



**HAL**  
open science

## Modèle d'influence pour le pilotage d'une décision de groupe

Abdelhak Imoussaten, Jacky Montmain, Eric Rigaud

► **To cite this version:**

Abdelhak Imoussaten, Jacky Montmain, Eric Rigaud. Modèle d'influence pour le pilotage d'une décision de groupe. Rencontres Francophones sur la Logique Floue et ses Applications - LFA 2009, Nov 2009, Annecy, France. hal-00777852

**HAL Id: hal-00777852**

<https://minesparis-psl.hal.science/hal-00777852v1>

Submitted on 13 Jun 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Modèle d'influence pour le pilotage d'une décision de groupe

## Models of influence to control a group decision

A. Imoussaten<sup>1</sup>      J. Montmain<sup>1</sup>      E. Rigaud<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LGI2P, Ecole des Mines d'Alès

<sup>2</sup> CRC, Mines Paristech

Site EERIE – Parc Scientifique G. Besse, 30035 Nîmes Cedex,  
[abdelhak.imoussaten@ema.fr](mailto:abdelhak.imoussaten@ema.fr), [jacky.montmain@ema.fr](mailto:jacky.montmain@ema.fr)  
Rue Claude Daunesse, B.P. 207, 06904 Sophia-Antipolis Cedex  
[eric.rigaud@crc.ensmp.fr](mailto:eric.rigaud@crc.ensmp.fr)

### Résumé :

La résolution collective d'un problème par un groupe d'agents est jalonnée de décisions sur lesquelles les agents doivent s'accorder. Les agents doivent coopérer pour déterminer efficacement quelle alternative retenir. Le débat correspondant est vu ici comme un processus dynamique que l'on cherche à analyser et contrôler. Sa dynamique dépend de la stratégie d'argumentation des agents, mais aussi de l'ordre dans lequel ceux-ci interviennent dans la délibération. Le jeu des acteurs, leur capacité à manœuvrer, à produire des coalitions sont alors autant de facteurs déterminants du processus dynamique de décision collective. Ce papier propose donc d'utiliser l'influence qu'un agent peut avoir dans un réseau social pour contrôler la dynamique du débat. Dans ce papier, le contrôle consiste simplement à déterminer l'agent le plus influent en temps réel et à lui donner la parole. La notion d'influence sociale est rattachée à la notion statistique de pouvoir décisionnel d'un individu dans un réseau social. Le pouvoir décisionnel est considéré ici comme une variable dynamique parce que variant dans le temps avec les préférences des agents : la probabilité qu'un agent ait une inclination pour une option est calculée à partir de l'utilité accordée à cette option chaque fois qu'un nouvel argument vient alimenter le débat, le pouvoir décisionnel est alors réactualisé. Enfin, celui-ci est utilisé comme un signal de commande pour contrôler la dynamique du débat.

### Mots-clés :

Indice d'influence, débat, contrôle, argumentation, décision collective, réseau social.

### Abstract:

A group of agents is faced with collective decisional problems when trying to solve a complex problem together. The agents must cooperate to efficiently establish which alternative appears to be a convenient consensus. The corresponding debate is seen here as a dynamical process we propose to analyze and control. Its dynamics depends on the strategy the agents argue their choices and on the order they intervene in the debate. The agents' role plays, their ability to move skillfully, to merge coalitions are determinant factors in a dynamical

collective decision. Thus, the influence an agent may have upon the other ones is used to control the debate dynamics. In this paper, the control only consists in determining the most influent agent in real time. The social influence is related to the statistical notion of overall decisional power of an individual in a social network. The decisional power is considered here as a time-varying variable because it evolves with the agents' preferences during the debate: the probability an agent has an inclination for an option is computed from the time-varying utility attached to this option as soon as an argument is provided, then the decisional power is updated. Finally, the dynamical decisional power provides a control signal to govern the debate.

### Keywords:

Influence index, debate, control, argumentation, collective decision, social network.

## 1. Problématique

Ce papier s'intéresse à la dynamique d'un processus de décision dans un collectif d'agents engagés dans la résolution d'un problème commun. Les agents doivent coopérer pour déterminer efficacement quelle alternative retenir pour résoudre leur problème. Au cours de la délibération, les agents peuvent changer d'avis et abandonner leur inclination initiale en faveur d'une alternative et en choisir une autre dans une dynamique de groupe qui obéit à des phénomènes d'influence sociale entre les agents [1][2] et aux stratégies d'argumentation de ces agents [3-5]. On se limitera au cas néanmoins fréquent où seules deux options  $\pm 1$  font l'objet du débat.

