

Comment une majorité modérée bascule-t-elle dans l'extrémisme ? Explication à partir du modèle d'attraction proportionnelle à l'accord relatif

G. Deffuant¹ F. Amblard¹ G. Weisbuch² T. Faure¹

¹Laboratoire d'Ingénierie pour les Systèmes Complexes
Cemagref - Clermont-Ferrand
24, avenue des Landais - BP50085
63172 Aubière Cedex – FRANCE

(guillaume.deffuant; frederic.amblard; thierry.faure)@cemagref.fr

²Laboratoire de Physique Statistique
Ecole Normale Supérieure
24, rue Lhomond
75230 Paris Cedex 05 – FRANCE
weisbuch@physique.ens.fr

Résumé :

Nous modélisons la dynamique d'opinions d'une population en proposant un modèle d'interaction, le modèle d'attraction proportionnelle à l'accord relatif, qui est une variante des modèles d'attraction locale. Nous considérons une population d'individus décrits par une opinion continue et une incertitude. Lors de l'interaction entre deux agents, ils s'attirent mutuellement s'ils sont suffisamment proches l'un de l'autre : ils réduisent alors les écarts entre leurs opinions et leurs incertitudes. Les individus certains sont plus influents et moins influençables. Nous introduisons des extrémistes en attribuant une incertitude inférieure (donc une force de persuasion plus élevée) à la proportion d'agents aux extrémités de la distribution d'opinion. Nous étudions ensuite l'évolution de cette distribution. Suivant la valeur des paramètres, les extrémistes peuvent avoir une influence très locale ou au contraire attirer la population tout entière. Nous proposons une analyse qualitative du processus de convergence basée sur la notion de champ local.

Mots-clés : simulation individu-centrée, dynamique d'opinions, extrémistes

Abstract:

We model opinion dynamics in populations of agents with continuous opinion and uncertainty. The opinions and uncertainties are modified by random pair interactions. We propose a new model of interactions, called relative agreement model, which is a variant of the previously discussed bounded confidence. In this model, uncertainty as well as opinion can be modified by interactions. We introduce extremist agents by attributing a much lower uncertainty (and thus higher persuasion) to a small proportion of agents at the extremes of the opinion distribution. We study the evolution of the opinion distribution submitted to the relative agreement model. Depending upon the choice of parameters, the extremists can have a very local

influence or attract the whole population. We propose a qualitative analysis of the convergence process based on a local field notion. The genericity of the observed results is tested on several variants of the bounded confidence model.

Keywords: individual-based modelling, opinion dynamics, extremists

1 Introduction

Comment des opinions extrêmes, tout d'abord marginales, peuvent-elles devenir la norme pour une majorité de la population ? Plusieurs exemples dans l'histoire de l'humanité illustrent le fait que des communautés entières peuvent, plus ou moins radicalement, adopter une opinion extrême sous l'influence d'une minorité initialement réduite. Ce phénomène s'observe en politique ou dans le domaine religieux, mais aussi dans des registres plus légers, comme celui des phénomènes de mode par exemple, où le comportement de groupes minoritaires peut devenir la norme pour une majorité. Une bipolarisation forte des opinions peut aussi survenir, lorsque les deux extrêmes attirent une partie de la population. L'existence de groupes extrémistes marginaux qui n'ont pas ou très peu d'influence sur la population globale est enfin une situation courante. L'influence des agriculteurs « bio » sur la population agricole, qui a initialement motivé ce travail [5], reste très limitée dans les régions que nous avons étudiées.

Les tentatives qui ont jusque là été entreprises pour modéliser ce phénomène, considèrent généralement des opinions binaires et concernent souvent la capacité d'une minorité à se maintenir ou à maintenir sa puissance [9, 10, 12, 14]. Dans ces modèles, l'hypothèse d'opinions binaires ne permet cependant pas de distinguer les opinions modérées des opinions extrêmes. C'est la raison pour laquelle nous considérons ici une dynamique d'opinions continues. De plus, il nous faut tenir compte du contexte général (politique, socio-économique) qui concourt à une montée de l'extrémisme. Ce dernier intervient dans notre modèle au moyen de l'incertitude associée aux opinions. Un contexte de crise favorable à un essor de l'extrémisme, correspondra alors à des incertitudes très élevées.

Le modèle proposé est une extension des modèles « d'attraction locale » (BC) [3, 6, 11, 13]. Dans ces derniers, les agents ont des opinions continues. Une opinion traduit par exemple de degré d'approbation, ou de désapprobation, d'une option ou d'une attitude. Le fait de considérer une opinion continue permet de rendre compte de l'ensemble des nuances possibles. De plus, les interactions sont non linéaires : deux agents modifient leur point de vue uniquement si la distance entre leurs opinions est au-dessous d'un seuil donné. Ce seuil peut être interprété comme une incertitude autour de l'opinion, ou une l'inverse d'une conviction. En utilisant ce seuil, le modèle BC peut être vu comme une version non-linéaire de modèles de dynamiques d'opinions continues existants [1, 2, 7, 8]. Dans cet article, nous proposons une extension du modèle BC, le modèle d'attraction proportionnelle à l'accord relatif (AR). Comme dans le modèle BC, les opinions sont ajustées au cours d'interactions aléatoires entre paires d'agents. L'hypothèse principale du modèle AR est que l'influence d'un agent sur un autre est proportionnelle au recouvrement (accord) relatif entre leurs segments d'opinion. Ceci mène aux différences principales suivantes avec le modèle BC :

- l'influence varie inversement à l'incertitude de l'agent influent, ce qui rend les extrémistes (moins incertains selon nos hypothèses) plus influents,

- l'influence varie continûment en fonction de la distance entre les opinions.

