

2018

## Too Fast, Too Furious? Algorithmic Trading and Financial Instability

Lise Arena

*Côte d'Azur University, CNRS, GREDEG, France, lise.arena@gredeg.cnrs.fr*

Nathalie Oriol

*Côte d'Azur University, CNRS, GREDEG, France, nathalie.oriol@gredeg.cnrs.fr*

Iryna Veryzhenko

*Labex Réfi, LIRSA, CNAM, France, iryna.veryzhenko@cnam.fr*

Follow this and additional works at: <http://aisel.aisnet.org/sim>

---

### Recommended Citation

Arena, Lise; Oriol, Nathalie; and Veryzhenko, Iryna (2018) "Too Fast, Too Furious? Algorithmic Trading and Financial Instability," *Systèmes d'Information et Management*: Vol. 23 : Iss. 2 , Article 4.  
Available at: <http://aisel.aisnet.org/sim/vol23/iss2/4>

This material is brought to you by the AIS Affiliated and Chapter Journals at AIS Electronic Library (AISeL). It has been accepted for inclusion in *Systèmes d'Information et Management* by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISeL). For more information, please contact [elibrary@aisnet.org](mailto:elibrary@aisnet.org).



# Systemes d'Information et Management

French Journal of Management  
Information Systems

N° 2 – VOL. 23 – ANNÉE 2018

## Sommaire / Contents

### Éditorial

Rapprochement de communautés FRANÇOIS DE CORBIÈRE .....	3
--	---

### ARTICLES DE RECHERCHE

Unpacking Complexities of Mega-Scale Public Sector Information Technology Projects: An Ecosystem Perspective ISABELLE FAGNOT, CHEN YE & KEVIN C. DESOUZA .....	9
<i>Complexités des projets publics à grande échelle dans le secteur des technologies de l'information : une perspective des écosystèmes</i>	
Comprendre l'interaction des patients membres d'une communauté virtuelle de santé et son impact sur la relation que le patient entretient avec son médecin LOÏCK MENVIELLE, WILLIAM MENVIELLE & ANNE-FRANÇOISE AUDRAIN-PONTEVIA .....	43
<i>Understanding the Interaction of Patient Members of the Online Health Community and Its Impact on the Patient-Physician Relationship</i>	
"Too Fast, Too Furious" ? Trading algorithmique et instabilité des marchés financiers LISE ARENA, NATHALIE ORIOL & IRYNA VERYZHENKO .....	81
<i>Too Fast, Too Furious? Algorithmic Trading and Financial Instability</i>	
<i>Bulletin d'abonnement</i> .....	8



# POLITIQUE ÉDITORIALE

## *Systèmes d'information et management*

### Positionnement et enjeux

À travers les évolutions des technologies de l'information et de la communication (TIC), les conduites sociales et économiques des personnes, des entreprises et des organisations se transforment profondément dans tous les secteurs de l'industrie, du commerce, des services marchands et non-marchands. À l'aune des potentialités socio-techniques les schémas classiques du management, de la décision et de l'organisation sont alors amenés à être complètement repensés. Aider à comprendre les relations entre les technologies de l'information et les pratiques du management des organisations constitue une contribution de la communauté académique aux débats sur les enjeux, les méthodes et les outils de la société de l'information. Dans ce contexte et cette perspective *Systèmes d'Information et Management* (SIM) entend être la revue de référence de la francophonie concernant les systèmes d'information destinés au management des entreprises.

### Objectifs éditoriaux

De par son existence et son fonctionnement, la revue vise à :

- mettre en valeur des travaux de chercheurs et de praticiens et à participer ainsi à la promotion de la connaissance scientifique dans le champ retenu ;
- partager avec le monde professionnel l'intérêt et les possibilités d'application de recherches à caractère académique.

### Objectifs scientifiques

SIM poursuit trois objectifs scientifiques :

- évaluer la performance et caractériser les **systèmes d'information** tant dans leur genèse qu'au plan des usages ;
- décrire et analyser les processus **d'interprétation de l'information** déployés par les acteurs dans leurs activités de veille, de communication, de création et d'enrichissement des connaissances ;
- décrire et analyser la façon dont les acteurs s'approprient les technologies de l'information et dont celles-ci, à leur tour, modifient les dispositifs de **coordination** entre les acteurs et les **normes socio-culturelles**.

Dans cette perspective scientifique, la revue *SIM* est particulièrement concernée par :

- le caractère stratégique des systèmes et de l'information ;
- la construction et la gestion des connaissances ;
- le coût, le financement et la rentabilité des technologies ;

- l'évolution de la fonction systèmes d'information ;
- l'évolution du travail et des processus d'affaires ;
- la transformation des organisations ;
- le contrôle, le pouvoir et l'éthique.

### Caractère scientifique

Tout travail original améliorant la connaissance des systèmes d'information peut y trouver sa place dès lors qu'il se situe dans une problématique intéressant les sciences de gestion. Des contributions d'auteurs fondées sur les corpus théoriques de nombreuses disciplines fondamentales sont les bienvenues (philosophie, psychologie, sociologie, économie, anthropologie, histoire, droit, linguistique et sciences cognitives, informatique, mathématiques). Les recherches théoriques dont le champ est clairement mis en perspective, y trouvent naturellement leur place, aussi bien que des recherches empiriques permettant de réviser certains concepts ou théories. Revue au caractère scientifique affirmé, *SIM* publie les travaux respectant les principes de rigueur en usage au niveau international. Ce caractère scientifique n'exclut pas la diversité des approches méthodologiques : quantitatives, qualitatives, conceptuelles, recherches-actions, cliniques et expérimentales, simulations sur la base d'hypothèses tenant compte des problèmes concrets et pertinents. Par conséquent, seront retenus en priorité des articles : 1) apportant une contribution significative à la connaissance dans le domaine retenu ; 2) lisibles par les enseignants chercheurs et les praticiens avertis.

