

Projet de thèse Agorantic 2021/2024 Contrat doctoral fléché FR Agorantic:

Dynamiques d'opinion sur les réseaux sociaux numériques avec
usagers stratégès

LIA-LBNC

Directeur de thèse :

Yezekael Hayel, Laboratoire Informatique d'Avignon (LIA)

yezekael.hayel@univ-avignon.fr, 0490843536

Co-directeur (obligatoire pour la FR Agorantic) :

Pierre-Henri Morand, Laboratoire Biens, Normes, Contrats (LBNC)

pierre-henri.morand@univ-avignon.fr, 0490162751

Titre en anglais : Opinion dynamics in online social networks

Résumé : Cette thèse a pour objectif de proposer une modélisation des dynamiques d'opinion dans les réseaux sociaux dans laquelle chaque individu se voit caractériser non par une règle d'évolution de son opinion ou de ses choix ad hoc et déterminée ex ante, mais résultant de l'optimisation de sa propre satisfaction individuelle, en fonction de ses propres préférences et de la fonction d'utilité qui les représente. La prise en considération explicite de fonctions d'utilités dans la caractérisation des agents permet en retour d'étudier, à côté des propriétés standard des dynamiques d'opinion, des propriétés normatives des équilibres obtenus, en terme de surplus et de bien-être collectif.

Mots-clés : Dynamiques d'opinion, réseaux sociaux, modélisation multi-agents

1 Présentation détaillée du sujet :

1.1 Contexte et enjeux

Le début de l'année 2021 aura été marqué par un important exode vers l'application Signal des utilisateurs de WhatsApp suite à une nouvelle politique de confidentialité choisie par Facebook (propriétaire de Whatsapp), donnant l'accès aux données de la messagerie instantanée vers le réseau social du même nom. Durant exactement la même période, l'opinion publique semblait se polariser à travers les réseaux sociaux numériques autour des questions relatives à la crise de la COVID-19 (Pro et anti-vax, pro-Raoult et anti-Raoult, contempteurs et défenseurs de la politique de santé publique du gouvernement). Si ces phénomènes touchent à des questions de nature fondamentalement différentes (choix d'un réseau de communication, avis sur un dispositif médical dont l'utilité pour l'utilisateur ne se révèle pas par son usage, opinion sur des alternatives politiques), elles procèdent en partie d'un même phénomène : nos opinions se forment, évoluent, convergent ou divergent à travers les interactions que nous avons avec nos pairs. La contagion des idées et des croyances procède d'une dynamique spécifique. Les réseaux sociaux numériques, en renforçant le nombre et en modifiant la nature de nos interactions sociales amplifient ces phénomènes. Les étudier, en comprendre la nature profonde est un enjeu majeur de l'analyse des sociétés numériques.

Comme le notent Solal and Tallon [2006], on peut distinguer deux supports sur lesquels la contagion opère : (1) la contagion peut se produire au niveau des croyances des agents (mes croyances sont « contaminées » par celles de mes voisins, collègues ou amis), (2) la contagion peut intervenir au niveau des actions (« je fais ce que mon voisin fait »). Ces deux types de contagion ne sont évidemment pas exclusifs l'un de l'autre. De plus, la structure d'interaction entre les agents peut favoriser ou non la propagation d'une croyance ou d'une action. Cette structure d'interaction, souvent modélisée à l'aide d'un réseau, autorise un dialogue entre la théorie des réseaux sociaux et les processus de contagion. Or, on peut, à la suite de Jackson [2010] noter que la nature interdisciplinaire et pluridisciplinaire de la recherche sur les réseaux implique des connaissances assez diffuses ; il y a beaucoup à gagner à en rassembler les aspects de différents domaines dans un traitement unifié. D'importantes recherches sur les réseaux ont été menées en sociologie, en économie, en physique, en mathématiques et en informatique, et ces disciplines adoptent des approches différentes et posent des questions variées. Cela rend aujourd'hui important de jeter un pont entre ces littératures. Dit en d'autres termes, compte-tenu de l'état de l'art sur ce sujet, étudier les dynamiques d'option sur les réseaux sociaux numériques est une tâche désormais essentiellement *pluri-disciplinaire*.