D'autre part, au cours des interactions, les agents influencent aussi bien les incertitudes que les opinions des individus avec lesquels ils sont en interaction.

La partie 2 présente le modèle d'accord relatif. Nous introduisons ensuite des extrémistes dans le modèle (partie 3) et nous décrivons les différents régimes dynamiques correspondant. La partie 4 présente les résultats de simulation. Nous proposons enfin (partie 5) une analyse du processus de convergence sur des exemples typiques des différents régimes dynamiques.

2 Le modèle d'accord relatif

2.1 Définition du modèle

Nous considérons une population de N agents. Chaque agent i est caractérisé par deux variables réelles, son opinion x_i et son incertitude u_i . Nous appellerons le segment $s_i = [x_i - u_i, x_i + u_i]$: segment d'opinion de l'agent i . L'ensemble des opinions de la population est initialisé arbitrairement à partir d'une distribution uniforme sur $[-1 ; +1]$.

Nous supposons que des interactions ont lieu aléatoirement par paires d'agents (i, j) de la population (cas complètement connecté): le changement d'opinion x_j de l'agent j sous l'influence de l'agent i est proportionnel à la superposition entre leurs deux segments d'opinions (l'accord), divisée par l'incertitude de l'agent i . Quand les agents ont des incertitudes différentes, l'influence réelle est alors dissymétrique, du fait de la division par l'incertitude de l'agent influençant (Fig.1).

Plus précisément, considérons les segments $s_i = [x_i - u_i, x_i + u_i]$ et $s_j = [x_j - u_j, x_j + u_j]$, nous définissons l'accord de l'agent i avec j (il n'est pas symétrique) comme la différence entre la

partie recouverte de s_i et s_j , et la partie non-recouverte de s_i (Fig.1).

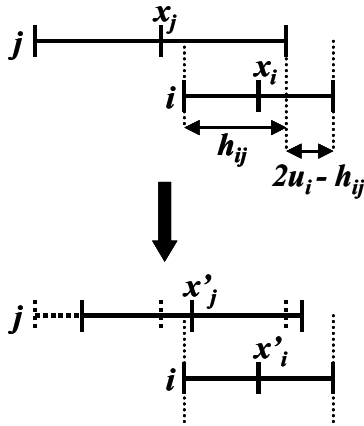


FIG. 1 – L'agent i influence l'agent j (respectivement d'opinions x_i et x_j et d'incertitudes u_i et u_j), h_{ij} est le recouvrement de i et j et $2u_i - h_{ij}$ est la partie de j non-recouverte avec i . En bas, les lignes en pointillés et continues représentent la position du segment avant et après interaction.

Le recouvrement h_{ij} est ainsi :

$$h_{ij} = \min(x_i + u_i, x_j + u_j) - \max(x_i - u_i, x_j - u_j)$$

Et la largeur de la partie non-recouverte est donc: $2 \cdot u_i - h_{ij}$

L'accord de i avec j est donc la différence entre la partie recouverte et celle qui ne l'est pas, soit: $h_{ij} - (2 \cdot u_i - h_{ij}) = 2 \cdot (h_{ij} - u_i)$

L'accord relatif correspond alors à l'accord, divisé par la longueur de s_i : $\frac{2 \cdot (h_{ij} - u_i)}{2 \cdot u_i} = \frac{h_{ij} - u_i}{u_i}$

Si $h_{ij} > u_i$, on applique alors les modifications suivantes:

$$x_j := x_j + \mu \cdot \left(\frac{h_{ij}}{u_i} - 1 \right) \cdot (x_i - x_j)$$

$$u_j := u_j + \mu \cdot \left(\frac{h_{ij}}{u_i} - 1 \right) \cdot (u_i - u_j)$$

où μ est un paramètre constant dont l'amplitude contrôle la vitesse de la dynamique.

Si $h_{ij} \leq u_i$, il n'y a pas d'influence de i sur j .

Les principales caractéristiques de ce modèle sont les suivantes:

- Au cours des interactions, les opinions et les incertitudes associées peuvent être modifiées.
- L'influence n'est pas symétrique : quand les deux agents ont des incertitudes différentes, les agents plus "sûrs d'eux" (faible incertitude) sont plus influents.
- Les modifications de x_j et u_j varient de manière continue quand x_j , u_j , x_i et u_i varient de manière continue, ce qui n'est pas le cas pour le modèle BC.

2.2 Cas d'incertitude identique pour toute la population

Le comportement général du modèle est alors similaire à celui du modèle BC: les maxima locaux de densité d'opinions tendent à s'amplifier en absorbant les opinions situées à une distance u . Le modèle converge vers la formation de clusters d'opinions, plus ou moins également distribués, suivant la distribution initiale des maxima locaux. Pour une incertitude initiale constante u pour toute la population, et pour une distribution initiale uniforme de largeur w , le nombre moyen de clusters est alors proche de $w/2u$ [4].