Dans la rubrique « Articles de recherche » les articles devront être construits sur des bases méthodologiques solides (revue de la littérature, justification et description de la méthode...). La rubrique « Cas, expériences et pédagogie » vise la publication de cas pédagogiques, de retours d'expériences et de témoignages d'entreprises illustrant la conception, l'usage des outils et la gestion de la fonction systèmes d'information ; en l'occurrence, l'accent est essentiellement mis sur la pertinence et l'originalité des contributions sans exigences particulières de références à des travaux antérieurs.

### Pratiques d'édition

Les articles sont publiés principalement en français et occasionnellement en anglais.

Les articles soumis sont originaux. Ils n'ont pas fait l'objet d'une acceptation pour publication dans une autre revue ou dans un ouvrage et ne sont pas en cours d'évaluation dans une autre revue à comité de lecture.

Les articles soumis sont revus anonymement par deux lecteurs spécialistes du domaine (cf. instructions aux auteurs en fin de numéro).

# Éditorial

## Rapprochement de communautés

*Par François de Corbière*

Il y a douze ans exactement, en 2006, lors de ma seconde année de doctorat, j'assistais pour la première fois à la conférence annuelle de l'Association Information et Management (AIM), organisée au Luxembourg. J'y découvrais la façon de fonctionner des conférences scientifiques, je rencontrais des personnes dont je ne connaissais les noms que par leurs publications et je débutais mon intégration à la communauté de l'AIM. J'ai depuis participé aux 12 éditions suivantes de la conférence de l'AIM, et c'est un réel honneur d'écrire mon premier éditorial pour la revue *Systemes d'Information et Management (SIM)* sur la 23<sup>e</sup> conférence de l'AIM qui s'est déroulée en mai à Montréal. En mobilisant des temps forts de la magnifique édition québécoise de cette année, j'en profiterais pour discuter du thème de l'AIM 2018, rappeler les objectifs de la conférence de l'AIM, et présenter les trois articles de ce numéro.

### ***Le rapprochement de communautés à Montréal***

Suite à la création de l'Association Information et Management en 1991, s'en suit l'organisation de la première conférence en 1992 et de la seconde en 1995. L'année 1998, année de la troisième conférence de l'AIM, est une année marquante. Bien sûr, pour beaucoup, c'est l'année où la France est devenue championne du monde de

football. Mais, pour la communauté francophone de recherche en SI, c'est aussi l'année à partir de laquelle la conférence de l'AIM devient annuelle. Entre 1998 et 2018, 21 éditions ont ainsi vu le jour chaque année sans interruption, et la conférence annuelle demeure un espace privilégié pour remplir la mission de l'AIM. Comme l'a rappelé Amandine Pascal, Présidente de l'AIM, le 17 mai lors de l'ouverture de l'AIM 2018 et de l'assemblée générale de l'association, l'AIM a pour objectif de « *promouvoir le champ disciplinaire des systèmes d'information au sein de la communauté francophone et à l'international* ». À ce titre, il est intéressant de noter que la conférence qui avait déjà été organisée six fois hors de France (en Belgique, en Tunisie, au Luxembourg, en Suisse, et deux fois au Maroc) a traversé pour la première fois l'Atlantique. Symboliquement, l'internationalisation et le rapprochement des communautés francophones en SI ont fait quelques pas supplémentaires cette année. Le thème général de la conférence montréalaise, sur le rapprochement des communautés TI francophones, s'est matérialisé à plusieurs niveaux.

À un premier niveau, comme souligné lors de l'ouverture de la conférence, l'AIM 2018 a permis de rapprocher les communautés francophones en SI de Montréal grâce aux organisateurs de différentes universités : Anne Beaudry de Concordia, Liette Lapointe

N° 2 – VOL. 23 – 2018

de McGill, Guy Paré de HEC Montréal, Laurent Renard et Simon Boudreau de l'UQUAM. À un second niveau, la participation massive à la conférence de collègues en poste ou en doctorat dans diverses villes et institutions du Québec a rapproché les communautés québécoises en SI de l'AIM, et nous espérons qu'un lien durable entre le Québec et l'AIM se confirmera ces prochaines années. À un troisième niveau, la création de binômes France / Canada pour gérer les thématiques de la conférence sous la coupe de Guy Paré et Laurent Renard a conduit à des rencontres et collaborations transatlantiques. Cette dimension transatlantique a d'ailleurs été mise en exergue lors de la présentation de l'ouvrage « *les grands auteurs en systèmes d'information* », coordonné par Isabelle Walsh, Michel Kalika et Carine Dominguez-Péry : il y a, d'une part, des contributeurs francophones des deux côtés de l'Atlantique, et d'autre part, la quatrième partie de l'ouvrage, « le village gaulois qui résiste » (Walsh *et al.*, 2018), fait la part belle aux grands auteurs francophones du vieux et du nouveau continent. Enfin, la présence de participants de différentes nationalités des continents africain, américain, asiatique et européen est un signe fort du rapprochement mondial des communautés francophones en SI. Bravo à nos organisateurs, objectif rempli !

### ***Les objectifs de la conférence annuelle de l'AIM***

Revenons maintenant aux trois objectifs principaux, selon moi, de la conférence annuelle de l'AIM, conférence scientifique phare de la communauté francophone en SI.

