

**Projet de thèse Agorantic 2020 -
Contrat doctoral fléché FR Agorantic:
Dynamiques d'opinions dans les réseaux sociaux
et aversion à l'ambiguïté des usagers**

LIA/LBNC

Mars 2020

Directeur de thèse :

Yezekael Hayel, Laboratoire Informatique d'Avignon

yezekael.hayel@univ-avignon.fr, 0490843536

Co-directeur (obligatoire pour la FR Agorantic) :

Pierre-Henri Morand, Laboratoire Biens, Normes, Contrats

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

**Titre en anglais : Opinion dynamics in social networks with
ambiguity averse customers**

Résumé : Dans ce projet de thèse, nous développons un nouveau modèle pour étudier les dynamiques d'opinion dans les réseaux sociaux avec des usagers qui ont un comportement basé sur l'aversion à l'ambiguïté de leur décision. Ce comportement prudent des usagers amène à des modélisations économiques nouvelles. L'objectif de cette thèse est donc de comprendre l'impact de ces comportements, plus proche des comportements réellement observés que ceux captés à travers des modèles d'utilité espérée sur les dynamiques d'opinion, à travers l'intégration de ces nouveaux modèles de décision dans des modèles dynamiques d'opinion avec actions discrètes.

Mots-clés : Dynamiques d'opinion avec actions discrètes, non-expected utility, rank-dependent utility

1 Présentation détaillée du sujet :

1.1 Contexte et enjeux

Comprendre les dynamiques d'opinions en oeuvre dans les réseaux sociaux s'est imposé récemment comme un enjeu majeur de l'analyse des réseaux sociaux numériques. Diffusion des croyances, polarisation des opinions politiques, adoptions de standards technologiques pour ne citer que ces quelques exemples, ne peuvent être appréhendés de manière fine sans une compréhension des dynamiques sous-jacentes, du rôle de la structure du réseau, des positions remarquables à l'intérieur de ce dernier qui influent spécifiquement sur la formation des opinions. Ainsi, il n'est pas surprenant de constater que ces questions mobilisent des communautés scientifiques provenant de champs très variés (physiciens, sociologues, économistes et informaticiens...). Pour autant, si ces approches disciplinaires abordent le même type de problématique générale, elles restent très majoritairement cloisonnées dans leurs champs respectifs. Ainsi en est-il en particulier des approches économiques et informatiques des dynamiques d'opinions dans les réseaux sociaux. 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 dans les réseaux, hypothèse permettant d'identifier les comportements stratégiques en oeuvre, et cohérent avec la représentation dominante en économie des décisions prises par des agents humains. Malheureusement, la complexité des modèles qui incorporent ce cadre d'hypothèse rend difficile l'analyse des dynamiques et ne pourra pas offrir une analyse qui puisse être généralisée à l'échelle et nécessitera 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 peuvent parfois être éloigné des systèmes économiques réels.

Dans le cadre de cette thèse pluri-disciplinaires, le travail collaboratif entre un informaticien et un économiste permettra de traiter des modèles qui possèdent les nombreux avantages des deux points de vu (économique et informatique) pour l'étude des dynamiques d'opinion dans les réseaux sociaux avec aversion à l'ambiguïté des usagers, tout en minimisant les inconvénients des approches standards mono-disciplinaires.

Pour autant des liens peuvent être faits entre ces littératures. Intégrer certains des résultats de la théorie économique de la décision permet d'offrir une représentation plus réaliste du comportement des agents. En effet, dans une abondante littérature, les agents adoptent de manière quelque peu mécanique les opinions de leurs voisins et éventuellement la population converge vers un ensemble de croyances, qui pourrait être indûment influencé par un ensemble

d'agents biaisés bien situés. Dans certains modèles, les opinions se propagent comme des maladies, c'est-à-dire que les individus sont infectés (adoptent une opinion) par contact avec un autre agent atteint de cette maladie (voir par exemple le chapitre 7 de Jackson [2010]). De tels processus de diffusion sont étudiés en informatique, en sociologie, en économie. Un autre volet de la littérature sur la formation de l'opinion dans les réseaux sociaux s'appuie sur le modèle d'échange de croyances DeGroot [1974]. Les agents, dont les a priori initiaux peuvent être différents, échangent de façon répétée leurs croyances avec leurs voisins et adoptent une certaine statistique (la moyenne pondérée, par exemple) des opinions de leurs voisins. La recherche sur l'apprentissage bayésien en réseau (par exemple, Gale and Kariv [2003], Acemoglu et al. [2011]) caractérise la convergence ou non vers des opinions communes pour différentes architectures de réseau.