3 Introduction d'extrémistes dans le modèle d'accord relatif

3.1 Introduction des extrémistes

Nous introduisons les extrémistes dans notre population en supposant que ces derniers, situés aux extrémités de la distribution d'opinion, sont plus sûrs d'eux (leur incertitude est plus faible). Soit u_e l'incertitude des extrémistes, et U , l'incertitude des modérés, on suppose donc que $u_e < U$. Soit p_e la proportion d'extrémistes dans la population, p_+ et p_- sont les proportions d'extrémistes respectivement situées aux extrémités positives et négatives de la distribution d'opinions. La différence relative entre les proportions d'extrémistes positifs et négatifs est alors: $\delta = |p_+ - p_-| / (p_+ + p_-)$

En pratique, nous déterminons les opinions initiales de notre population en suivant une loi uniforme, puis nous associons aux Np_+ opinions les plus positives et aux Np_- les plus négatives, l'incertitude u_e , les autres ayant l'incertitude U .

3.2 Les attracteurs: bipolarisation ou polarisation unique

Ce modèle très simplifié de l'extrémisme, exhibe trois régimes dynamiques différents. Ainsi, nous observons des zones de paramètres pour lesquelles les extrémistes ont une faible influence sur le reste de la population, et d'autres pour lesquelles au contraire, la majorité de la population devient extrémiste, en convergeant vers les deux extrêmes, ou vers un seul. L'ensemble des figures qui suit exhibe ces différents régimes dynamiques. Pour chacune d'elle, l'axe des abscisses représente le temps (en nombre d'itérations), l'axe des ordonnées représente les opinions, et les nuances de gris l'incertitude (plus la courbe est foncée, plus l'incertitude est faible). Chaque trajectoire permet ainsi de suivre l'évolution en opinion et en incertitude d'un agent. Les paramètres communs à l'ensemble de ces figures sont : $\mu = 0.5$, $\delta = 0$, $u_e = 0.1$ et $N = 200$. Le paramètre d'incertitude U des modérés de la population augmente de la figure 2 à la figure 4.

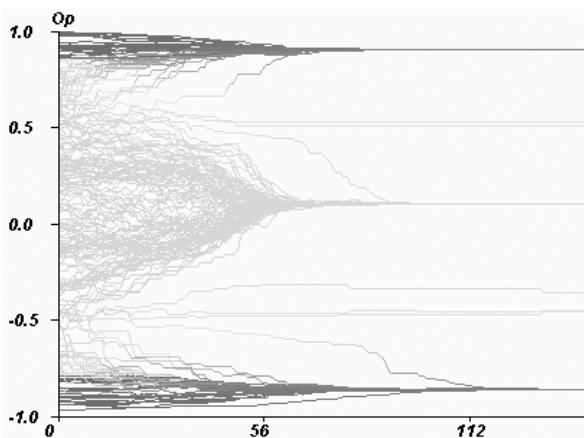


FIG. 2 – Exemple de convergence centrale. $p_e = 0.2$, $U = 0.4$. La majorité (96%) des agents modérés n'est pas attirée par les extrêmes.

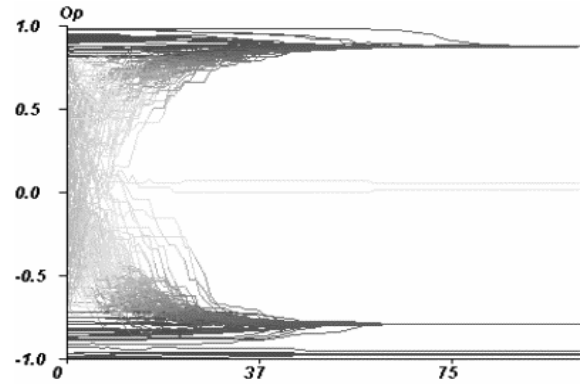


FIG. 3 – Exemple de convergence vers les deux extrêmes (46% et 53%) $p_e = 0.25$, $U = 1.2$.

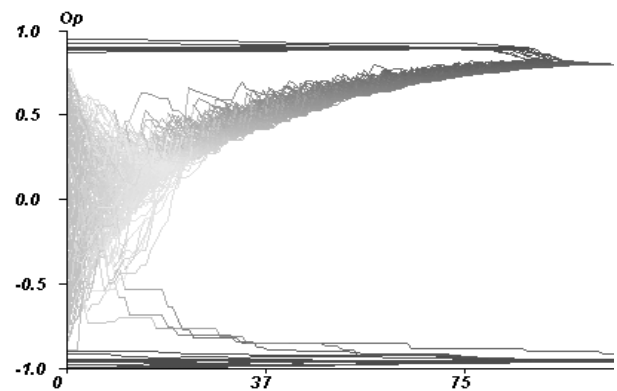


FIG. 4 – Exemple de convergence vers un seul extrême. $p_e = 0.1$, $U = 1.4$. La majorité des agents est attirée par l'extrême positif.

D'autres simulations pour le même jeu de paramètres que celui de la figure 4, conduisent cependant à une convergence centrale (Fig.5). Cette dépendance du type d'attracteur aux conditions initiales est un signe d'instabilité.