La difficulté à transposer dans une discipline les résultats obtenus dans une autre sont aisément compréhensibles. À titre d'illustration, l'approche économique fera généralement l'hypothèse d'agents rationnels et bayésiens qui interagissent à travers les réseaux. Cette hypothèse permettant d'identifier les comportements stratégiques en oeuvre, est cohérente avec la représentation dominante en économie des décisions prises par des êtres humains. Malheureusement, la complexité des modèles qui incorporent ce cadre d'hypothèse rend difficile l'analyse des dynamiques et ne permet pas d'offrir une analyse qui puisse être généralisée à l'échelle et nécessite

d'incorporer des contraintes sur la forme et la taille des réseaux considérés. À l'inverse, des modélisations à l'aide de systèmes multi-agents et avec certaines hypothèses d'homogénéité et de structure d'interactions peuvent amener à des analyses théoriques possibles. Dans le cas des dynamiques d'opinion, les premiers modèles de type HK Hegselmann and Krause [2002] amènent à l'analyse de systèmes dynamiques simples en temps discret ou d'équations différentielles en temps continu. L'inconvénient majeur de ces modèles algorithmiques sont les hypothèses qui fondent les décisions des agents représentés qui peuvent parfois être éloignées des arbitrages économiques réels, notamment concernant le comportement des usagers.

Le noeud de la difficulté tient à l'objet central de l'attention portée par les différentes disciplines. Pour l'économiste, comprendre la décision individuelle est primordiale et représenter l'individu par une règle de comportement trop fruste, non fondée sur une stratégie explicite de maximisation d'une fonction d'utilité qui traduit ses préférences individuelles, limite la capacité d'analyse des résultats produits. À l'inverse, le coeur de l'attention de la science informatique réside dans la dynamique d'interactions et la structure de ces dernières. Une représentation trop fruste de réseaux sociaux, une analyse fondée sur des tailles de communautés faibles, ne sont pas pertinentes.

La thèse vise donc en premier lieu à caractériser le comportement des agents comme le résultat de l'optimisation d'une fonction d'utilité qui traduit les préférences de l'agent et fonde ses stratégies de décision. Dans le cadre de cette thèse pluri-disciplinaire, l'encrage pluri-disciplinaire entre informatique et science économique permettra de traiter des modèles qui possèdent les nombreux avantages des deux points de vue (économique et informatique) pour l'étude des dynamiques d'opinion dans les réseaux sociaux, tout en minimisant les inconvénients des approches standards mono-disciplinaires.

1.2 Méthodologies

Les modèles théoriques de dynamique d'opinion issus des systèmes multi-agents sont nombreux. Le modèle récent CODA pour *Continuous Opinion and Discrete Action* porte un intérêt important de la part de la communauté scientifique issue de l'informatique théorique et particulièrement celle du contrôle et de l'optimisation (Martins [2008]; Ceragioli and Frasca [2018]). En effet, ce modèle s'applique tout d'abord à de nombreuses situations socio-économiques intéressantes (vote, marché, etc) et de plus, son analyse s'appuie sur des outils de systèmes dynamiques et de la théorie du contrôle bien connus. Dans ce contexte, chaque individu possède sa propre opinion sur un sujet particulier (parti politique, marque, etc) qui évolue dynamiquement. Cette évolution est principalement due aux interactions avec les autres usagers, à travers les réseaux sociaux notamment, mais à travers l'observation des actions des autres usagers et non pas de leurs opinions intrinsèques. Dans ce modèle, l'opinion de chaque usager est une variable locale non-observable, qui engendre une action laquelle observable par les autres usagers. La médiation de l'opinion d'un individu par l'observation des actions réalisées est particulièrement adaptée à la modélisation économique (l'opinion étant par essence non observable, et pour autant moteur de l'action). L'apport méthodologique de ce projet de thèse est de déterminer une règle de décision basée sur l'optimisation d'une fonction d'utilité qui amène au choix de l'action

pour un niveau d'opinion donné.