Comme toute conférence scientifique, le premier objectif est bien entendu scientifique. Il s'agit de développer, défendre, tester et débattre des sujets, des objets, des méthodologies et des résultats de recherche de notre communauté. Soumettre des

papiers permet aux auteurs d'identifier les forces, les faiblesses et les axes d'amélioration perçus par des évaluateurs anonymes. Quand le papier est accepté, le présenter est une opportunité pour synthétiser le fil rouge de la recherche devant une audience de chercheurs intéressés par le sujet. Les échanges avec la salle qui s'en suivent sont autant de pistes pour aider les auteurs à extraire la contribution principale de leur recherche et à la valoriser. Dans cette perspective, il me semble ici important de discuter la transformation d'un papier présenté en conférence en article de revue. Pour prendre un exemple, je me permettrais d'emprunter le cheminement d'une publication d'Alain Pinsonneault, qui a brillamment clôturé la conférence montréalaise en tant que conférencier académique de prestige. Les premières pierres de sa dernière publication avec Shamel Addas dans MISQ (Addas et Pinsonneault, 2018), sur les liens entre les interruptions au travail par e-mail et la performance individuelle, avaient été posées lors de présentations dans des pré-ICIS (Addas et Pinsonneault, 2010; Addas et Pinsonneault, 2013). La conférence de l'AIM doit être un laboratoire pour faire avancer des recherches et aider les auteurs à en publier une version plus aboutie et approfondie dans des revues, et plus particulièrement dans SIM, la revue de l'AIM. Deux exemples intéressants et contemporains : le troisième article de ce numéro, celui de Lise Arena, Nathalie Oriol et Iryna Veryzhenko, est une extension de leur communication présentée à l'AIM 2014 (Arena *et al.*, 2014) ; de même, le prix du meilleur article SIM décerné par le CIGREF, annoncé lors du dîner de gala sur le Saint-Laurent, a récompensé cette année un article de Clémence Cheruy, Nassim Belbaly et Frank Robert (2017) qui avait fait l'objet au préalable d'une présentation à l'AIM 2016 (Belbaly *et al.*, 2016). À ce titre, j'encourage les auteurs qui ont eu de bons retours lors de l'AIM 2018, et qui pensent pouvoir

développer une contribution significative pour notre communauté, à soumettre à SIM.

Le deuxième objectif, très important aux yeux des participants aux conférences (Knight, 2015), est relationnel. En profitant des espaces de réseautage qu'offre la conférence de l'AIM, il s'agit de consolider et créer des liens entre les membres de la communauté. À Montréal, nous avons profité des pauses santé, des déjeuners, du cocktail de bienvenue et du dîner de gala pour retrouver les membres de notre réseau et rencontrer de nouveaux membres. L'AIM structure la communauté francophone de recherche en SI, et sa conférence permet donc de renforcer les liens entre les chercheurs francophones en SI mais aussi de promouvoir trois niveaux d'ouverture complémentaires :

– Ouverture à la pratique, étant donné que le dialogue entre la recherche et la pratique est bénéfique pour le développement de connaissances dans notre champ disciplinaire (Te'eni *et al.*, 2017). Les interventions et les échanges avec des praticiens pendant la conférence est donc une opportunité pour notre communauté, comme ce fût notamment le cas à l'AIM 2018 avec Lionel Pardin, président de Rouge on Blue, et conférencier professionnel de prestige à Montréal.

– Ouverture à d'autres disciplines ou sections de la gestion (DeSanctis, 2003), grâce à la présentation de recherches multidisciplinaires ou de recherches de collègues d'autres disciplines qui abordent des problématiques intéressantes pour les systèmes d'information. La remise du prix du meilleur article AIM 2018 à nos collègues du marketing Grégory Bressolles et Catherine Viot (2018) en est un très bon exemple.

– Ouverture à l'international en créant, aussi, des liens avec des chercheurs non francophones dans le cadre d'une organisation francophone. Les collègues non

francophones nous font l'honneur de participer à notre conférence, et l'entretien des liens interpersonnels avec eux promeut la recherche francophone en SI à l'international.

Le troisième objectif, issu d'une réflexion plus personnelle que je voudrais partager avec les lecteurs de SIM, est un objectif de respiration. La conférence principale de sa communauté est un espace et un temps de mise à distance des sollicitations institutionnelles que nous subissons tout au long de l'année. Dans la session de développement de la carrière académique, Liette Lapointe, Serge Amabile et Bogdan Negoita nous ont incités à prendre du recul et apprendre à dire « non » aux sollicitations institutionnelles pour garder du temps pour la recherche, notamment pour les moins expérimentés d'entre nous. Les échanges avec la salle ont rappelé que c'est difficile, et même parfois impossible de refuser ces demandes. À l'heure de l'hyperconnexion dans le monde du travail et de l'hypersollicitation dans notre métier, la conférence de l'AIM permet de sortir de son espace-temps institutionnel pendant quelques jours. Sanctuariser cette période annuelle dans son emploi du temps est ainsi une première étape pour mettre à distance les sollicitations institutionnelles et venir sur le lieu de la conférence renforcer la communauté de l'AIM. Chères lectrices et chers lecteurs de SIM, je vous donne rendez-vous à Nantes en juin 2019 pour la 24<sup>e</sup> conférence de l'AIM !

### ***Le rapprochement de communauté dans ce numéro***

Puisque ce numéro est le numéro du rapprochement des communautés, les trois articles, qui présentent des fondements théoriques, des méthodologies et des domaines d'investigation variés,

participent à un rapprochement particulier de communautés.