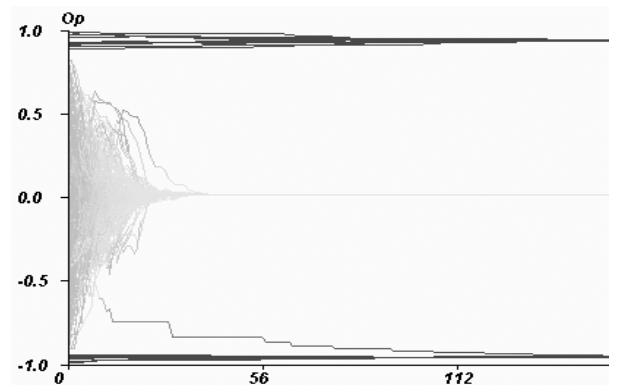


FIG. 5 – Un cas de convergence centrale pour des paramètres identiques à ceux de la figure 4. $p_e = 0.1$, $U = 1.4$. La majorité reste au centre.

Les changements de nuances de gris (incertitudes) montrent que dans chacun des

trois cas, le regroupement concerne aussi bien les opinions que les incertitudes.

4 Résultats généraux

4.1 Indicateur de type de convergence

Pour exprimer les résultats de l'exploration plus aisément, nous utilisons un indicateur de type de convergence, noté y : $y = p'_+ + p'^{-2}$ où p'_+ et p'^{-} sont les proportions d'agents initialement modérés qui deviennent extrémistes (respectivement positifs et négatifs). Ainsi :

- Si aucun des agents modérés ne devient extrémiste (cas de convergence centrale), alors p'_+ et p'^{-} sont nuls et $y = 0$.

- Si les agents modérés convergent équitablement vers les deux extrêmes, nous avons alors $p'_+ = 0.5$ et $p'^{-} = 0.5$, d'où $y = 0.5$.

- Si les agents modérés convergent vers un seul extrême, par exemple le positif, nous avons $p'_+ = 1$ et $p'^{-} = 0$, d'où $y = 1$.

Les valeurs intermédiaires de y correspondant à des situations intermédiaires, la valeur de cet indicateur nous permet aisément de déterminer le type de convergence :

4.2 Formes typiques de y

Le comportement du modèle dans l'espace des paramètres peut être présenté lisiblement sous la forme des variations de moyennes de y en fonction de U et p_e . Nous observons alors une forme typique de y , pour $\delta = 0$ (extrémistes initialement équilibrés), et une forme différente pour $\delta > 0$ (déséquilibre initial entre les extrémistes).

On peut alors identifier quatre régions pour lesquelles les valeurs de y correspondent aux trois régimes dynamiques. Les deux zones blanches et jaunes correspondent ainsi à des convergences centrales, la zone orange à des convergences vers les deux extrêmes et la zone marron vers un seul extrême. Les diagrammes (Fig.6) montrent cependant de larges zones

pour lesquelles les valeurs de y sont intermédiaires. Les régimes dynamiques purs ($y = 0$; 0.5 ou 1) sont ainsi séparés par des zones où les valeurs intermédiaires de y associées à fort écart-type peuvent être dues : soit à une distribution bimodale d'attracteurs purs, causée par la stochasticité de la distribution initiale et de la sélection des interactions, soit à une distribution unimodale d'attracteurs plus complexes ayant des clusters d'agents de tailles différentes.

L'histogramme des valeurs de y prises sur la ligne horizontale $p_e = 0.125$ supprime toute ambiguïté sur la nature des attracteurs dans ces zones intermédiaires (Fig.7). Ainsi, nous observons que les zones intermédiaires pour U faible correspondent à une distribution unimodale de y entre 0 (convergence centrale) et 0.5 (convergence vers deux extrêmes), alors que pour U élevé, elles correspondent à une distribution bimodale de convergences centrales (0) et vers un seul extrême (1).

4.3 Influence des autres paramètres

Nous avons réalisé une exploration systématique de l'espace des paramètres pour identifier l'influence des différents paramètres sur les différents types de convergence. Cette exploration [4] a conduit aux résultats suivants :

- Quand l'intensité des interactions (μ) augmente, la zone de convergence vers deux extrêmes augmente et la zone de convergence vers un seul extrême diminue. De plus, dans le cas d'un nombre équilibré d'extrémistes des deux cotés ($\delta = 0$), la zone de convergence centrale située entre ces deux dernières décroît.

- Quand le rapport initial entre les deux extrêmes (δ) augmente, les zones de convergence vers un ou deux extrêmes diminuent.

- Il n'y a pas d'influence significative de l'incertitude des extrémistes (u_e) sur les patterns observés tant que la relation $u_e < U$ est conservée.

