, 9] : dans ces modèles, l'attitude se base sur des informations factuelles (par exemple des croyances) concernant un objet social. En se fondant sur ces théories, Urbig et Malitz [19] proposent de représenter l'attitude comme étant la somme des évaluations des caractéristiques de l'objet en question. Bien que ce modèle constitue une approche intéressante sur la formation des attitudes, il présente deux limites selon nos objectifs. Premièrement, la révision se base sur le modèle de la confiance bornée [6] : lorsque deux individus présentent des valeurs d'attitudes suffisamment proches, les agents convergent leurs attitudes. En conséquence, les valeurs d'attitudes ne sont plus liées aux croyances de chacun des agents. Deuxièmement, ce modèle ne tient pas compte de la rationalité limitée spécifique à l'humain [16], toutes les évaluations sont accessibles en mémoire au même niveau, qu'elles soient anciennes ou récentes, importantes ou non selon l'individu.

Le modèle proposé par Fazio [11] semble présenter une approche prometteuse dans l'optique de combler ces deux faiblesses. L'idée principale de cette théorie consiste à modéliser l'attitude comme un ensemble d'associations en mémoire entre l'objet et des évaluations basées sur les informations concernant l'objet. Ces évaluations sont alors pondérées par une valeur d'accessibilité (déterminant le degré de réminiscence). Par nature, ce modèle maintient un équilibre entre la représentation cognitive de l'objet par l'individu et son attitude correspondante. De plus, il intègre la capacité limitée de réminiscence du sujet.

C'est pourquoi nous avons choisi de baser notre représentation des attitudes sur ce modèle. À notre connaissance, le modèle de Fazio n'a jamais été implémenté et évalué au travers d'une simulation multi-agent.

## 2.2 Mécanisme de Communication

Le second axe important que nous prenons en considération dans notre recherche concerne le mécanisme de diffusion des attitudes, à travers lequel les agents de la simulation s'influencent. Dans la majorité des travaux, l'information échangée est la valeur d'attitude elle-même [21, 5]. Bien qu'il soit indéniable que la communication quotidienne se base fréquemment sur des informations attitudinales (ex : des déclarations d'évaluations non argumentées, publicité *etc.*), les conversations narratives (qui relatent des faits) représentent une part significative de la communication, à hauteur de 40% selon Eggins [10]. De plus, à notre connaissance, il n'existe aucune théorie psychologique détaillant le mécanisme d'impact de la communication d'une attitude au niveau de l'individu. Pour toutes ces raisons, nous proposons de baser notre dynamique des attitudes et mécanisme de communication sur l'échange/révision des croyances plutôt que sur l'influence attitudinale directe.

Très peu de recherches semblent avoir été dirigées dans cette perspective. Cependant, quelques travaux dans le domaine de recherche de la diffusion de l'innovation, comme le système COBAN [18], proposent des modèles d'échange de croyances. Dans ce modèle, les croyances sont représentées par des réseaux associatifs dont le protocole de communication se base sur des objets sociaux. Ce modèle est similaire à celui d'une attitude. C'est pourquoi nous proposons dans cet article d'adapter ce mécanisme de communication à notre modèle, en remplaçant les parties de réseau de croyances par des croyances sur les actions des Forces.

## 3 Modèle Statique

Notre modèle repose sur le principe suivant : une simulation correspond à l'exécution d'actions (patrouille, support médical, attentat) par les Forces (ONU, terroristes ou autres) qui sont perçues au cours du temps par les individus de la population. Ces perceptions sont alors évaluées en fonction de la subjectivité des individus caractérisée par leurs anciennes attitudes et affiliations. Ces informations ainsi acquises sont stockées en mémoire sous forme de croyances. En se référant à leurs croyances, les individus construisent et adaptent leurs attitudes vis-à-vis des Forces et communiquent leurs connaissances dans le réseau social.

## 3.1 Acteurs

Nous considérons un ensemble  $F$  représentant les forces (ONU, les terroristes, *etc.*) et un ensemble de groupes sociaux  $SG$  permettant de catégoriser les membres de la population. Nous appelons *objet social* tout élément de  $OS = F \cup SG$ . Les attitudes de la population porteront sur ces objets sociaux.