Le premier article met en avant le rapprochement de communautés internationales en SI avec des auteurs en poste en France et aux USA. À partir du concept d'écosystèmes, Isabelle Fagnot, Chen Ye et Kevin Desouza analysent trois projets TI à grande échelle dans le secteur public qui ont échoué : deux projets fédéraux américains, *Virtual Case File* du FBI et HealthCare.gov, et un projet britannique, *National Programme for IT*. Ces projets anglo-saxons partagent des caractéristiques significatives avec les écosystèmes naturels présentant des interactions imparfaites entre les espèces. Avec la méthodologie Analyse Qualitative Média (QMA), les résultats suggèrent que l'agence publique soutenant le projet se comporte comme l'espèce clé de l'écosystème, c'est-à-dire par analogie celle qui est garante du maintien de la biodiversité et de la survie de l'écosystème. L'échec d'un projet peut s'expliquer par des défaillances dans la façon dont l'espèce clé joue son rôle, mais aussi dans les relations entre l'agence publique et les autres parties prenantes (politiques, entrepreneurs sous contrat, citoyens et médias).

Le second article de ce numéro est un exemple de rapprochement de communautés francophones entre la France et le Québec et c'est aussi un article participant au rapprochement de communautés entre marketing et SI. Loick Menvielle, William Menvielle et Anne-Françoise Audrain-Pontevia s'intéressent à l'émergence de communautés virtuelles de santé et des effets sur la relation entre patients et médecins. En mobilisant les concepts de confiance, de crédibilité et d'attitude entre les patients des communautés virtuelles et les professionnels de santé, le modèle quantitatif est testé par un questionnaire diffusé auprès de patients et utilisateurs français de communautés virtuelles médicales. Les

auteurs analysent plus spécifiquement les relations causales relatives à la crédibilité envers les communautés virtuelles de santé, la confiance interpersonnelle, l'attitude envers les communautés virtuelles de santé, l'attitude envers le médecin et la confiance à l'égard du médecin suite à l'utilisation de ces espaces virtuels.

Le dernier article est révélateur d'un rapprochement de communautés entre finance et SI. Il explique la propagation de *flash crashes* sur le marché financier par les stratégies de trading algorithmique. À la croisée des champs disciplinaires de la finance de marché et de la gestion des systèmes d'information, cet article retrace l'historique des systèmes d'information utilisés sur les marchés financiers et l'évolution des innovations technologiques et stratégiques dans ce secteur. Lise Arena, Nathalie Oriol et Iryna Veryzhenko construisent un modèle multi-agents à partir d'une catégorisation des stratégies des traders, de leurs recours aux systèmes de trading algorithmique et du rôle des systèmes transactionnels d'appariement au niveau du marché. Elles utilisent deux séries de simulations pour expliquer dans quelle mesure l'usage de trading algorithmique conditionne les dynamiques de prix dans des conditions normales de marchés, puis en situation de *flash crash*. Les résultats montrent ainsi en quoi l'usage de nouvelles technologies peut porter atteinte à la résilience et à la stabilité des marchés et expliquent le rôle des systèmes d'information dans la propagation de ces crises financières.

## RÉFÉRENCES

- Addas, S., et Pinsonneault, A. (2010). «IT Interruptions in Project Environments: A Taxonomy and Preliminary Performance Investigation,» SIGHCI, Saint Louis, USA.
- Addas, S., et Pinsonneault, A. (2013). «IT Interruptions and Coordination Effectiveness in

- Software Development Groups: A Conceptual, Multilevel Model,» SIGHCI, Milan, Italy.
- Addas, S., et Pinsonneault, A. (2018). «E-Mail Interruptions and Individual Performance: Is There a Silver Lining?,» *MIS Quarterly*, Vol. 42, n°2, p. 381-405.
- Arena, L., Oriol, N., et Veryzhenko, I. (2014). «Flash krach et trading haute-fréquence : Le rôle des algorithmes dans l'instabilité boursière,» 19<sup>e</sup> conférence de l'AIM, Aix-en-Provence.
- Belbaly, N., Robert, F., et Cheruy, C. (2016). «OSS popularity: understanding the relationship between user-developer interactions, market potential and development stage,» 21<sup>e</sup> conférence de l'AIM, Lille.
- Bressolles, G., et Viot, C. (2018). «Les détaillants face au défi du commerce connecté : une comparaison France – Canada,» 23<sup>e</sup> conférence de l'AIM, Montréal.
- Cheruy, C., Belbaly, N., et Robert, F. (2017). «OSS popularity: understanding the relationship between user-developer interaction, market potential and development stage,» *Systèmes d'Information et Management*, Vol. 22, n°3, p. 47-74.
- DeSanctis, G. (2003). «The Social Life of Information Systems Research,» *Journal of the Association for Information Systems*, Vol. 4, n°7, p. 360-376.
- Knight, R. (2015). «How to Get the Most Out of a Conference,» *Harvard Business Review Digital Articles*, p. 2-6.
- Te'eni, D., Seidel, S., et Brocke, J. v. (2017). «Stimulating dialog between information systems research and practice,» *European Journal of Information Systems*, Vol. 26, n°6, p. 541-545.
- Walsh, I., Kalika, M., et Dominguez-Péry, C. (2018). *Les grands auteurs en systèmes d'information*, éditions EMS, Management & Société.





# Systemes d'Information et Management

*Systemes d'Information et Management*, publication trimestrielle, s'adresse à un public d'universitaires, de chercheurs et de professionnels qui souhaitent trouver un véritable outil d'aide à la connaissance et à la maîtrise des systemes d'information.

*Systemes d'Information et Management* est une revue à caractère scientifique portant sur les systemes d'information abordés selon la perspective des sciences de gestion.