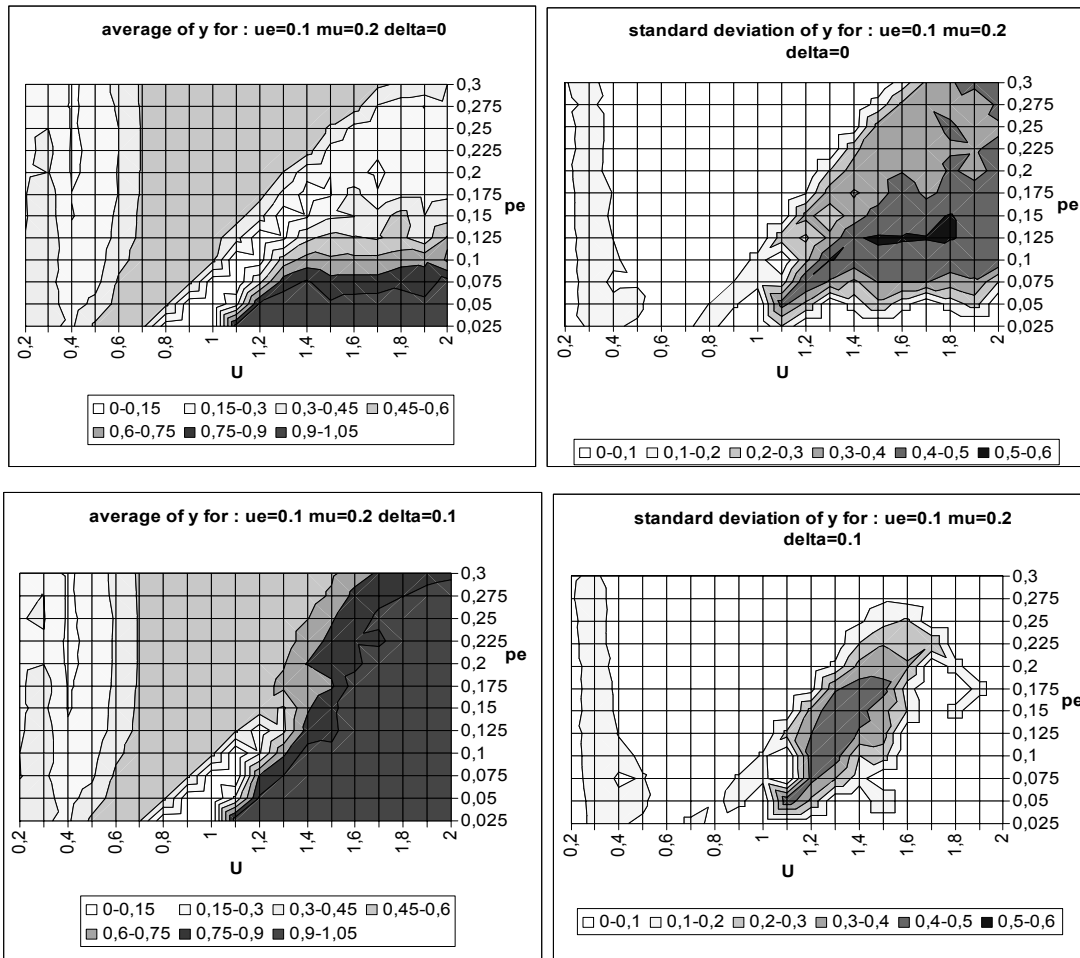


FIG. 6 – Formes typiques de la moyenne de y et de son écart-type pour 50 simulations (à chaque point de la carte) fonction de l'incertitude des agents modérés (U) et de la proportion d'extrémistes (p_e) pour $\delta=0$ (en haut) et $\delta=0.1$ (en bas). Avec $u_e=0.1$, $\mu=0.2$, $N=1000$.

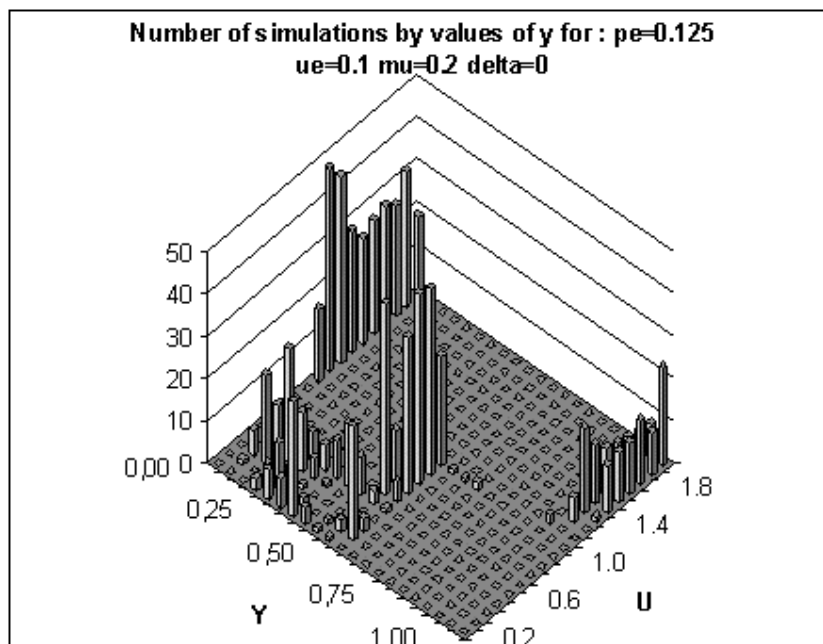


FIG. 7 – Histogramme des valeurs de y sur la ligne $p_e = 0.125$ de la figure 6 avec $\delta = 0$.

5 Analyse de la convergence

5.1 Méthode d'analyse

Nous proposons maintenant une analyse plus précise du processus de convergence sur des cas représentatifs de chacun des régimes dynamiques. Pour ce faire, nous introduisons un indicateur représentant la contribution des extrémistes à l'influence moyenne de la population sur l'opinion de chaque agent. Ainsi, pour chaque agent j à chaque itération, nous calculons E_j , qui est le rapport entre l'influence due aux extrémistes et l'influence

$$\text{globale moyenne: } E_j = \frac{\sum_{i=\text{extremist}} \delta x_{ij}}{\sum_i \delta x_{ij}}$$

Où δx_{ij} est la modification virtuelle de l'opinion de l'agent j sous l'influence de l'agent i . Dans la suite, nous représentons E_j par des nuances de gris et nous bornons artificiellement ses valeurs négatives par -1 . Ainsi, quand δx_{ij} est proche de 1 , l'influence globale moyenne est en majeure partie due aux extrémistes, et quand δx_{ij} est proche de -1 , les extrémistes ont une influence qui est opposée à l'influence globale moyenne.