La gestion de la décision en cellule de crise est à l'origine de cette étude et constitue notre terrain d'application dans la suite des travaux du projet ANR Isycr [6]. La crise y est vue comme l'interprétation d'une situation où l'homme est confronté à un risque imminent ou avéré. Cette interprétation peut être remise en cause de façon événementielle selon l'occurrence de facteurs aggravants ou de complexité. Les acteurs de la cellule de crise doivent faire face à cette adaptabilité du modèle et délibérer efficacement en fonction des informations séquentielles dont ils disposent pour choisir une représentation unique qui leur permettra alors de coordonner leurs interventions. Le chef de la cellule de crise doit savoir piloter efficacement la délibération pour converger vers une décision la plus consensuelle possible [7].

Un dialogue de négociation émerge à partir d'une situation de conflit d'intérêts entre deux agents individualistes ayant un désir de coopérer [4]. L'exemple souvent donné en systèmes multi-agent est un conflit sur la division de ressources rares (c'est le cas d'une crise). Un agent souhaite réaliser une certaine action, et il s'aperçoit que pour ce faire, il a besoin d'utiliser une ressource détenue par un autre agent. Le conflit apparaît lorsque le second agent a lui-même besoin de la ressource pour réaliser une action en accord avec ses propres préférences. Les agents échangent donc des offres et des contre-offres, soutenues par des arguments, pour trouver un accord sur le partage de la ressource. Le but personnel de chaque agent est de maximiser sa propre part de la division de la ressource, tout en respectant le but principal du dialogue qui est d'atteindre un compromis acceptable pour tous les agents. Les agents sont supposés prêts à faire des concessions sur certains de leurs buts individuels pour atteindre cet accord [4].

Nous considérons donc que la délibération a une dynamique propre déterminée par l'ordre dans lequel les arguments sont échangés. Chaque agent a des croyances et une influence sur le groupe qui lui sont propres, son intervention peut à tout moment faire la décision,

*i.e.*, un compromis qui satisfasse si possible le plus grand nombre et qui met fin à la délibération. Notons que dans notre domaine d'application, il est bien sûr nécessaire de prendre une décision même si elle ne fait pas l'unanimité. La décision collective est donc sensible à l'ordre dans lequel interviennent les agents. Nous proposons alors une gouvernance de la décision de groupe qui consiste à intervenir dynamiquement sur l'ordre d'intervention des agents selon l'influence qui leur est attribuée en temps réel. Le type de pilotage envisagé dans cet article n'est qu'un exemple et consiste à donner systématiquement la parole à l'agent dont l'influence est estimée maximale. L'idée revient à modifier la dynamique du processus de décision en faisant toujours s'exprimer l'individu susceptible de rallier le plus d'agents à son opinion (la convergence vers un consensus n'est pas garantie pour autant).

La section 2 précise la sémantique que nous adoptons pour le concept d'influence dans la résolution d'un problème collectif. La notion de dynamique de la délibération y est ensuite discutée. La section 3 décompose le processus de délibération en plusieurs phases et laisse apparaître l'argumentation comme un *processus dynamique* dont on cherche à modifier le *temps de réponse*. Le choix et l'échange d'arguments se réfèrent au modèle proposé par [3-5]; le contrôle de cette délibération s'appuie, lui, sur le modèle d'influence proposé par [1]. Ce dernier est modifié de sorte à ce que l'influence des agents puisse être interprétée comme un signal de contrôle dans un processus de décision itératif. La section 4 introduit la probabilité qu'un agent soit enclin à opter pour une option plutôt qu'une autre sur la base de ses connaissances mises à jour et justifie le caractère dynamique donné à l'indice de pouvoir décisionnel d'un agent dans cette interprétation cybernétique du débat.

## **2. Notions d'influence et de dynamique dans un débat**

Dans un article récent, Grabisch et Rusinowska se sont intéressés à un modèle d'influence dans un réseau social [1]. Il y est supposé que chaque agent a une inclination a priori à opter pour +1 ou -1 qui, sous l'influence des autres agents, peut être différente de sa décision finale. Le point de départ du modèle d'influence qu'ils proposent est l'indice de Hoede-Bakker, concept qui a pour objet de calculer le pouvoir décisionnel d'un agent  $a_j$  dans un réseau social de  $n$  agents. La définition de cet indice proposée en 1982 est [8] :

$$GHB_j(B, gd) = \frac{1}{2^{n-1}} \cdot \sum_{\{i | i_j = +1\}} gd(Bi) \quad (1)$$

où  $i$  est un vecteur de  $I = \{+1, -1\}^n$  modélisant les inclinations initiales des agents,  $B: I \rightarrow I$  est la fonction d'influence qui transforme un vecteur d'inclination  $i$  en un vecteur de décision  $Bi$  sur la base duquel le groupe prend une décision modélisée par la fonction  $gd: B(I) \rightarrow \{+1, -1\}$ .

Le principal inconvénient de l'indice de Hoede-Bakker est qu'il masque le rôle effectif de l'influence, en analysant la décision finale en termes de succès ou d'échec selon que la décision du groupe coïncide ou non avec l'inclination première de l'agent et non avec sa décision finale. Les auteurs proposent donc de distinguer la fonction d'influence de la fonction de décision de groupe pour formuler un nouvel indice de pouvoir décisionnel qui se base cette fois sur la concordance entre la décision du groupe et la décision de l'agent.