## Bulletin d'abonnement

À retourner accompagné de votre règlement aux  
**Éditions ESKA** – 12, rue du Quatre-Septembre, 75002 PARIS  
Tél. : 01 42 86 55 65 – Fax : 01 42 60 45 35

<http://www.eska.fr>

Je m'abonne pour **l'année 2018** à la revue « **Systemes d'Information et Management** » et je recevrai 4 numéros au tarif de :

- |  |       |   |       |
|--|-------|---|-------|
| <input type="checkbox"/> France Individuel :   | 114 € | <input type="checkbox"/> France Institution :   | 141 € |
| <input type="checkbox"/> Étudiant* :           | 51 €  |   |       |
| <input type="checkbox"/> Étranger Individuel : | 136 € | <input type="checkbox"/> Étranger Institution : | 163 € |

**Je joins mon règlement de ..... Euros**

Nom ..... Prénom .....

Adresse .....

Code Postal ..... Localité .....

Pays ..... Tél. : ..... Fax : .....

- par chèque bancaire à l'ordre des Éditions ESKA
- par virement bancaire aux Éditions ESKA – BNP Paris Champs Elysées 30004/00804/compte : 00010139858 36
- par carte bancaire : merci d'indiquer votre numéro de compte et la date d'expiration

N° carte bancaire :  Visa  Eurocard/Mastercard

Date d'expiration :

Signature obligatoire

\* Justificatif à fournir.

# Unpacking complexities of mega-scale public sector information technology projects: An ecosystem perspective

*Isabelle Fagnot\**, *Chen Ye\*\** & *Kevin C. Desouza\*\*\**

\* Audencia Business School, France

\*\* Purdue University Northwest, Indiana, U.S.A.

\*\*\* School of Management de Queensland University of Technology, Brisbane, Australie

## ABSTRACT

*Mega-scale information technology (IT) projects in the public sector are significant undertakings operating within an ecosystem of stakeholders, resources, and constraints. The track record of these projects is abysmal. Employing an ecosystems lens, we study three failed mega-scale public sector IT projects: the U.S. Federal Bureau of Investigation's (FBI) Virtual Case File (VCF), the U.S. federal government's HealthCare.gov project, and Great Britain's National Programme for IT (NPfIT). A forensic analysis of these projects was conducted employing the Qualitative Media Analysis (QMA) methodology. The findings suggest several stakeholders in a public IT project assume roles analogous to different types of species in an ecosystem, with the public agency sponsoring the project as the keystone species. Specifically, the findings show that the public agency is susceptible to failure in hiring key personnel without proper knowledge and experience, and failure in responding to early signals alerting the impending implosion of the project ecosystem. In addition, flawed relationships between the public agency and contractors, and flawed relationship between the legislature and the public agency also contributed significantly to project failure.*

**Keywords:** *Information technology, public sector, mega-scale projects, project failure, ecosystem.*

**Acknowledgements:** *We would like to thank Kendra L. Smith, Jack Crawford, and Alison Sutherland for their research assistance. We would also like to thank seminar participants at Florida International University, BI Business School (Norway), Victoria University of Wellington, and IESEG School of Management for their thoughtful comments.*

## RÉSUMÉ

*Les projets de technologies de l'information (TI) à grande échelle dans le secteur public sont des entreprises importantes qui opèrent dans un écosystème d'intervenants, de ressources et de contraintes. En utilisant le concept d'écosystème, ce projet de recherche étudie trois projets TI à grande échelle dans le secteur public qui ont échoué : le U.S. Federal Bureau of Investigation's (FBI) Virtual Case File (VCF), le projet U.S. federal government's HealthCare.gov et le projet britannique National Programme for IT (NPfIT). Une analyse de ces projets a été réalisée à l'aide de la méthodologie Analyse Qualitative Média (QMA). Les résultats suggèrent que plusieurs parties prenantes dans un grand projet public TI assument des rôles analogues à différents types d'espèces dans un écosystème avec l'agence publique soutenant le projet dans en tant qu'espèce clé. Plus précisément, les résultats montrent que l'agence publique est susceptible de ne pas embaucher du personnel clé ayant les connaissances et l'expérience appropriées, et de ne pas réagir aux signaux précoces alertant sur l'imminence de l'implosion de l'écosystème du projet. De plus, les failles dans les relations entre l'organisme public et les entrepreneurs sous contrat et dans les relations entre la législature et l'organisme public contribuent également de façon importante à l'échec du projet.*

**Mots-clés :** Technologies de l'information, secteur public, projet à grande échelle, échec de projet, écosystème.

## 1. INTRODUCTION

Information technology (IT) project failures are commonplace in the public sector (Gauld, 2007; Purao & Desouza, 2010; Bozeman, 2002; Flyvbjerg, Bruzelius & Rothengatter, 2003). According to a report by The Standish Group, between 2003 and 2012, only 6% of federal IT projects in the US with over \$10 million in labor costs were successful. Unfortunately, when IT projects fail in the public sector they fail spectacularly due to their mega-scale. These IT projects involve tens—if not hundreds—of millions of dollars, span multiple years, and encompass entire sectors of the economy, in addition to having national-level impacts.

A stinging example of a government IT failure was the eHealth project initiated by Ontario's Ministry of Health. The system was built to enable sharing of electronic health records such as lab tests, diagnostic imaging,

and drugs and immunization records with other doctors. It was started despite the fact that similar efforts were underway in the provinces of Québec and British Columbia. In 2011, the auditor general of Québec declared that their efforts had failed. Ontario's estimated \$1 billion investment in a health information network was "significantly underutilized" because its infrastructure, including an internal e-mail system, was markedly inferior to private sector alternatives. To date, the project is still not fully functional with an estimated cost of over \$1 billion (Webster, 2012).