5.2 Convergence centrale pour une incertitude initiale faible des modérés

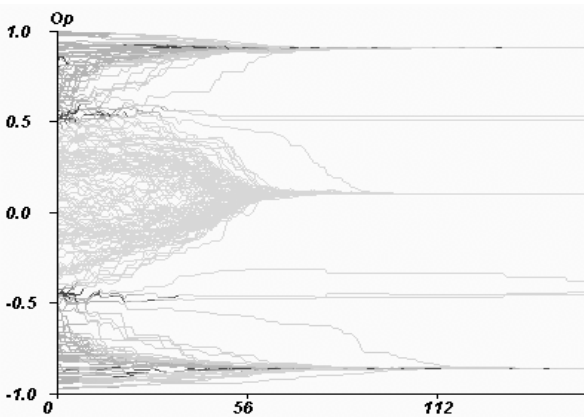


FIG. 8 – Poids des extrémistes dans l'influence moyenne pour $U=0.4$, $p_e=0.2$, $\delta=0$, $N=200$.

La figure 8 exhibe deux grands types de trajectoires: les gris-intermédiaire, proches des extrêmes, sont principalement dues à

l'influence des extrémistes, et les claires qui ne subissent pas leur influence. A la limite de la zone d'influence des extrémistes, on voit de plus quelques trajectoires foncées qui indiquent que l'influence moyenne globale et celle des extrémistes sont opposées, et peuvent se neutraliser. C'est pourquoi quelques agents continuent horizontalement à partir de cette zone. Cette situation correspond au cas intuitif où les extrémistes attirent uniquement les parties de la population qui sont proches de leurs opinions.

5.3 Convergence vers deux extrêmes

La convergence vers deux extrêmes peut intervenir pour différentes valeurs d'incertitude des agents modérés. La figure 9 illustre un premier exemple pour une incertitude faible ($U=0.8$), et la figure 10, pour une incertitude plus élevée ($U=1.6$).

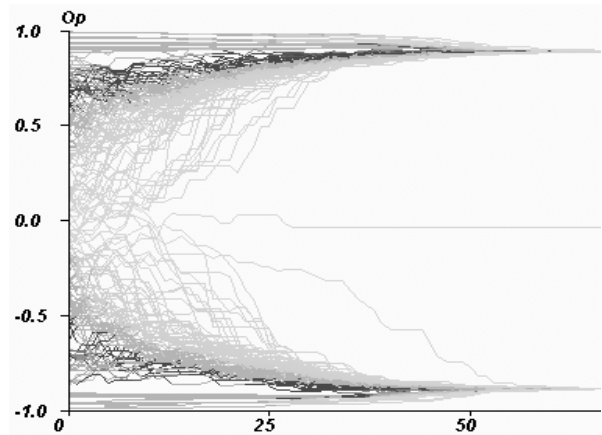


FIG. 9 – Poids des extrémistes dans l'influence moyenne $p_e=0.15$, $U=0.8$, $\mu=0.5$, $\delta=0$.

On s'attendrait à ce que la convergence vers deux extrêmes corresponde à une extension de l'attraction des extrémistes observée (Fig.8). L'analyse de la figure 9 nous prouve que ce n'est pas exactement le cas. Les agents qui sont principalement attirés par les extrêmes (trajectoires gris-intermédiaire) ont initialement des opinions autour de 0 . Au contraire, les agents qui sont proches des extrêmes ont tendance à être davantage attirés par le centre (trajectoires foncées). La raison en est qu'avec une incertitude initiale de 0.8 , les agents qui sont proches des extrêmes, ont

une large partie de leur segment qui se trouve en dehors de la largeur de la distribution initiale. Ils subissent donc une influence plus forte de la part de la population centrale, influence qui n'est pas compensée par la présence des extrémistes. Au contraire, les agents qui ont une opinion plus proche du centre ont des extrémistes situés à une extrémité de leur segment et des agents modérés partout ailleurs. De plus, avant la décroissance finale, l'attraction devient plus forte du fait que la distance entre les agents s'accroît (cf. partie 2). L'influence comparativement plus forte des extrémistes produit ainsi une sorte d'effet levier qui est déterminant.

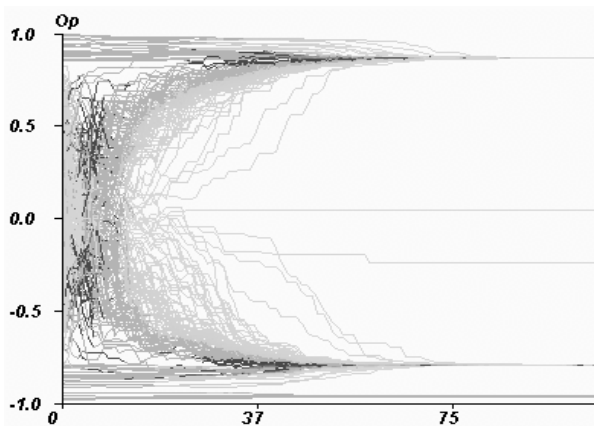


FIG. 10 – Poids des extrémistes sur l'influence moyenne pour $U=1.6$, $p_e=0.2$, $\mu=0.5$, $\delta=0$.