Une importante littérature économique étudie également la transmission et la communication d'informations par l'observation des actions d'autres agents. L'observation les aide à discerner l'état réel du monde. La connaissance ou l'information se répand sans coûts (par ex. Bikhchandani et al. [1992]), ou se répand, à d'autres, comme cela se produit lorsque les gens observent l'utilisation d'une nouvelle technologie par d'autres (par ex. Conley and Udry [2010]).

Les modèles de dynamique d'opinion 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. Dans ce modèle, l'opinion de chaque usager est une variable locale non-observable, qui engendre une action laquelle observable par les autres usagers. L'apport méthodologique de ce projet de thèse est de considérer que l'action engendrée par un niveau d'opinion n'est pas déterministe, mais suit une distribution de probabilité qui reflète l'aversion de chaque usager face à l'ambiguïté de son choix. En effet, dans le cadre d'un choix binaire (seules deux actions sont possibles), une bonne opinion d'un choix ne signifie pas que l'utilisateur va nécessairement faire ce choix, mais il aura une plus grande probabilité de le prendre.

Le travail de cette thèse porte donc principalement sur la modélisation et l'étude de ces dynamiques d'opinion avec prise en compte de fonctions de choix avec aversion à l'ambiguïté, qui engendre des transitions stochastiques dans ces dynamiques et donc utilisation d'outils mathématiques comme les chaînes de Markov, systèmes d'équations différentielles et les techniques de simulation. L'étude des modèles de dynamiques d'opinion stochastiques sont peu nombreux et complexes (Askarzadeh et al. [2020]) car l'étude directe fait appel à des modèles

de Markov non-homogènes et non-linéaires avec des transitions stochastiques.

1.2 Méthodologies

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 plutôt en amont du travail afin de modéliser les dynamiques d'opinion dans les réseaux sociaux, quant aux modèles issus de la théorie des jeux, ils interviendront un peu plus tard pour ajouter le comportement des usagers et leurs influences sur ces dynamiques.

2 Programme de travail

2.1 Etat de l'art (6 mois)

Dans cette section nous décrivons les différentes étapes du projet de thèse. 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]. L'absence d'informations sur les probabilités pertinentes expose les décideurs à une forme d'incertitude souvent appelée ambiguïté, risque probabiliste ou incertitude knightienne. Il conviendra donc d'appréhender rapidement les différentes modélisations qui ont cours en théorie de la décision afin d'en saisir les enjeux et les cadres d'hypothèses. A titre d'illustration, un modèle important d'aversion pour l'ambiguïté, proposé par Schmeidler [1989], est le modèle Rank-Dependent ou Choquet. Plutôt que de saisir la perception de l'ambiguïté de l'individu au moyen d'une famille de priors comme dans l'approche dite multi-priors, et le modèle de décision subséquent connu sous le nom de modèle d'utilité espérée maximum (MEU), il le fait au moyen d'une seule mesure de probabilité non additive ("capacité").

2.2 Modélisation des dynamiques d'opinion avec usagers averses (6 mois)

Après la période de la revue de la littérature, le travail se focalisera sur l'élaboration du modèle de dynamique d'opinion avec usagers averses à l'ambiguïté. Un premier modèle pourra s'inspirer du modèle avec opinions discrètes 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]. Une évaluation de la qualité de l'approximation pourra être évaluée et suivant le résultat, d'autres modèles pourront être proposés.

2.3 Contrôle de la dynamique par une autorité (12 mois)

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 supposons 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 les interactions entre usagers, créer de fausses rumeurs, créer de faux usagers, etc).

2.4 Compétition du contrôle de l'opinion (12 mois)

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 supposons 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 du laboratoires 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 averses à l'ambiguïté.

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).

Références

- Acemoglu, D., Dahleh, M. A., Lobel, I., and Ozdaglar, A. (2011). Bayesian learning in social networks. *The Review of Economic Studies*, 78(4) :1201–1236.
- Askarzadeh, Z., Fu, R., Halder, A., Chen, Y., and Georgiou, T. T. (2020). Stability theory of stochastic models in opinion dynamics. *in IEEE Transactions on Automatic Control*, 65(2) :522–533.
- Bikhchandani, S., Hirshleifer, D., and Welch, I. (1992). A theory of fads, fashion, custom, and cultural change as informational cascades. *Journal of political Economy*, 100(5) :992–1026.
- 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.
- Conley, T. G. and Udry, C. R. (2010). Learning about a new technology : Pineapple in ghana. *American economic review*, 100(1) :35–69.
- DeGroot, M. H. (1974). Reaching a consensus. *Journal of the American Statistical Association*, 69(345) :118–121.
- Gale, D. and Kariv, S. (2003). Bayesian learning in social networks. *Games and Economic Behavior*, 45(2) :329–346.
- 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.

Schmeidler, D. (1989). Subjective probability and expected utility without additivity. *Econometrica : Journal of the Econometric Society*, pages 571–587.

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*.

5 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).