Another example is the following initiative from the Australian Public Transport of Victoria: the development of the Myki, a contactless smartcard ticketing system used on public transport projected to cost \$999 million in 2005. In 2008, the cost-estimate had increased to \$1.35 billion due to "reliability problems" (Own motion

investigation into ICT-enabled projects, 2011). The project fell four years behind schedule; inexperienced project managers and two different CEO turnovers occurred during the life of the project (Brouwer *et al.*, 2011).

Flyvbjerg *et al.* (2003) coined the term “megafailures paradox” to refer to the continued investment in mega-projects without first understanding why failures occur. While there is a growing literature that is examining mega-scale projects, many of these efforts focus on public infrastructure projects (Flyvbjerg *et al.*, 2003; Han *et al.*, 2009; Van Marrewijk, 2007; Yuttapongsonorn *et al.*, 2008). The literature on mega-scale IT projects in the public sector remains scant. This paper aims to fill the void.

Scholars have only recently started to acknowledge the fact that mega-scale IT projects operate within a very complex environment of stakeholders, organization norms and capabilities, resources, constraints, and external influences (Purao & Desouza, 2010; Becker *et al.*, 2011; Dille & Söderlund, 2011). For example, Dille and Söderlund (2011) introduced the term “inter-institutional project” to describe projects involving actors representing different institutional environments and discussed the critical need for researchers to differentiate such types of projects and develop theoretical and empirical understanding of the management of inter-institutional projects, by taking into consideration the complex interactions among institutional stakeholders. Hodgson and Cicmil (2008) argued that too often project managers are regarded as implementers that merely address issues of control and content which reduces their chances to act as social and political actors for the benefit of the project (p 5).

An ecosystem, a concept originated from ecology (Tansley, 1935; Van Dyne, 1969; Odum, 1953; Hollings, 1973), also describes

a large number of entities operating at various scales and networks, including participating species and the interactions among them, natural resources, external influences, laws of physics, and so on. The fate of a natural ecosystem is determined by the intricate balance of these factors. Similarly, an IT project ecosystem is driven by a variety of factors. Under certain conditions, the ecosystem in which the IT project is originated and developed may be receptive. However, some of its configurations may also be hostile toward the project. For instance, when a large-scale IT project involves multiple institutions, the conflicting organizational norms regarding the timing of different project phases and activities leads to “temporal misfit” (Dille & Söderlund, 2011, 2013), which undermines project success. We argue that the ecosystem view provides a valuable perspective in the attempt to understand the multiplicity of forces, and the rich interactions among key players, that contribute to the demise of a mega-scale IT project.

We study three mega-scale IT projects conducted in the public sector: the U.S. Federal Bureau of Investigation’s (FBI) Virtual Case File (VCF); the launch of the U.S. HealthCare.gov as the focal deliverable of President Obama’s Affordable Care Act; and Great Britain’s National Programme for IT (NPfIT), launched by the National Health Service. These three projects were focused on introducing technological solutions to support public policy outcomes. We chose these three projects as the technical solutions were rather similar in terms of complexity yet each project operated within different ecosystems—for example, supportive (FBI VCF) or hostile (HealthCare.gov and NPfIT) (see Section 2.2).

The overall goal of this research is to uncover the complexities of mega-scale public sector IT projects that led to the projects’ failure employing an ecosystem

lens. This paper provides an analysis of these three cases between two contradictory ecosystems that operate in the same global context, for example, the U.S. (Healthcare.gov and FBI VCF), and between ecosystems within the same domain (i.e., healthcare) compared across global locations (U.S. and U.K.). Specifically, we conducted a qualitative forensic analysis of these three projects to dissect how and why these types of projects implode. Despite project differences, we presuppose that there are similar issues that contributed to their failure. Applying the ecosystem lens, we focused on the interactions among the species (stakeholders) involved in the project ecosystems. The contributions of this study include: identification of key species in a mega-scale public IT project ecosystem; identification of the failures of the public agency in performing the keystone species role of the project ecosystem; identification of flaws in the relationships between the public agency and contractors, and flaws in the relationship between the legislature and the public agency. These failures and flaws are the consistent factors in explaining the tendency for mega-scale public IT projects to fail.

## 2. BACKGROUND

### 2.1. Mega-scale public sector IT projects

Over the last few years, IT projects in the public sector have increased in frequency, scale, scope, and complexity. The track record of these projects is abysmal. Notably, a study of 1471 large IT projects primarily consisting of US-based projects for public agencies revealed that one in six of those projects became a “black swan,” or a statistical outlier due to expensive cost overruns

(Flyvbjerg & Budzier, 2009). These increasing IT expenditures incite a pressing need to ask questions about how to avoid project failure. Bozeman and Bretschneider (1986) recognized that implementation of IT in the public sector would require a fundamentally different approach. They asserted that private sector principles could not be effectively translated to the public sector, that is, a new management framework would need to be designed for public sector IT projects. Scholars have also noted that IT projects in the public sector necessitate more attention to issues of openness, accountability, representativeness, and external and vertical linkages (Rocheleau & Wu, 2002; Cats-Barni & Thompson, 1995; Puroo & Desouza, 2010; Becker *et al.*, 2011; Desouza, 2015).

Mega-scale IT projects have enormously dense patterns of interaction and these patterns often lack coherence and transparency (Grabher, 2002). For example, while Newell *et al.* (2008) note that large IT projects with complex objectives usually require work to be carried out in multiple subprojects (instead of one large project), subprojects tend to be less defined, and they are unlikely to be governed with pre-set goals. The subprojects are often haphazardly mashed together in hopes that a coherent product and innovative outcome will emerge. This aspect of mega-scale IT projects in the public sector makes these undertakings categorically different from private sector IT endeavors because numerous non-technical factors (i.e., political pressure, oversight by legislative committees, economic constraints and realities, internal cultural and cross-agency politics, etc.) have a direct impact on project outcomes. In short, projects in the public sector are heavily impacted by sociopolitical and economic conditions (Lamb *et al.*, 2013).