La figure 10 montre une convergence vers deux extrêmes pour une valeur plus élevée de l'incertitude ($U=1.6$) et pour une plus large proportion d'extrémistes. Le processus est alors bien différent. Au départ, les agents modérés ont tendance à se regrouper au centre, et l'influence des extrémistes est faible (gris claire). Dans un second temps, il y a une forte compétition entre l'influence des extrémistes et celle des modérés (parties foncées). La raison en est que l'incertitude des agents diminue globalement pour atteindre des valeurs pour lesquelles les agents ont un seul extrême à l'extrémité de leur segment d'opinion, ce qui augmente l'influence des extrémistes. Finalement, les extrémistes gagnent cette compétition et divisent la population en deux parts égales. Si la

proportion d'extrémistes avait été plus faible, le regroupement au centre l'aurait emporté comme on le verra dans le paragraphe suivant.

5.4 Convergence vers un seul extrême

La figure 11 montre un exemple de convergence vers un seul extrême. Dans ce cas, la proportion d'extrémistes est faible et leur rôle est très limité au départ (une majorité de trajectoires claires), à l'exception du centre où des parties gris-intermédiaire apparaissent.

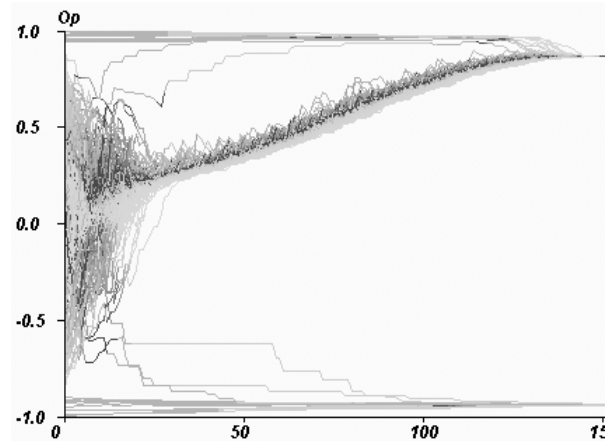


FIG. 11 – Poids des extrémistes dans l'influence moyenne pour $U=1.4$, $p_e=0.1$, $\mu=0.5$, $\delta=0$.

Dans un premier temps, une compétition entre regroupement et dispersion apparaît (parties foncées), qui est remportée par le processus de regroupement au centre. Au cours de cette phase un nombre limité d'agents modérés rejoint les extrêmes. On remarque que le processus n'est pas parfaitement symétrique, du fait de la stochasticité introduite par la distribution initiale et par la sélection aléatoire des interactions. En particulier, à la fin de la phase de regroupement central, la partie inférieure est claire, indiquant que les extrémistes négatifs ne sont plus en contact avec le centre. Seuls les extrémistes positifs ont alors une influence sur le regroupement central et l'attirent à eux progressivement.

Au cours de la dérive progressive vers l'extrême positif, on peut distinguer trois zones dans l'ensemble de trajectoires: gris-intermédiaire en bas, foncées en haut et au centre, ainsi qu'un ensemble de morceaux de

trajectoires claires qui forment des boucles dans la partie haute de l'ensemble (Fig.11). L'interprétation en est la suivante:

- Les agents qui sont dans la moitié inférieure du regroupement, ont tendance à monter, sous l'influence des extrémistes positifs et sous la tendance au regroupement. Le poids des extrémistes est élevé ici parce que la densité est supérieure. L'influence de la majorité est alors faible (en moyenne) comparée à celle des extrémistes. Il s'agit donc là de la raison majeure de la dérive vers l'extrême : le cœur du regroupement est sous l'influence des extrémistes.

- Les agents qui sont dans la moitié supérieure du regroupement (foncé), sont soumis à des influences contradictoires : ils ont tendance à la fois à descendre vers le centre de gravité du regroupement et à monter sous l'influence des extrémistes.

- Quand les agents sont attirés par les extrémistes et dévient de la majorité, l'influence de cette dernière devient plus forte (car ils en sont plus éloignés). Ils ont alors tendance à retourner au centre du regroupement. Malgré cela, en se rapprochant du centre, ils attirent aussi vers le haut quelques agents. Ceci contribue aussi à la dérive progressive vers l'extrême positif.

5.5 Convergence centrale à la frontière entre convergence vers deux extrêmes et convergence vers un seul extrême

La figure 12 montre un exemple de convergence centrale obtenue pour les mêmes paramètres que ceux de la figure 11 ($U = 1.4$, $p_e = 10\%$).

Le début du processus est identique à celui de la figure 11 : les extrémistes ont une faible influence au départ, puis, quand l'incertitude diminue, il y a ici aussi compétition entre l'attraction des extrêmes et celle du centre (parties foncées). Finalement, ici, c'est le processus de convergence centrale qui l'emporte. Dans ce cas, le regroupement central est très proche de 0 et le contact avec les extrêmes est perdu du fait de la diminution

des incertitudes (les trajectoires deviennent claires). Les fluctuations des positions autour du regroupement central expliquent pourquoi pour des valeurs de paramètres identiques, la population converge soit vers un extrême, soit au centre.