Sur cette hypothèse, les ensembles suivants sont proposés pour analyser l'influence de la coalition  $S$  sur un agent  $a_j$  [1].

$$I_S = \{i \in I / \forall k, j \in S / i_k = i_j\}, \text{ puis}$$

$$I_{S \rightarrow j} = \{i \in I_S / i_j = -i_S\}$$

$$I_{S \rightarrow j}^* = \{i \in I_{S \rightarrow j} / (Bi)_j = i_S\}$$

où  $i_S$  est l'inclination de la coalition  $S$ .

Un indicateur de possibilité d'une influence directe de  $S$  sur  $a_j$  pour une fonction d'influence  $B$  est (nombre de fois où l'agent  $a_j$  s'est rallié à  $S$  parmi les situations

où  $a_j$  s'opposait initialement à  $S$  et cela indépendamment des inclinations des agents extérieurs à  $S$ ).

$$\bar{d}(B, S \rightarrow j) = \frac{|I_{S \rightarrow j}^*|}{|I_{S \rightarrow j}|} \quad (2)$$

Avec les mêmes notations, un indicateur de nécessité d'une influence directe de  $S$  sur  $a_j$  est :

$$\underline{d}(B, S \rightarrow j) = \frac{|\{i \in I_{S \rightarrow j}^*(B) / \forall p \notin S [i_p = -i_S]\}|}{2} \quad (3)$$

(aucun autre agent extérieur à  $S$  n'est susceptible d'avoir influencé  $a_j$ ).

Enfin, un indicateur d'influence directe pondéré de  $S$  sur  $a_j$  pour une fonction d'influence  $B$  est :

$$d_\alpha(B, S \rightarrow j) = \frac{\sum_{i \in I_{S \rightarrow j}^*(B)} \alpha_i^{S \rightarrow j}}{\sum_{i \in I_{S \rightarrow j}} \alpha_i^{S \rightarrow j}} \quad (4)$$

où  $\alpha_i^{S \rightarrow j}$  est le poids accordé à l'influence de  $S$  sur  $a_j$  pour le vecteur d'inclination  $i$  (le poids permet de relativiser l'influence de  $S$  en fonction du nombre d'agents extérieurs à  $S$  qui pensent comme  $S$ ). La distribution de poids  $\alpha_i^{S \rightarrow j}$  permet de modéliser une plus grande variété d'influences selon les hypothèses de l'application.

Enfin, un nouvel indice de pouvoir décisionnel est alors proposé et généralisé au cas où tous les vecteurs d'inclination ne sont pas équiprobables :

$$\phi_j(B, gd, p) = \sum_{\{i | (Bi)_j = +1\}} p(i) gd(Bi) - \sum_{\{i | (Bi)_j = -1\}} p(i) gd(Bi) \quad (5)$$

où  $p: I \rightarrow [0,1]$  est une distribution de probabilité.

L'une des questions soulevées en conclusion de [1] est l'introduction d'aspects dynamiques dans le modèle. [1] traite en effet de l'influence mutuelle des agents sur un *tour*, mais en réalité un processus de décision est généralement un processus itératif où l'influence continue de s'exercer jusqu'à ce qu'une décision soit prise par le groupe. Selon

un point de vue proche des modèles de l'automatique (matrice de commandabilité) à notre sens, les auteurs envisagent d'aborder cette extension en étudiant les puissances de la fonction d'influence  $B$  pour établir des conditions de convergence et étudier les pouvoirs décisionnels correspondants. Ils suggèrent également d'envisager la fonction d'influence comme une fonction probabiliste.

[2] avait déjà soulevé cette question de la dynamique de l'évolution des préférences des agents au cours d'un débat. [2] reprend le concept utilisé en décision multicritère [9] pour représenter les relations d'influence entre les acteurs d'un débat dans lequel il s'agit de trancher entre deux alternatives. Une té  $\vartheta: 2^A \rightarrow [0,1]$  où  $A = \{a_1, \dots, a_n\}$  est le collectif de  $n$  agents représente l'importance de toute coalition  $B \subset A$  dans le collectif, avec  $\vartheta(\emptyset) = 0$ ,  $\vartheta(A) = 1$ ,  $\vartheta(B) \leq \vartheta(B')$  lorsque  $B \subset B'$ . Pour deux agents  $a_1$  et  $a_2$  si  $\vartheta(a_1) + \vartheta(a_2) < (resp. >) \vartheta(\{a_1, a_2\})$ , alors il y a synergie positive (*resp.* négative) entre  $a_1$  et  $a_2$ . Cette interprétation de l'influence est à la base du mécanisme de révision des préférences d'un agent après l'intervention d'un autre acteur dans le débat.