Soit  $Ind$  l'ensemble des agents, représentant les individus de la population. Chaque individu  $i \in Ind$  est défini par le tuple

$$i = \langle sg(i), Blf(i), Cnt(i) \rangle$$

avec :

- $sg(i) \in SG$  le groupe social auquel appartient l'individu
- $Blf(i)$  l'ensemble des croyances présentes dans la mémoire de l'individu (description des croyances dans la section 3.3)
- $Cnt(i) \subset Ind - \{i\}$  l'ensemble des contacts de l'agent dans le réseau d'interactions (c.f. section 4)

## 3.2 Actions

Les éléments de base de notre modèle d'attitudes seront les actions effectuées par les forces (par exemple, dans le contexte d'une opération de stabilisation, l'ONU peut sécuriser une zone, les terroristes peuvent procéder à une attaque à la bombe ...) et les croyances des individus sur les impacts qu'ont ces actions sur la population. Nous notons  $Act$  l'ensemble des actions.

Les actions effectuées par les forces sont définies sous la forme d'une liste définie *a priori* par le concepteur de la simulation. Chaque forces  $f \in F$  est donc associée à un ensemble ordonné d'actions  $actionList(f) \in 2^{Act}$ .

Une action  $a \in Act$  est définie par :

$$a = \langle name(a), force(a), date(a), ipList(a) \rangle$$

avec :

- $name(a)$  le nom de l'action (unique)
- $force(a) \in F$  la force à l'origine de l'action
- $date(a)$  la date d'occurrence de l'action
- $ipList(a)$  la liste des impacts de l'action

Un *impact* définit un profit **objectif** d'une action sur un *objet social* spécifique (le *sujet* de l'impact). Par ailleurs, cette information est associée à une certaine crédibilité accordée à sa source,

de manière **subjective**. Un impact  $ip(a)$  d'une action  $a$  se définit alors par :

$$ip(a) = \langle subject(ip(a)), payoff(ip(a)), \sigma(ip(a)) \rangle$$

avec :

- $subject(ip(a)) \in SO$  l'objet social correspondant au sujet impacté par l'action
- $payoff(ip(a)) \in [-1, 1]$  la valeur du bénéfice obtenu par le sujet, négative lorsque l'impact est nocif et positive si bénéfique
- $\sigma(ip(a))$ , la crédibilité de la source de l'information d'impact.

Les valeurs de crédibilités sont prises dans l'ensemble fini et ordonné  $\Sigma$  de cardinal  $s$ . Nous notons  $\sigma_{min}$  et  $\sigma_{max}$  le minimum et le maximum de l'ensemble  $\Sigma$ .

Dans les prochaines sections,  $i$  et  $j$  représenteront toujours un individu (donc un agent) et  $a$  une action.

### 3.3 Croyances

Les individus de la population calculent leurs attitudes en manipulant des ensembles de *croyances* qu'ils ont acquis, soit directement de leurs propres perceptions, soit indirectement par le biais de la communication. Les *croyances* d'un individu  $i$  sont définies par un ensemble d'actions :  $Blf(i) \in 2^{Act}$ .

Dans notre modèle, les actions n'existeront qu'au travers de croyances, que ce soient des actions perçues, des actions crues ou des actions communiquées. En conséquence, nous indiquerons systématiquement l'origine du point de vue de la perception de l'action. Nous notons  $a(i)$  l'action crue par l'agent  $i$ , c'est-à-dire l'action relatée par la croyance stockée dans la mémoire  $Blf(i)$  de l'agent  $i$ . Par extension, nous noterons  $ipList(a, i)$  la liste d'impacts de l'action  $a$  interprétée par  $i$  et pour chaque impact,  $ip(a, i) \in ipList(a, i)$  :

- $subject(ip(a, i))$  l'objet social impacté
- $payoff(ip(a, i))$  le profit pour l'objet social estimé par  $i$
- $\sigma(ip(a, i))$  le niveau de crédibilité de l'impact selon  $i$

### 3.4 Attitudes

Pour un individu donné, chaque *objet social* est associé à une *attitude*. Nous définissons une fonction  $att : Ind \times SO \rightarrow [-1, 1]$  calculant la

valeur de l'attitude  $att(i, o)$  de l'individu  $i$  vis-à-vis de l'objet social  $o$ , positive si favorable et négative si défavorable.

Selon la nature de l'objet social (force ou groupe social), la fonction  $att$  est définie de deux manières différentes. Pour les groupes sociaux, nous considérons un tableau  $aTable$  de dimension  $|SG| \times |SG|$  définissant *a priori* et de manière figée pour l'ensemble de la simulation les attitudes d'un individu  $i$  d'un groupe social  $sg(i)$  vis-à-vis d'un groupe social  $sg'$  (et, par extension, des individus appartenant à ce groupe) :

$$att(i, sg') = aTable(sg(i), sg')$$

Par extension, nous définirons  $att(i, j) = att(i, sg(j))$  l'attitude de l'agent  $i$  vis-à-vis de l'agent  $j$ .