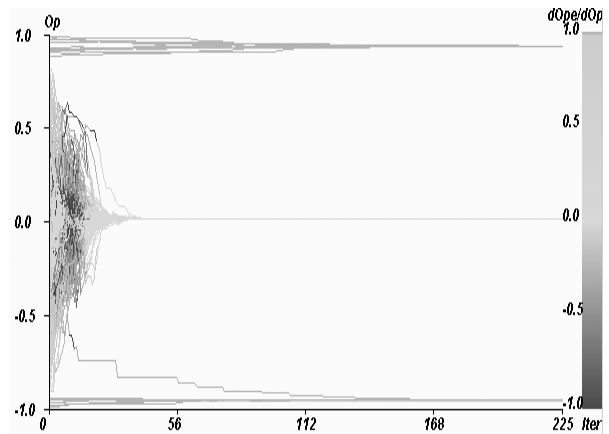


FIG. 12 – Poids des extrémistes dans l'influence moyenne pour $U=1.4$, $p_e=0.1$, $\mu=0.5$, $\delta=0$.

6 Discussion - Conclusion

Le comportement du modèle d'accord relatif peut être synthétisé comme suit. Pour des incertitudes faibles des modérés, l'influence des extrémistes est limitée aux agents qui étaient initialement proches d'eux, et on obtient une convergence centrale. Pour des incertitudes plus élevées des modérés, les extrêmes tendent à prévaloir, conduisant soit à une bipolarisation de la population soit à une convergence vers un seul extrême. Quand l'incertitude est forte, les extrémistes peu nombreux et en nombre égal de chaque côté, une instabilité apparaît entre convergence centrale et convergence vers un extrême. Celle-ci est due aux variations de la position du regroupement central qui se forme au début du processus, conjointement avec une diminution de l'incertitude.

Certains aspects du modèle AR semblent cohérents comme métaphore pour des dynamiques sociales, le fait que l'extrémisme s'impose plus facilement quand la population est très incertaine semble ainsi un point de vue assez communément répandu. Dans le cas

d'une convergence centrale avec une incertitude initiale faible, la récupération par les extrêmes des agents les plus proche d'eux n'est, elle aussi pas très surprenante. D'autres aspects du comportement du modèle AR le sont en revanche davantage. Le fait, par exemple, qu'une dérive vers un seul extrême advienne après une phase de fort consensus sur une opinion modérée, mais ayant une complaisance similaire pour chacun des deux extrêmes est beaucoup moins intuitif. Le fait que, pour des incertitudes élevées, ce sont les agents les plus centraux qui ont tendance à conduire la dérive vers les extrêmes, alors que les agents les plus proches de ces derniers tendent à se regrouper au centre, n'était pas, non plus, anticipé.

Références

- [1] S. Chatterjee et E. Seneta, E., Toward consensus: some convergence theorems on repeated averaging, *Journal of Applied Probability*, **Vol. 14**, pp 89-97, 1977
- [2] J. Cohen, J. Kajnal, et C.M. Newman, Approaching consensus can be delicate when positions harden, *Stochastic Processes and their Applications*, **Vol. 22**, pp 315-322, 1986
- [3] G. Deffuant, D. Neau, F. Amblard, et G. Weisbuch, Mixing beliefs among interacting agents, *Advances in Complex Systems*, **Vol. 3**, pp 87-98, 2000
- [4] G. Deffuant, F. Amblard, G. Weisbuch et T. Faure, How can extremism prevail? A study based on the relative agreement interaction model, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, **Vol. 5**, n°4, 2002
- [5] G. Deffuant, Final report of project FAIR-3-CT-2092. Improving Agri-environmental Policies: A Simulation Approach to the Cognitive Properties of Farmers and Institutions, <http://www.lisc.clermont.cemagref.fr/ImagProject/default.asp>, 2001
- [6] J.C. Dittmer, Consensus formation under bounded confidence, *Nonlinear Analysis*, **Vol. 47**, pp 4615-4621, 2001
- [7] N.E. Friedkin et E.C. Johnsen, Social influence and opinions, *Journal of Mathematical Sociology*, **Vol. 15**, pp 193-206, 1990
- [8] N.E. Friedkin et E.C. Johnsen, Social influence networks and opinion change, *Advances in Group Processes*, **Vol. 16**, pp 1-29, 1999
- [9] S. Galam, Rational Group Decision Making: a random field Ising model at $T=0$, *Physica A*, **Vol. 238**, pp 66-80, 1997
- [10] S. Galam et S. Wonzak, Dictatorship from Majority Rule Voting, *European Physical Journal B*, **Vol. 18**, pp 183-186, 2000
- [11] R. Hegselmann et U. Krause, Opinion Dynamics and Bounded Confidence Models, Analysis and Simulation, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, **Vol. 5**, n°3, 2002
- [12] K. Kacpersky et J. Holyst, Phase transition as a persistent feature of groups with leaders in models of opinion formation, *Physica A*, **Vol. 287**, pp 631-643, 2000
- [13] U. Krause, A discrete nonlinear and non-autonomous model of consensus formation, dans : *Communications in Difference Equations*, Gordon and Breach, pp 227-236, 2000
- [14] B. Latané et A. Nowak, Self-Organizing Social Systems: Necessary and Sufficient Conditions for the Emergence of Clustering, Consolidation, and Continuing Diversity, dans : *Progress in Communication Sciences*, Ablex, pp 1-24, 1997
- [15] G. Weisbuch, G. Deffuant, F. Amblard et J.-P. Nadal, Meet, discuss and segregate! *Complexity*, **Vol. 7**, pp55-63, 2002