Les méthodologies privilégiées dans ce projet sont issues des techniques de modélisation mathématiques, principalement des modèles stochastiques (processus de Markov), des systèmes dynamiques (équations différentielles et équations de différence) et de la théorie des jeux et de la décision (jeux non-coopératifs, modèle d'utilité espérée). Ces méthodologies, parfaitement maîtrisées par les encadrants de la thèse, interviendront à différents niveaux dans le travail de thèse. Les outils de modélisation stochastique et des systèmes dynamiques interviendront afin de modéliser les dynamiques d'opinion dans les réseaux sociaux, quant aux modèles issus de la théorie des jeux, ils interviendront pour ajouter le comportement des usagers et leurs influences sur ces dynamiques.

2 Programme de travail

2.1 Modélisation des dynamiques d'opinion avec usagers stratégés et état de l'art

Dans cette section nous décrivons les différentes étapes du projet de thèse initialement prévus. La première étape du travail portera sur la revue de la littérature à propos des modèles de dynamiques d'opinion avec actions discrètes. Il s'agira de se familiariser avec l'article de référence Martins [2008] puis de s'appropriier les nombreuses extensions dont les plus récentes qui proposent également un modèle d'opinion discret mais stochastique Varma et al. [2018]. Après la période de la revue de la littérature, le travail se focalisera sur l'élaboration du modèle de dynamique d'opinion avec intégration de la notion d'usagers stratégés, dans le sens économique du terme. Il s'agira donc, d'après la littérature économique sur les notions d'utilité et autres notions connexes comme la préférence, de définir une modélisation du comportement des usagers qui induisent une action et une dynamique d'opinion. En particulier, le contexte de l'interaction à travers les réseaux sociaux numériques servira de ligne directrice pour modéliser l'interaction entre les usagers. Un premier modèle pourra s'inspirer du modèle d'actions discrètes avec dynamiques d'opinion CODA proposé dans Varma et al. [2018] en généralisant la fonction d'action induite par l'opinion d'un agent. Une modélisation par un système dynamique stochastique de type non-Markovien pourra être approchée, dans un premier temps, par un modèle à champ moyen en considérant des transitions déterministes. Cette technique a largement fait ses preuves pour l'étude des dynamiques de phénomènes épidémiques dans les réseaux Miegheem et al. [2009]. L'intégration d'une fonction d'utilité économique dans ces modèles pourra s'inspirer des modèles de choix discrets largement privilégiés par exemple dans l'analyse comportementale d'usagers des transports Ben-Akiva and Lerman [1985] et plus généralement lorsque un agent économique est confronté à un choix entre 2 alternatives fixes.

2.2 Influence de la dynamique d'opinion par une autorité

Dans un second temps, en se basant sur l'analyse de la dynamique d'opinion avec toutes les caractéristiques du problème (comportement des usagers, propagation des opinions, réseau

d'interactions, ...), nous supposerons qu'une entité (autorité, compagnie, etc) tente d'influencer les actions prises par les individus en influençant la dynamique d'opinion. Il faudra tout d'abord définir les actions possibles pour engendrer ce type de contrôle (contraintes sur les interactions entre usagers, créer de fausses rumeurs, créer de faux usagers, etc). Ces contrôles peuvent être dans le but d'optimiser, au sens d'une autorité, un objectif global comme le surplus des agents ou le bien-être collectif. Ces objectifs ne peuvent être modélisés et caractérisés qu'à partir des fonctions d'utilité caractérisant les préférences des agents. L'approche normative ici envisagée serait de ce point de vue totalement novatrice en sciences économiques.

2.3 Compétition d'influence de l'opinion

Ensuite, un contexte de compétition entre influenceurs sera proposé et étudié en détails, en prenant compte la dynamique sous-jacente des opinions induites par les actions des dits influenceurs. Nous supposerons que ces entités (joueurs) seront en compétition avec chacun un objectif propre et donc une méthodologie basée sur la théorie des jeux non-coopératifs pourra être envisagée.