Ci-dessous, un exemple de configuration d'attitudes inter-groupes, qui sera réutilisé dans notre évaluation section 5 :

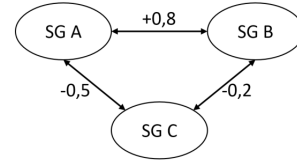


FIGURE 1 – Exemple de configuration d'attitudes inter-groupes sociaux

Le cœur de notre modèle consiste à simuler la dynamique des attitudes de la population vis-à-vis des forces, à partir des perceptions et interprétations des actions. La valeur de  $att(i, f)$  est définie dans la section 4 ci-après.

### 3.5 Messages

Au cours de la simulation, les forces peuvent communiquer sur leurs actions auprès de la population. De plus, les individus relayent les informations acquises (soit parce qu'ils ont observé directement une action, soit parce qu'ils sont sensibles aux communications des forces), propageant ainsi l'information parmi de la population. Nous présentons le mécanisme de propagation dans la section 4.1.

## 4 Dynamique du Modèle

Dans cette section, nous décrivons les mécanismes cognitifs permettant aux agents de réviser leurs croyances sur les actions des forces et

de calculer leurs attitudes. Les actions peuvent être perçues selon trois canaux :

(1) Perception directe : l'agent est sujet ou un témoin direct de l'action (e.g. l'ONU distribue des vivres dans un village et l'agent est membre du village ou se trouvait à proximité lorsque l'action s'est déroulée) ;

(2) Communication de la force : la Force diffuse un message sur une action à la population et l'agent fait partie des destinataires ;

(3) Communication inter-individuel : l'agent reçoit l'information par un message émis par un autre individu ;

Les cas 1 et 2 sont scriptés : ils sont définis par chaque  $actionList(f), \forall f \in F$ . La valeur de crédibilité de l'impact d'une perception directe est fixée à  $\sigma_{max}$  et celle d'une action de communication des forces à  $\sigma_{min}$ .

Dans le cas des communications intra-population (cas 3), la valeur de la crédibilité de l'impact communiqué est exactement la valeur présente dans les croyances de l'émetteur du message : les agents communiquent une action selon la connaissance qu'ils en ont. Comme nous le montrerons dans la sous-section 4.2, c'est au récepteur de modifier cette valeur au stade de l'ajout de l'information dans sa propre liste d'impacts.

#### 4.1 Communication Intra-Population

La communication intra-population repose sur la liste des contacts des individus ( $Cnt(i)$ ) : un agent peut communiquer ses croyances (information sur des actions) à ses contacts. Nous décrirons dans un premier temps la manière dont les listes de contacts sont définies dans notre modèle. Puis nous montrerons comment et quand les agents sélectionnent les croyances qu'ils veulent communiquer.

**Topologie du Réseau.** Les listes de contacts des agents sont définies par la topologie du réseau social dans lequel se propage l'information au travers des interactions. Dans notre modèle, nous considérons les liens comme étant des communications potentielles entre deux individus, indépendamment de leur groupes sociaux ou autre affinités. La tendance de ces dernières années dans ce domaine de recherche est le recours à des réseaux sociaux complexes comme les small-world [14] ou encore les graphes à

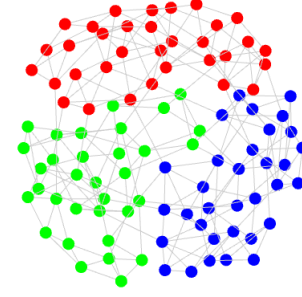


FIGURE 2 – Réseau de type small-world pour trois groupes sociaux (utilisé dans nos simulations)

échelle invariante [20] afin d'explorer la dynamique des modèles. Dans notre cas précis, nous construisons notre environnement social sur la base de réseaux small-world. La figure 2 offre l'exemple d'un tel réseau pour trois groupes sociaux. A des fins de simplification, la topologie du réseau est un paramètre de simulation et restera statique au cours d'une simulation.

**Communication de Croyances.** Lors de la réception d'une information, l'agent va non seulement mettre à jour sa base de connaissance (voir section 4.2) mais il va également évaluer son niveau d'intérêt à le retransmettre à ses contacts  $Cnt(i)$ . La valeur de l'intérêt de retransmission est basée sur deux critères de la théorie de la simplicité de Dessalles [7] :

1. La crédibilité de la source d'information : une information crédible a plus de chance d'être retransmise
2. La récence de l'information : une information récente est plus intéressante