Dysfunctional internal dynamics are frequently observed in failed mega-scale public projects. Public employees enact various

behaviors, such as avoidance, normalization of bad behavior, dishonesty, etc. that contribute to project failure. These actions have been regularly seen in public agencies where employees are forced to live with and react to a set of constraints that they have little to no control over. For instance, Flyvbjerg (2009) identifies a pattern where officials avoid talking about project problems or even acknowledging failures after they have happened. Pinto (2006) argues that leaders who avoid red flags also normalize deviance, and bad behavior becomes ingrained in the organizational culture. Such normalization often happens as a kind of flawed or rationalized cost-benefit analysis. Crises and unforeseen events such as terrorism, market collapses, recessions, software issues, cost overruns, and missed deadlines are all problems that have to be addressed. Flyvbjerg (2005) notes the problematic practice of *strategic misrepresentation* where decision-makers or politicians underestimate the cost and overvalue the benefits of their projects to draw funding. Yourdon (2004) coined the term *death march projects* to describe undertakings that are typically set up to fail and operate under the hope or expectation that the project team will perform some type of miracle and find success. Pinto (2013) highlights *plan massaging* as a method of shortening a timeline after it has already been agreed upon. While these studies have addressed various aspects of individual managers' faults in mega-scale public IT project failures, to our knowledge, there is still a dearth of research that provides a holistic and theory-driven view of the tendency for public organizations to suffer such failures.

## 2.2. Ecosystem view of mega-scale IT projects

While an IT project has traditionally been viewed as an isolated, bounded, temporary organization, an emerging stream of

research emphasizes the need to interpret project organization and outcome in the institutional environment (Kadefors, 1995; Engwall, 2003; Dille & Söderlund, 2011). Mega-scale public sector IT projects, in particular, are driven by a complex network of stakeholders and interactions and inter-relationships among these stakeholders (Dille & Söderlund, 2011). Many researchers have noted that such complex interactions among actors within and outside a social organization resemble the interactions among species in a natural ecosystem (e.g., Becker *et al.*, 2011).

Applying the ecosystem analogy in the specific context of business organizations, Moore (1996) coined the term business ecosystem to describe “an economic community supported by a foundation of interacting organizations and individuals—the organisms of the business world. This economic community produces goods and services of value to customers, who are themselves members of the ecosystem. The member organizations also include suppliers, lead producers, competitors, and other stakeholders. Over time, they co-evolve their capabilities and roles, and tend to align themselves with the directions set by one or more central companies” (p. 9). Koenig (2012) further developed a typology that classifies business ecosystems into four distinct types: supply systems, platforms, communities of destiny, and expanding communities. Supply systems, in particular, describes a business ecosystem that is “controlled by a principal who delegates to its constituents certain complementary contributions to achieve the strategic activity” (p. 215). When an organization delegates subtasks to contractors during a large scale IT project, the project ecosystem exemplifies a supply system. In analyzing industries such as mobile computing, researchers have found the ecosystem view to provide a more accurate representation of the competitive dynamics

**Table 1. Summary of the ecosystem of the three cases.**

Case	Country	Sector	Political climate	Duration of project	Managed by	Number of contractors	Overall budget
FBI VCF	U.S.A.	Defense	Supportive	5 years	One federal agency	Two primary contractors	\$581 million
Healthcare.gov	U.S.A.	Health	Strong opposition	3 years	Two government agencies	One lead contractor and over 50 contractors and subcontractors	\$133.6 million
NPfIT	U.K.	Health	Controversial	9 years	One government agency	Four contractors	£10 billion

compared to the traditional supply chain or value chain views (e.g., Rong & Shi, 2009). Other types of socioeconomic ecosystems have been proposed and all share one key defining feature: the presence of a network of interacting entities (Briscoe, 2010; Li *et al.*, 2012). For example, an organization could be viewed as a social ecosystem considering social interactions among the members, or a knowledge ecosystem where the knowledge transfer and exchange are the focus (Briscoe, 2010; Li *et al.*, 2012).

Prior research on IT project failures tends to focus on specific aspect(s) of IT projects (e.g., viewing IT projects as a type of organizational activity to be managed, and examining the role of project management practices in project outcomes), overlooking the complex interactions that exist in an IT project ecosystem. Therefore, in this study, we apply the ecosystems lens to understand the nature of public sector organizations that lead to their tendency to suffer mega-scale IT project failures. The ecosystem perspective provides an interesting perspective to study mega-scale public IT projects by permitting us to study species (stakeholders) that interact and are impacted by mega-scale projects.

We purposely chose to study three projects that operated in very different ecosystems. Specifically, we chose projects that

had varied in the political climate, level of public scrutiny, scale, and operated in, and interacted with, stakeholders in different sectors (see Table 1).

### 2.2.1. Political climate

The VCF project was accelerated by the post-September 11<sup>th</sup> political climate. National security was championed by political leaders, the public sector, and citizens alike due to a heightened fear of terrorism. On the other hand, the HealthCare.gov project grew out of President Obama's election promises. The passage of the Affordable Care Act (ACA) led to political intractability and infighting in Washington D.C., eventually resulting in a government shutdown in late 2013. In contrast to the VCF, support for HealthCare.gov was decidedly lacking. The NPfIT came from a strong governmental will to modernize its health service, which was often handled locally with no possibilities to coordinate medical information efficiently through a system. The NPfIT was heavily discussed and portrayed as a controversy in the political debate as, for instance, the requirement analysis was poorly done (e.g., users were not involved enough in the requirement phase and it failed to address the confidentiality of patients' health information). The controversial political climate that the project faced was also due to a

recent history of failed projects (e.g., the 1992 and 1998 Information Management & Technology strategies) that aimed at improving health care services but failed to deliver their promises (Wainwright & Waring, 2000).