La contribution principale de [2] à notre avis porte sur le modèle de révision de la conviction et de la préférence des agents au cours du débat qui conduit à un consensus. Au cours du débat, chaque agent peut prendre la parole pour annoncer sa préférence. En fonction de son importance dans le groupe, les autres agents peuvent réviser leur opinion. Si la conviction d'un agent devient trop faible, il peut changer de préférence. La nouvelle conviction de l'agent est fonction de son ancienne conviction et de la conviction de l'agent qui annonce sa préférence. La fonction utilisée par les auteurs est une intégrale de Sipos. De notre point de vue, leur modèle consiste à établir l'équation d'état non linéaire de la conviction d'un agent  $a_j$  après l'intervention d'un agent  $a_s$  sous la forme d'une équation aux différences de type  $c_j(k+1) = F(\pm c_j(k), \pm c_s(k))$ , puis en fonction de la conviction à  $k+1$  à détermi-

ner l'évolution de sa préférence. Ainsi, si l'ordre dans lequel s'expriment les agents est arbitraire, le consensus peut être long à obtenir et différent selon l'ordre de prise de parole. Les auteurs proposent alors un moyen de contrôler la dynamique du débat en désignant l'agent le plus apte à obtenir une majorité. Si aucun des agents ne peut faire augmenter la majorité en prenant la parole, alors la parole est donnée à l'agent qui possède le plus petit nombre de tours de paroles nécessaire pour provoquer un changement de préférence chez les agents qui ont une préférence opposée.

[2] propose donc d'une part, une équation d'état qui régit l'évolution de la conviction d'un agent sous l'influence des intervenants et, d'autre part, un mécanisme de contrôle qui vise à en modifier la dynamique pour accélérer la convergence vers un consensus.

Cette formulation de la dynamique de délibération est une réponse possible aux questions posées en conclusion de [1]. Au-delà de la justification du choix d'une intégrale de Sipos, le modèle nous paraît tout à fait pertinent à des fins de contrôle du débat parce que très proche des modèles pour la commande en automatique. Néanmoins, on peut s'étonner que la notion d'arguments en soit absente (alors que le modèle fait appel explicitement à la notion d'intervention) : la dynamique du débat serait indépendante de la pertinence des arguments échangés par les agents, mais ne reposerait que sur leur seule influence sociale. Une évolution possible du modèle de [2] serait de combiner la force d'un argument avancé par un agent avec son influence sociale. L'évolution et la révision des préférences d'un agent doivent alors intégrer les mécanismes d'un processus de négociation argumentée. Les modèles nécessaires ne relèvent plus de la théorie des jeux, mais de l'intelligence artificielle.

En effet, la théorie des jeux réduit la négociation à l'échange d'offres et de contre offres, jusqu'à trouver celle qui satisfait au mieux les agents (reste à s'entendre sur le sens de « au mieux » [10]). En dehors des hypothèses de modélisation pratiquées dans ces approches (la

négociation se réduit à échanger des offres et des contre offres ; les agents ont une connaissance parfaite et des préférences explicites précises qui restent les mêmes tout au long de la négociation), un autre inconvénient est qu'elles ne permettent pas d'échanger des informations sur les offres, de donner les raisons d'un rejet ou d'une acceptation. Par conséquent, qu'un agent puisse justifier son choix vis-à-vis des autres agents devrait améliorer efficacement la recherche mutuelle d'un compromis [4].

Amgoud et Prade se sont justement intéressés à l'intégration de l'argumentation dans la négociation [3-5]. Ils expliquent comment l'argumentation peut assister les agents dans leur raisonnement inférenciel et décisionnel à partir des informations dont ils disposent pour la résolution de conflits. Selon leur modèle inférenciel, un argument se compose de prémisses qui apportent une justification, une explication ou une preuve en faveur de la conclusion. La construction d'arguments se fait depuis une base de connaissances en fonction des croyances et des objectifs de l'agent. Un argument  $arg$  d'un agent  $a_j$  est représenté par un ensemble de connaissances, une alternative  $x$  et un but qui est satisfait ou violé quand l'alternative  $x$  est choisie. Les arguments de décision sont soit en faveur (PRO) ou contre (CON) une alternative  $x$ . Un ordre sur les arguments peut être défini selon le degré de certitude des connaissances qui les composent et le degré de priorité des buts qu'ils défendent ou attaquent afin de choisir le meilleur argument à tout moment du débat. On parlera de la force d'un argument. Une utilité qualitative pessimiste est utilisée pour évaluer les alternatives [11-12] en fonction des croyances et des objectifs. Les préférences des agents évoluent en fonction des arguments échangés ainsi sélectionnés.

Le raisonnement des agents, les protocoles d'interaction et les stratégies déterminent l'ordre dans lequel les arguments sont formulés et par conséquent définissent la dynamique du débat. Un protocole consiste essentiellement en un ensemble de règles qui gèrent le

bon comportement des agents en interaction afin de générer des dialogues. Plusieurs paramètres définissent un protocole, en particulier le tour de parole détermine les règles selon lesquelles les agents prennent la parole. Plusieurs protocoles, plus ou moins rigides peuvent ainsi être définis, mais ils reposent sur des règles qui définissent la dynamique du débat a priori et ne constituent donc pas à proprement parler de contrôle sur la dynamique du débat.