Pour une action donnée  $a(i)$  reçue et interprétée par l'agent  $i$ , l'intérêt de retransmission à l'individu  $j \in Cnt(i)$  s'obtient donc par la combinaison linéaire de la crédibilité moyenne de  $a(i)$  et sa récence :

$$\overline{cred}(a, i) = \frac{\sum_{ip \in ipList(a, i)} \sigma(ip)}{|ipList(a, i)|} \quad (1)$$

et

$$recency(a, i) = 1 + \max \left( 0, \frac{date(a, i) - cdate}{m} \right) \quad (2)$$

avec  $cdate$  la date courante et  $m$  un paramètre fixe, égale à la taille de la mémoire de travail d'un individu. Nous définissons alors :

$$interest(a, i) = \alpha \cdot \overline{cred}(a, i) + \beta \cdot recency(a, i) \quad (3)$$

L'action  $a$  sera retransmise à chaque agent  $j \in Cnt(i)$  avec une probabilité  $interest(a, i) > T_{com}$ , si et seulement si  $interest(a, i) > T_{com}$ .  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $T_{com}$  sont des paramètres de la simulation.

Comme nous le présenterons dans la prochaine sous-section, les agents interprètent l'action  $a$  avant de calculer sa valeur d'intérêt et de la retransmettre. Ainsi, les valeurs de crédibilités des impacts correspondant à l'action retransmise peuvent différer de celles de l'information initiale. L'idée est qu'une information provenant de l'oncle de l'épouse d'un ami est moins crédible que si elle provenait directement de l'ami.

## 4.2 Révision de croyances

Lorsqu'un agent  $i$  acquiert une nouvelle information, soit par perception directe, soit par l'intermédiaire d'une communication provenant de la force ou d'un individu de la population  $a(j)$ , il révisé ses connaissances  $Blf(i)$  à l'aide de l'algorithme suivant :

(1) Si l'information sur l'action provient d'une communication ( $a(j)$ ), toutes les valeurs de crédibilités  $\sigma(ip(a, j))$  associées aux impacts  $ip \in ipList(a, j)$  sont décrémentées d'une unité pour donner  $\sigma(ip(a, i))$ .

(2) Si l'action  $a$  n'existe pas dans sa base de connaissance  $Blf(i)$ , l'agent ajoute l'action telle quelle en tant que nouvelle croyance.

(3) Si l'action existe déjà, la date et la liste d'impacts de  $a(i)$  sont mis à jour en fonction des informations reçues. Pour chaque impact  $ip \in ipList(a, j)$ , trois situations peuvent survenir :

(3.a) Si  $ip$  n'apparaît pas dans la liste d'impacts de  $a(i)$ , alors il est ajouté. Cette situation (un agent connaît une action mais ignorait l'un de ses impacts) provient des différentes informations communiquées par les forces et les témoins directs et indirects.

(3.b) Si  $ip$  fait déjà partie de la liste d'impacts de  $a(i)$  et que l'impact est compatible en terme de valeur de profit, c.a.d s'il existe  $ip' \in ipList(a, i)$  tel que  $subject(ip') = subject(ip)$ , et  $|payoff(ip') - payoff(ip)| \leq \varepsilon$  avec  $\varepsilon$  un seuil fixe, alors  $ip$  n'est pas ajouté dans la base de connaissances mais  $\sigma(ip')$  a une probabilité d'être incrémenté si et seulement si  $\sigma(ip') < \sigma(ip)$ . Cette situation correspond au cas où l'agent confirme par une source plus crédible une information qu'il connaissait déjà.

(3.c) Si  $ip$  fait déjà partie de la liste d'impacts de  $a(i)$  et l'information n'est pas compatible en terme de valeur de profit, l'agent révisé la valeur de profit ainsi que la crédibilité de l'impact et peut éventuellement remplacer  $ip'$  dans  $ipList(a, i)$  par le nouvel impact  $ip$  selon une certaine probabilité.

Le mécanisme de révision de croyances et de modification de la crédibilité (cas 3.b et 3.c) est basé sur le modèle proposé par Thiriote et Kant [18] et ne sera pas détaillé dans cet article. Le principe général est de comparer la crédibilité de la nouvelle source à la valeur courante, de choisir de manière stochastique l'information à retenir en fonction des deux valeurs et de lui attribuer une nouvelle valeur de crédibilité.

## 4.3 Construction d'une attitude : principe général

A chaque réception d'une nouvelle information au sujet d'une action  $a$  réalisée par une Force  $f = force(a)$  résultant d'une révision de croyance dans  $Blf(i)$ , l'individu  $i$  va adapter son attitude envers  $f$  en fonction de son nouvel état cognitif.

Notre modèle sur la construction d'une attitude est fondé sur des évaluations de croyances associées à un objet, tel que proposé par Fazio [11]. La figure 3 illustre la représentation d'une attitude conformément à ce modèle.