3 Dimension interdisciplinaire du sujet

Ce sujet de thèse est en parfaite adéquation avec les expertises complémentaires de certains membres des unités LIA et LBNC dans les domaines de l'informatique (Y. Hayel sur l'optimisation des systèmes complexes) et de l'économie (P.H. Morand sur l'économie de l'information). De façon naturel, les outils méthodologiques dans ces deux domaines sont très proches, principalement des outils de modélisation issus de la théorie de la décision et de la théorie des jeux. Pour autant, et comme indiqué précédemment, si la question des dynamiques d'opinions dans les réseaux sociaux mobilise ces deux disciplines, les approches interdisciplinaires restent majoritairement à construire. Ce sujet de thèse est donc le catalyseur des outils utilisés aussi bien en informatique et en économie, sur un sujet fédérateur et en phase avec un grand nombre de travaux initiés au sein de la FR Agorantic : la compréhension des dynamiques d'opinions dans les réseaux sociaux, avec des usagers stratèges.

4 Adéquation avec axes de la FR Agorantic

Ainsi le sujet s'inscrit en premier lieu dans l'axe 1 de la Fédération de Recherche (Méthodologies et Interdisciplinarités). A travers les objets qu'il permet d'appréhender (réseaux sociaux numériques, formation d'opinions et leur manipulation) il s'inscrit également dans les axes 2 (cultures et numérique) et 3 (politiques, transparence et éthique).

5 Profil du candidat

Le profil idéal du candidat ou de la candidate est une personne avec un bagage en mathématiques appliquées avec des notions d'informatique (systèmes multi-agents) et d'économie (théorie de la

décision/jeux). Des formations de mathématiques appliquées comme le Master de Mathématiques et Applications de Sorbonne Université est un très bon vivier de candidatures pour ce sujet. Enfin, un esprit ouvert sur les mondes de la société numérique et ses outils de communication que sont les réseaux sociaux, est aussi un atout important pour réussir ce projet de thèse.

Références

- Ben-Akiva, M. and Lerman, S. (1985). *Discrete Choice Analysis*. MIT press.
- Ceragioli, F. and Frasca, P. (2018). Consensus and disagreement : The role of quantized behaviors in opinion dynamics. *SIAM Journal on Control and Optimization*, 56(2) :1058–1080.
- Hegselmann, R. and Krause, U. (2002). Opinion dynamics and bounded confidence models, analysis, and simulation. in *Journal of artificial societies and social simulation*, 5(3).
- Jackson, M. O. (2010). *Social and economic networks*. Princeton university press.
- Martins, A. (2008). Continuous opinions and discrete actions in opinion dynamics problems. *International Journal of Modern Physics C*, 19(4) :617–624.
- Mieghem, P. V., Omic, J., and Kooij, R. (2009). Virus spread in networks. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 17(1) :1–14.
- Solal, P. and Tallon, J.-M. (2006). Processus de contagion et interactions stratégiques. *Revue d'économie industrielle*, (114-115) :21–39.
- Varma, V., Morarescu, I.-C., and Hayel, Y. (2018). Continuous time opinion dynamics of agents with multi-leveled opinions and binary actions. in *proceedings of Infocom*.

6 Opportunités de mobilité à l'international du doctorant dans le cadre de sa thèse :

oui non

En 2014/2015, Y. Hayel a réalisé un séjour de CRCT à l'université de New York dans le laboratoire LARX (Laboratory for Agile and Resilient Complex Systems). Il a depuis des liens étroits avec le directeur de ce laboratoire et il porte un très grand intérêt pour la mobilité de ses doctorant.e.s. La majorité de ses doctorant.e.s ont effectués un séjour dans un laboratoire à l'international (UCLA, Technion, Rochester University, UCSB, ...) et il possède un réseau de chercheurs/laboratoires dont pourra bénéficier le futur doctorant.e pour sa mobilité à l'international durant sa thèse (généralement fin de deuxième année).