Nous proposons donc de lever la contrainte a priori sur le tour de parole dans un protocole, pour donner dynamiquement la parole aux agents les plus susceptibles de faire converger l'opinion vers un compromis à un instant donné. L'introduction de nouveaux arguments dans le débat modifie la perception de la situation par chacun des agents et par suite la probabilité de son inclination dans l'équation (5). Nous suggérons alors d'utiliser le modèle d'influence de Grabisch et Rubinowska pour piloter le débat qui supporte la décision : l'indice de pouvoir décisionnel est calculé après chaque échange d'arguments en fonction de la nouvelle distribution de probabilités des inclinations. Différents contrôles peuvent être envisagés selon la nature du débat : accélérer la convergence du débat, éviter les phénomènes de *groupthink* ou encore forcer une décision. Nous nous limitons dans le cadre de cet article à utiliser l'indice de pouvoir décisionnel pour désigner l'agent le plus susceptible d'emporter la décision afin de modifier la dynamique de la délibération.

Notre proposition reste sur un principe proche de [2]. Cependant, notre approche consiste à combiner les modèles de [1] et de [3-5] pour établir un modèle de l'évolution des préférences des agents. [3-5] fournissent les mécanismes de l'argumentation nécessaires à la révision des préférences, [1] offre les outils de contrôle. Notre modèle dynamique repose sur l'articulation suivante entre les deux modèles : les croyances des agents à un instant donné conditionnent les probabilités  $p(i)$  de leurs inclinations dans l'équation (5) et modifient l'analyse statistique de la décision de groupe dans la suite du débat. Les  $p(i)$  de (5) sont

ainsi vues comme des probabilités liées à un état des savoirs des agents  $a_j$  à un instant donné—*convictions* (pour reprendre les termes de [2]) plus ou moins prononcées selon les croyances mises à jour. Sur la base de cette réflexion, nous suggérons un modèle pour l'estimation des  $p(i)$ . L'indice de pouvoir décisionnel de chaque acteur est mis à jour à son tour et utilisé pour désigner l'intervenant *VIP* suivant dans la délibération.

### 3. Les phases de la délibération

Nous avons choisi de décomposer la délibération en étapes conformément à certaines études en psychosociologie [13] où il est considéré que la prise de décision de groupe passe par trois phases importantes : la collecte d'informations, l'évaluation et l'influence. La figure 1 en propose une représentation proche des schémas-blocs de l'automatique. Dans ce schéma, le procédé à contrôler est la délibération, la variable contrôlée est l'utilité attribuée aux alternatives, l'influence la grandeur de commande.

On considère un collectif d'acteurs  $A = \{a_1, \dots, a_n\}$  et  $X = \{-1, +1\}$  l'ensemble des alternatives.

Nous distinguons donc plusieurs phases dans la délibération. Le contrôle nécessite d'identifier l'agent qui a le plus de chance de rallier les autres à son choix pour une convergence plus rapide vers une décision stable (les évaluations des alternatives ne varient plus dans le temps). On donne donc la parole à cet agent, qui propose alors un argument. Les autres agents intègrent cet argument dans leur évaluation de la situation (calcul des inclinations et des probabilités associées) et révisent leur point de vue (calcul des décisions). Lorsque l'évaluation des alternatives n'évolue plus, c'est qu'il n'y a plus d'arguments probants pour que les agents reviennent sur leur opinion, la décision de groupe est prise (figure 1).

**Choix de l'Agent influent** : Il s'agit de déterminer l'agent  $a_{VIP(t)}$  qui a le plus de chance de

rallier les autres à son choix et de lui donner la parole. On utilise l'indice de pouvoir décisionnel de l'équation (5) pour identifier  $a_{VIP(t)}$  à l'instant  $t$ . Il est statistiquement celui dont la décision coïncidera le plus souvent avec la décision du groupe. Si on lui donne la parole, il est supposé rallier le maximum d'agents possible à sa préférence (figure 1).

**Introduction d'un nouvel argument** : L'agent  $a_{VIP(t)}$  propose au groupe un argument qu'il extrait de sa base de connaissances à  $t$ . On suppose que celui-ci adopte une stratégie coopérative [4]. Il choisit des arguments PRO pour défendre sa préférence ou des arguments CON pour attaquer l'autre alternative.