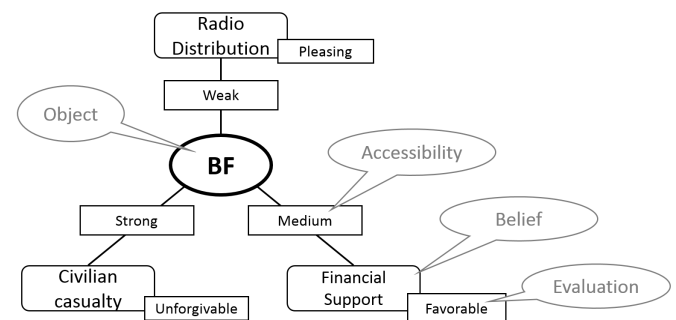


FIGURE 3 – Exemple d'une attitude dans Fazio, 2007.

L'individu évalue tout d'abord le profit subjectif des impacts de l'action (voir la section 4.4). Ensuite, nous déterminons l'accessibilité de ces différentes évaluations. La valeur de cette accessibilité nous permet de sélectionner un sous-ensemble d'évaluations (les plus accessibles) pour la construction d'une attitude. Cette sélection correspond à la notion de rationalité limitée de l'être humain [16] : un individu n'utilise pas

l'ensemble de ses connaissances lorsqu'il évalue un fait, mais n'en utilise qu'une partie. Dans notre modèle, la sélection des évaluations suit la théorie du peak-end [12] stipulant que les individus se remémorent des faits qui sont les plus frappants (peak) ou les plus récents (end). Nous le détaillerons dans la sous-section 4.5. Le calcul final des attitudes correspond à une agrégation des évaluations sélectionnées et pondérées par leurs accessibilités, comme nous le présenterons dans la section 4.6.

#### 4.4 Évaluation de profits

Le profit subjectif d'une action  $a(i)$  est déterminé en fonction de l'attitude et des croyances de l'agent  $i$  d'après le modèle d'évaluation proposé par Fishbein et Ajzen [2] : dans le cas où un individu juge une action comme étant bénéfique pour lui ou pour certains de ses "amis" (attitude positive), le profit global sera positif ; inversement, si une action est bénéfique pour son "ennemi" (attitude négative), l'individu lui attribuera un profit global négatif.

L'évaluation du profit d'une action est défini comme l'agrégation des impacts pondérés par l'attitude. Nous utilisons un opérateur d'agrégation classique à critères multiples OWA [22] au lieu d'une simple moyenne :

$$eval(a, i) = \text{OWA}_{ip \in ipList(a, i)} (payoff(ip) \times att(i, subject(ip))) \quad (4)$$

#### 4.5 Estimation de l'accessibilité

La sélection des évaluations les « plus accessibles » dans la mémoire s'appuie sur la théorie du peak-end [12]. L'implémentation de ce modèle nécessite de déterminer des critères de sélection pour les informations "peaks" et celles des "ends". Nous reprenons un mécanisme similaire à celui utilisé pour la valeur d'intérêt définie dans la communication intra-population (section 4.1).

L'évaluation des *peaks* sera composée de trois critères : la crédibilité de la source, la somme des impacts et le degré d'inattendu. La crédibilité de la source  $cred(a, i)$  suit la formule 1 définie précédemment.

L'intensité d'une action  $intensity(a, i)$  s'obtient par la moyenne des intensités des impacts

pondérée par les attitudes envers chacun des sujets : plus une action a de conséquences sur chaque individu qu'elle concerne, et plus un individu est important (positivement ou négativement) pour l'agent, plus l'intérêt de l'action sera fort. Contrairement à l'évaluation, nous utilisons une moyenne pondérée et non une OWA car chaque partie de l'impact compte.

L'inattendu  $unexpect(a, i)$  est défini comme la différence entre la précédente évaluation d'une action et la nouvelle (une fois que l'information a été intégrée dans la base de croyance), normalisée dans  $[0, 1]$ .

Enfin, le critère "ends" correspond à la sélection de l'information la plus récente : nous utiliserons la récence de l'information comme décrit dans la section 4.1.

Basée sur les valeurs précédentes, l'accessibilité d'une croyance est obtenue par :

$$acc(a, i) = \alpha \cdot \overline{cred}(a, i) + \beta \cdot recency(a, i) + \delta \cdot intensity(a, i) + \delta \cdot unexpect(a, i) \quad (5)$$

avec  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  et  $\delta$  qui représentent les poids de chaque critère, prenant leurs valeurs en  $[0, 1]$ .

#### 4.6 Construction d'une attitude

Suivant le modèle de Fazio, l'attitude est calculée à partir d'un ensemble fini des croyances les plus accessibles, en fonction de leur évaluation et de leur accessibilité (cf. figure 3). Chaque agent sera muni d'une liste  $aList(i)$  de taille fixe  $maxMemory$  définie comme paramètre de la simulation (et identique pour tous les agents). Les éléments de  $aList(i)$  sont les  $a(i)$  les plus accessibles. Lors de la réception d'une nouvelle information, l'agent révisé l'ensemble des valeurs d'accessibilité  $acc(a, i)$  des éléments de  $aList(i)$  (cette valeur diminue avec le temps, suivant le critère *end*) et calcule l'accessibilité de la nouvelle action. Elle garde alors dans la mémoire les  $maxMemory$  informations les plus accessibles parmi les précédentes et la nouvelle action considérée.

Le calcul de la nouvelle attitude se fait alors à partir de la mémoire en utilisant une agrégation par l'opérateur OWA [22]. Afin de limiter les impacts aux extrêmes, nous utilisons une fonction sigmoïde sur le résultat de cette agrégation. Ainsi l'attitude finale  $a(i, f) \in [-1, 1]$  de



l'agent  $i$  envers une force  $f$  est donnée par :

$$att(i, f) = \tanh \left( \rho \cdot \text{OWA}_{a(i) \in aList(i)} (eval(a, i) \times acc(a, i)) \right) \quad (6)$$

avec  $\rho \in \mathbf{R}$  un paramètre de la fonction sigmoïdale.

## 5 Evaluation du Modèle

Afin d'étudier les différents paramètres de notre modèle et de valider la dynamique des attitudes, nous avons produit un ensemble de simulations dans le contexte d'une intervention des forces de l'ONU vis-à-vis de populations civiles. Nous présentons tout d'abord les données de ces simulations puis nous présentons deux études. Dans la première, la force cible un groupe social spécifique avec des actions bénéfiques et nocives. Nous présentons, dans la section 5.2, les dynamiques d'attitude qui en résultent. Dans la deuxième étude, nous proposons un scénario plus complexe qui inclut des actions de communication de la part de la force, ce qui nous permet d'illustrer l'effet de messages qui sont incompatibles avec la véritable perception de la population (section 5.3).

### 5.1 Paramètres Communs

La population est divisée en trois groupes sociaux (A,B et C) chacun composé de 33 individus connectés par un réseau d'interactions décrit dans la section 4.1. Les attitudes intergroupes sociales reprennent celles de la figure 1 : les groupes sociaux A et B sont alliés contre le troisième groupe C. L'attitude initiale de tous les individus vis-à-vis de la force est fixée à 0 (neutre).

Les paramètres  $\alpha, \beta, \gamma$  et  $\delta$  utilisés dans le calcul de l'accessibilité (section 4.5) sont fixés à 0.25. Enfin, dans le cadre de nos expériences préliminaires, nous fixons le paramètre de la fonction OWA à  $1/n$  (ce qui correspond à une moyenne arithmétique). La taille de la mémoire des agents  $maxMemory$  est fixée à 5.

### 5.2 Comportement Général

Afin de comprendre le comportement général du modèle, nous proposons d'exécuter les simulations sur la base d'un scénario jouet dans lequel

la force cible le groupe social A pour procéder à des actions en trois phases :

**Phase 1** : six répétitions d'actions bénéfiques (+0.2) visibles par 15% du groupe.

**Phase 2** : six répétitions d'actions nocives (-0.8) visibles par 5% du groupe.

**Phase 3** : six répétitions d'actions bénéfiques (+0.3) visibles par 30% du groupe.

Les actions sont séparées par un intervalle de 5 pas de temps.

La figure 4 montre l'évolution de la moyenne des attitudes par groupe lorsque les agents ne communiquent pas du tout entre eux ( $T_{com} = 1$ ). Dans ce cas, seule l'attitude des agents concernés, dans le groupe A, va être modifiée (et uniquement lors de l'occurrence de l'action, comme le montrent les marches d'escalier espacées de 5 pas de temps).