**Calcul des inclinations** : Dans cette phase, on suppose que chaque agent  $a_j$  évalue les alternatives de  $X$  à tout  $t$ . Cette évaluation est représentée ici par une fonction d'utilité qualitative  $E_{*j}^t$  sur  $X$  comme définie dans [11-12]. Sur la base des fonctions d'utilité attachées à chaque agent et du nouvel argument de  $a_{VIP(t)}$ , on construit le vecteur des inclinations à partir des bases de buts et de connaissances des agents à  $t$ , *i.e.*, les préférences a priori des agents pour  $+1$  ou  $-1$  à  $t$  si le processus de délibération devait s'arrêter là. On note ce vecteur  $i(t) \in I = X^n$  (figure 1).

**Calcul de la distribution de probabilité sur les inclinations** : Le modèle statistique de (5) nécessite que l'on affecte une distribution de probabilité aux vecteurs  $i(t) \in I = X^n$  au temps  $t$ . Dans notre proposition, l'idée intuitive consiste à considérer que plus l'écart entre les utilités de  $+1$  et  $-1$  est grand, plus il est probable que l'agent ait l'intention de voter pour l'option d'utilité maximale. Sur la base des probabilités des inclinations de chaque agent, on calcule alors la distribution de probabilité associée aux vecteurs  $i(t)$ .

Les probabilités d'occurrence associées aux  $i(t)$  doivent donc être recalculées chaque fois que les utilités sont mises à jour lors de l'ajout d'un nouvel argument. Il en va de même pour l'indice de pouvoir décisionnel (figure 1).

**Calcul des décisions** : quand la décision est stable, à l'aide de la fonction d'influence  $B$  et du vecteur  $i(t)$ , on calcule le vecteur des décisions  $Bi(t)$  si la délibération devait s'arrêter là.

**Convergence** : Lorsque les utilités des alternatives attribuées par les agents n'évoluent plus (ou qu'il n'y a plus d'arguments), les probabilités des inclinations ne changent plus, on calcule la décision du groupe selon une fonction  $gd : I \rightarrow X$  (figure 1). La boucle de contrôle porte sur l'utilité parce que sémantiquement cela nous semble le plus naturel : le débat devient inutile lorsque les positions des agents ne changent plus.

#### 4. Les Modèles associés

Nous proposons dans cette section les étapes de calcul nécessaires à la conception de la boucle de contrôle décrite précédemment.

**Calcul de l'utilité qualitative pessimiste** : [4] propose d'évaluer une alternative en fonction des croyances et des buts d'un agent  $a_j$ . Une représentation possibiliste de l'état mental d'un agent  $a_j$  est proposée à travers deux bases de connaissances stratifiées  $\mathcal{K}^j$  contenant des croyances avec leur degré de certitude et  $G^j$  contenant des objectifs avec leur degré de priorité.

Etant donné une distribution de possibilité  $\pi_d$  restreignant les états plausibles qui peuvent être atteints lorsqu'une décision  $d$  a lieu et  $\mu$  une fonction d'utilité qualitative toutes deux définies d'un ensemble d'interprétations  $\Omega$  vers une échelle finie linéairement ordonnée  $U = \{0, 1, \dots, l\}$ , une utilité qualitative pessimiste de  $d$  peut être définie par :

$$E_*(d) = \min_{\omega \in \Omega} \max(\mu(\omega), \text{inv}(\pi_d(\omega))) \quad (6)$$

Chaque agent  $a_j$  doit évaluer, en fonction de ses bases  $K^j$  et  $G^j$ , les  $E_{*j}(x)$  pour tout  $x \in X$  chaque fois qu'un nouvel argument est

proposé (figure 1). Nous avons choisi d'intégrer le nouvel argument dans les bases de croyances stratifiées  $K^j$  à la strate correspondant au degré de certitude accordé à l'argument par l'intervenant comme proposé dans [4].

**Probabilité des vecteurs d'inclination** : Il s'agit de calculer la distribution de probabilité des vecteurs  $i(t) \in I = X^n$  nécessaire au modèle statistique d'influence de (5). Lorsque l'agent  $a_j$  a estimé l'utilité de chacune des deux alternatives  $x \in X$ , il est supposé avoir une inclination plus ou moins marquée pour celle d'utilité maximale. Représentons le choix de l'agent  $a_j$  par une variable aléatoire discrète de Bernoulli  $X_j$  ( $X_j = \pm 1$ ). Intuitivement, on peut penser que l'agent  $a_j$  aura une inclination d'autant plus prononcée que l'écart  $|E_{*j}^t(+1) - E_{*j}^t(-1)|$  est grand à  $t$ , où l'écart entre les utilités qualitatives est le nombre de strates les séparant (les probabilités ont été représentées comme des fonctions continues de la variable discrète  $|E_{*j}^t(+1) - E_{*j}^t(-1)|$  pour simplifier les graphiques de la figure 2).