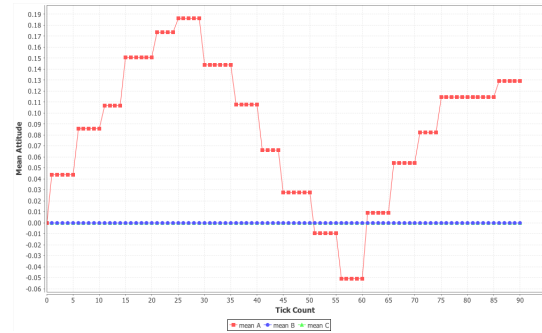


FIGURE 4 – Moyennes des attitudes par groupe social avec  $T_{com} = 1$  (sans communication)

La figure 5 montre la même dynamique lorsque  $T_{com} = 0.22$ . Nous pouvons noter que l'évolution du groupe social B (en bleu) suit la courbe du groupe social A (en rouge) ce qui provient du fait que ces deux groupes sont liés par une attitude positive (ils évaluent les actions d'une manière similaire). Cependant, l'intensité des impacts des informations communiquées sur la courbe B est plus faible car les actions ne concernent pas directement B : leurs accessibilités dans la mémoire des individus de ce groupe est plus faible que dans la mémoire des individus du groupe A. Inversement, la courbe du groupe social C (en vert) est pratiquement symétrique à celle de A avec laquelle elle est connectée par une attitude très négative.



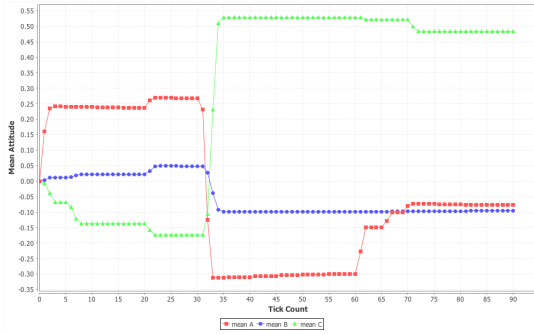


FIGURE 5 – Moyennes des attitudes par groupe social avec  $T_{com} = 0.22$

Par ailleurs, nous pouvons constater que certaines informations ne sont pas transmises dans l'ensemble du réseau. Ainsi, on observe que groupe B n'est pas au courant des actions de la troisième phase (l'attitude moyenne stagne à partir de  $t = 60$ ).

### 5.3 Diffusion d'informations discordantes

En situation réelle, la communication militaire est utilisée pour fournir des informations qui leur sont favorables (tout comme le monde civil utilise la publicité), dans le but de faciliter leurs opérations dans les zones concernées. Par exemple, ils peuvent embellir l'impact de leurs actions à travers des messages diffusés par la radio.

Nous avons complété le scénario précédent en ajoutant une diffusion de messages qui atteint 30% de la population totale après chaque série de 6 actions accomplies par la force, avec une valeur d'impact positif doublée par rapport à la valeur « réelle ». Dans un premier temps, nous exécutons la simulation sans communication inter-individus :

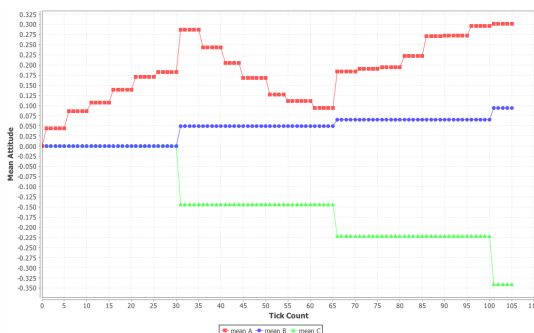


FIGURE 6 – Message discordant : moyennes des attitudes par groupe social avec  $T_{com} = 1$

Tout comme dans la simulation précédente, seul le groupe social A touché est conscient de l'action mais chaque diffusion affecte toutes les moyennes des attitudes. Étant donné que la majorité des destinataires n'est pas directement témoin des actions, ceux-ci ont tendance à croire (un peu) au message tel quel et à intégrer (parfois) l'information relatée par la Force dans leur base de croyances. Cependant, si le destinataire a lui-même été témoin de l'action, la probabilité qu'il fasse confiance au message est très faible et c'est pourquoi la dynamique du groupe A n'est pas impactée.

Lorsque nous permettons aux agents de communiquer (ce qui correspond plus à la situation de terrain), les témoins peuvent informer les autres agents du véritable impact de l'action. Le graphique 7 montre que la diffusion de l'information par la Force a alors un très faible impact sur les moyennes d'attitudes : la majorité des individus ne prend pas en compte les messages de la Force.

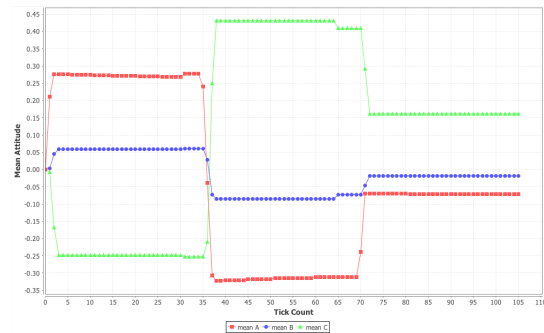


FIGURE 7 – Message discordant : moyennes d'attitudes par groupe social avec  $T_{com} = 0.1$

## 6 Conclusion

Nous avons proposé dans cet article un modèle de simulation des dynamiques d'attitude fondé sur des théories socio-psychologiques. Ce modèle construit les attitudes sur la base des révisions de croyances qui sont basées sur la communication d'informations factuelle. Notre mécanisme de communication tient compte des relations et des influences sociales au sein de la population. La crédibilité d'une information et son importance altèrent le calcul d'une attitude au cours du temps. Nous avons étudié les dynamiques de ce modèle à travers plusieurs exemples qui illustrent l'impact de la communication sur les attitudes.