Ainsi, la probabilité de la variable  $X_j$  peut être reliée à la différence d'utilité entre les deux alternatives. Basiquement, on peut imaginer que dès que la différence d'utilité est strictement positive, alors l'agent exprime une préférence (Figure 2a). On peut aussi penser qu'en deçà d'un certain seuil, la différence de gain est perçue comme insignifiante et l'agent fait son choix sans en tenir compte (Figure 2b). Dans ce cas, il est nécessaire d'introduire un seuil  $\varepsilon_j$  pour définir la probabilité de  $x_j$ . On peut ensuite penser que ce seuil n'est pas défini précisément, on sait simplement qu'il appartient à un intervalle (Figure 2c). Cela revient à considérer que sur cet intervalle de valeurs, la probabilité de choisir  $x_j$  est une fonction strictement monotone de la différence d'utilité à définir. Sur l'exemple, les bornes de l'intervalle ont été choisies symé-

triques. Dans cet article, on considérera une approximation affine sur l'intervalle  $[-\varepsilon_j; \varepsilon_j]$ .

Ce choix peut se justifier de la façon suivante. On peut faire l'hypothèse que le seuil à partir duquel le gain (la différence d'utilité) est suffisant pour que l'agent fasse son choix est une variable aléatoire  $E$  suivant une loi uniforme définie sur  $[-\varepsilon_j; \varepsilon_j]$  de valeur  $1/2\varepsilon_j$  (hypothèse raisonnable sans plus d'information) et  $p_j(X_j = +1) = P(E < E_{*j}^{+1} - E_{*j}^{-1})$ , respectivement  $p_j(X_j = -1) = P(E < -(E_{*j}^{+1} - E_{*j}^{-1}))$  (Figure 2d).

On a ainsi défini la probabilité  $p_j$  que l'inclination d'un agent soit  $\pm 1$  à l'instant  $t$ , autrement dit la probabilité associée à  $i_j = \pm 1$  en fonction de la différence d'utilité des deux alternatives considérées. On définit alors la probabilité sur  $I = X^n$  (hypothèse d'indépendance due au choix subjectif de  $[-\varepsilon_j; \varepsilon_j]$  par l'agent  $a_j$ ).

$$p : I \rightarrow [0,1] \text{ telle que } p(i) = \prod_{j=1}^n p_j(i_j) \quad (7)$$

Pour un état des connaissances donné, à partir de  $K^j$  et  $G^j$  à  $t$ , on calcule pour tout agent  $a_j$ ,  $|E_{*j}^t(+1) - E_{*j}^t(-1)|$  par (6). On déduit alors la distribution de probabilité  $p(t)$  d'occurrence des vecteurs d'inclination  $i(t)$  à  $t$  en fonction de la connaissance disponible à  $t$  à partir de (7).

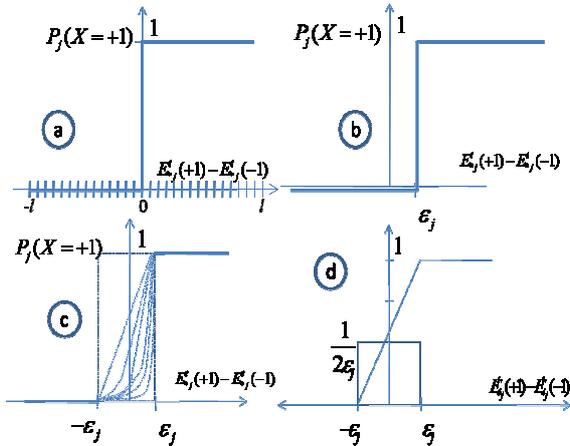


Figure 2 : Lien entre la probabilité du choix de l'agent  $a_j$  et la différence d'utilité (le gain)

**Prise de parole et influence** : Connaissant la distribution de probabilité des vecteurs d'inclination, on calcule le pouvoir décisionnel de chaque agent à  $t$  par (5). On identifie ainsi l'agent  $a_{VIP(t)}$  réputé être statistiquement le plus influent dans le groupe à  $t$  : celui-ci fait valoir l'argument le plus fort dont il dispose [4].

En pratique dans notre application, on peut imaginer que les agents confient au chef de crise leur intention de vote (il est peut-être préférable, il serait plutôt préférable, il est nettement préférable, etc.) et que celui-ci dispose ainsi d'une estimation de la distribution de probabilité nécessaire à la gouvernance du débat.

## Conclusion

Cet article propose un modèle dynamique du déroulement d'un débat. Le protocole qui régit les interventions et les stratégies d'argumentation des agents déterminent la dynamique du débat. Nous avons proposé de remplacer le tour de parole imposé statiquement par le protocole par un asservissement sur la dynamique du débat. Nous avons proposé comme grandeur de commande du débat l'influence d'un agent dans le réseau social constitué par les acteurs du débat. L'indice de pouvoir décisionnel généralisé de [1] est le modèle d'influence que nous avons retenu. Ce modèle statistique nécessite de définir les probabilités des inclinations des agents. Nous avons proposé une définition de cette distribution de probabilité basée sur la différence d'utilité entre les alternatives débattues. L'évolution des croyances des agents au cours du débat nécessite alors de calculer cette distribution à chaque argument échangé. Ce principe nous semble assez intuitif. En effet, cela signifie, entre autres, que l'influence d'un agent sur le groupe ne sera pas la même selon la conviction plus ou moins marquée des autres agents : la notion de conviction utilisée dans [2] serait ici assimilée à la probabilité d'une inclination. L'indice de pouvoir déci-

sionnel est alors lui aussi fonction du temps et peut être utilisé comme signal de commande.

L'objet de cet article était de donner le principe de la rétroaction sur le dialogue. Le contrôle qui y est proposé est élémentaire. On donne la parole à l'agent réputé être le plus performant à un instant  $t$ . Cela ne garantit pas de façon certaine une convergence plus rapide, on espère simplement que cet agent exercera habilement son *leadership*. D'autres contrôles plus complexes peuvent être envisagés (par exemple choisir l'agent le plus influent parmi les opposants à la décision qui semble se profiler afin d'éviter un phénomène de groupthink).

Une autre amélioration à apporter à notre modèle nous semble résider dans la phase de révision des croyances. En effet, aujourd'hui l'intégration d'un nouvel argument dans les bases de croyances stratifiées des autres agents se fait à la strate correspondant au degré de certitude accordé à l'argument par l'intervenant comme proposé dans [4]. Cette révision des croyances pourrait au moins tenir compte de l'influence de l'agent qui délivre l'argument.

## Références

[1] Grabisch, M. et Rusinowska, A. A model of influence in a social network. *Business and Economics*. s.l. : Springer Netherlands, 2008.  
 [2] Rico, A, Bonnevey, S., Lamure, M., Tounissoux, D. A debat modelisation with the Sipos integral. *LFA 2004*. Nantes, 2004.

[3] Amgoud, L., Belabbès, S. et Prade, H. Recherche de consensus entre des agents : une approche possibiliste basée sur l'argumentation. *LFA, 2004, Nantes, France*.  
 [4] Belabbès, S. Contribution aux systèmes de délibération multi-agent : une approche argumentative. *Ph.D. thesis. Toulouse : Université Toulouse III, 2007*.  
 [5] Amgoud, L., Prade, H. Using arguments for making and explaining decisions. *Artificial Intelligence*, 173(3-4): 413-436 (2009)  
 [6] Benaben, F., Hanachi, C., Matthieu, L., Couget, P., Chapurlat, V. A Metamodel and its Ontology to Guide Crisis Characterization and its Collaborative Management". *5<sup>th</sup> Int. Conf. on Information Systems for Crisis Response and Management, ISCRAM, 2008, Washington, USA*  
 [7] Couget, P., Benaben, F., Lauras, M., Hanachi, C., Chapurlat, V. Information Systems interoperability as a way to Partners Integration in a Crisis Context". *20<sup>th</sup> Int. Conf. on Software & Systems Engineering and their Applications, ICSSEA'07, 2007, Paris, France*.  
 [8] Hoede, C, Bakker, R. A theory of decisional power. *Journal of Mathematical Sociology* , 1982. 8:309-322.  
 [9] Grabisch, M., Perny, P. Agrégation multicritère. In *B. Bouchon and C. Marsala, editors, Utilisations de la logique floue*. 1999, Hermès.  
 [10] Labreuche, C. Une approche basée sur les coalitions en décision de groupe. *LFA'07, 2007, Nîmes, France*.  
 [11] Dubois, D. et Prade, H. Possibility theory as a basis for qualitative decision theory. *14th Intl Joint Conf on Artificial Intelligence, IJCAI*. Montréal, Canada, 1995. pp. 1924-1930.  
 [12] Dubois, D., Prade, H., Sabbadin, R. Decision theoretic foundations of qualitative possibility theory. *European Journal of Operational Research*, 128, 459-478, 2001.  
 [13] Anzieu, D. et Martin, J.Y. *La dynamique des groupes restreints*. PUF, 1982.

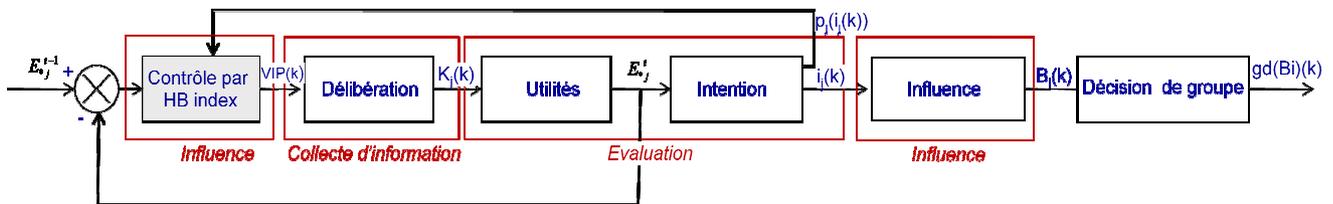


Figure 1 : Schéma de principe du processus de délibération