Un des objectifs de ce modèle est d'aider

les pays occidentaux à améliorer les stratégies de communication des opérations de stabilisation afin de réduire l'usage d'actions cinétiques conventionnelles basées sur l'emploi de la force militaire. Néanmoins, ce modèle n'est pas limité à une application militaire et peut facilement être adapté à un usage civil : les Forces peuvent représenter n'importe quel objet social actif tels que des partis politiques, des institutions, des compagnies privées ou publique ou encore des marques.

## Références

- [1] I. Ajzen. Attitudes, traits, and actions : Dispositional prediction of behavior in personality and social psychology. *Advances in experimental social psychology*, 20(1) :63, 1987.
- [2] Icek Ajzen and Martin Fishbein. The influence of attitudes on behavior. In D. Albarrac, B. T. Johnson, and M. P. Zanna, editors, *The handbook of attitudes*, pages 173–221. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, NJ, US, 2005.
- [3] Gordon W. Allport. Attitudes. 1935.
- [4] Alessandro Bergamaschi. Attitudes et représentations sociales. *Revue européenne des sciences sociales*, 49(2) :93–122, 2012.
- [5] C. Castellano, S. Fortunato, and V. Loreto. Statistical physics of social dynamics. *Reviews of modern physics*, 81(2) :591, 2009.
- [6] G. Deffuant, D. Neau, F. Amblard, and G. Weisbuch. Mixing beliefs among interacting agents. *Advances in Complex Systems*, 3(01n04) :87–98, 2000.
- [7] Adrian Dimulescu and Jean-Louis Desalles. Understanding narrative interest : Some evidence on the role of unexpectedness. In *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society*, page 1734–1739, 2009.
- [8] Alexis Drogoul and Jacques Ferber. Multi-agent simulation as a tool for modeling societies : Application to social differentiation in ant colonies. In *Artificial Social Systems*, page 2–23. Springer, 1994.
- [9] A. H. Eagly and S. Chaiken. *The psychology of attitudes*. Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, 1993.
- [10] Suzanne Eggins and Diana Slade. *Analyzing casual conversation*. Equinox Publishing Ltd., 1997.
- [11] Russell H. Fazio. Attitudes as object-evaluation associations of varying strength. *Social Cognition*, 25(5) :603, 2007.
- [12] Daniel Kahneman, D. Kahneman, and A. Tversky. Experienced utility and objective happiness : A moment-based approach. *The psychology of economic decisions*, 1 :187–208, 2003.
- [13] J.-D Kant. Modeling human cognition with artificial systems : some methodological considerations. In *Proceedings of HCP 99 (Human Centered Processes)*, pages 501–508, Brest, September 1999.
- [14] Stanley Milgram. The small world problem. *Psychology today*, 2(1) :60–67, 1967.
- [15] A. Nowak, J. Szamrej, and B. Latane. From private attitude to public opinion : A dynamic theory of social impact. *Psychological Review*, 97(3) :362, 1990.
- [16] Herbert A. Simon. A behavioral model of rational choice. *The quarterly journal of economics*, 69(1) :99–118, 1955.
- [17] Rupert Smith. *The utility of force : the art of war in the modern world*. Knopf, New York, 2007.
- [18] Samuel Thiriot and Jean-Daniel Kant. Reproducing stylized facts of word-of-mouth with a naturalistic multi-agent model. In *Second World Congress on Social Simulation*, volume 240, 2008.
- [19] Diemo Urbig and Robin Malitz. Drifting to more extreme but balanced attitudes : Multidimensional attitudes and selective exposure. *ESSA, Toulouse*, 2007.
- [20] Xiao Fan Wang and Guanrong Chen. Complex networks : small-world, scale-free and beyond. *Circuits and Systems Magazine, IEEE*, 3(1) :6–20, 2003.
- [21] H. Xia, H. Wang, and Z. Xuan. Opinion dynamics : Disciplinary origins, recent developments, and a view on future trends. 2010.
- [22] Ronald R. Yager. On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, 18(1) :183–190, 1988.