### 2.2.2. *Public scrutiny*

The FBI faced intense scrutiny from the public and government officials immediately following 9/11. It was a mix of this scrutiny and extreme patriotism that drove the project's acceleration (Verton, 2003). However, work on the VCF was done outside of the public eye and did not directly impact everyday citizens. The debates on the policy options and ramifications of overhauling the healthcare system was public. Political leaders, pundits, and even the citizenry were split on their views regarding the policy. Regardless, given the public nature of the debate, the time period immediately preceding the rollout of HealthCare.gov portal had focused the country's attention on the project. The NPfIT underwent scrutiny due to early signs of project complexity, confidentiality of information, lack of consultation of key stakeholders, etc., as it impacted the future of patients in the U.K. The media brought attention to these issues but also to the high cost of the project for taxpayers (Maughan, 2010).

### 2.2.3. *Scale*

The VCF project was conducted within one federal agency while the work on HealthCare.gov was managed chiefly by two government agencies. Additionally, the VCF project employed two primary contractors over the five-year life of the project, while the HealthCare.gov undertaking had over 50 contractors/subcontractors, major and minor consultants, and other public

agencies to contend with over a brief three-year period. The NPfIT was then led by the Director General of National Health Service (NHS) IT who contracted four vendors (BT, Accenture, CSC, and Fujitsu) to work on the then five health authority regions in which the system was to be implemented. Those regions or clusters were: North East; North West and West Midlands, Eastern, London, and Southern (Campion-Awwad *et al.*, 2014). The difference in the range of stakeholders involved and the number of entities that had legitimate control over the project's fate makes for interesting comparisons from an ecosystems viewpoint.

### 2.2.4. *Sectorial differences*

These three projects operated in, and interacted with, stakeholders in different sectors. They are in the defense and healthcare sectors, which have large numbers of powerful external stakeholders vying for influence. These include major pharmaceutical companies, arms industries supporting the world's largest military, defense and engineering contractors, various lobbying groups, and numerous employees. The two healthcare projects HealthCare.gov and the NPfIT were from two different countries (the U.S.A. and the U.K.) with two different kinds of bureaucratic and political structures. Further, sectorial issues are compounded by the role of monopolies (or near monopolies) and their interests, especially monopolies related to large contracts. Sectorial differences also bring out nuances associated with power dynamics in networks, the appreciation (or lack thereof) for sector-level innovation, lobbying and political influence that impacts the level of control and power the public agency may (or may not) have to influence the trajectory of a project during all phases from the request for proposals to development, implementation, and ongoing maintenance.



### 3. METHODOLOGY

We employed a multiple case study approach to explain failures that occurred in the FBI VCF, the HealthCare.gov, and the NPfIT projects. This is the preferred strategy when “how” or “why” questions are being posed and when the focus of the research is on a real-life context (Yin, 1989). Multiple case studies also allow for comparative conclusions to be drawn.

Data captured for the case studies were gathered from a wide range of sources, that is, news outlets, journal publications, reports, case studies, records, and other publicly available documents. This approach is an effective means of analyzing data when dealing with sensitive issues or a hard-to-reach sample. Qualitative Media Analysis (QMA) was used as the method of analysis. QMA is an analytical tool that requires the researcher to study documents to uncover their relevance, significance, and meaning informed by the researchers' theoretical lens (Altheide, 1996). Additionally, QMA is a useful tool because it investigates documents, their narrative structure, context, bias, cultural focus, and thematic emphasis to arrive at multiple perspectives of a single occurrence.

Altheide (1996) categorizes successful document analysis into the following five stages: 1) document unit analysis, 2) protocol development and data collection, 3) data coding and organization, 4) data analysis, and 5) reports. First, a unit analysis and the appropriate content/documents to collect for the study should be identified. Identifying the appropriate content or documents is extremely important because it provides context and significance for how the data will help define the cases. Second, a protocol is to be developed to define the characteristics present in the data and determine testing procedures in a pilot round. A data collection sheet is included in the protocol because it outlines the variables

to be considered in the study. Third, once data has been collected, it should be accurately coded. A midpoint analysis should be completed to determine if any alterations in the protocol are necessary. Fourth, data analysis of the contrasting and similar themes present in each case is needed. Once analysis has been completed, findings are drawn and concluded. Finally, as findings emerge, they should be integrated with the key concepts of the study and reported.

A protocol was developed to outline the variables to be included in the study. These variables were selected to capture the key dimensions of each project ecosystem and the symptoms of the project failure. The specific variables are *failure*, *stakeholders*, *disaster*, *media*, *political culture*, *internal constraints*, and *external constraints*. The data collection consisted of collecting media content on FBI VCF, HealthCare.gov, and the NPfIT. Internet searches were conducted to find troves of news stories, reports, journal articles, social media posts, etc. Approximately 420 pieces of data were found and applied to the study protocol for inclusion or for discard. The search included data from before the initiation of each project until their conclusions. A wide net was cast because the theoretical lens of this study values developments that occurred before, during, and after project failure, involving every stakeholder of the project ecosystem. Searches for media content included keywords such as: “failure,” “contractors,” “public opinion,” “Congress,” and “leadership,” to find varied data on the topics. A total of 167 data sources were used: HealthCare.gov had 67, VCF had 26, and the NPfIT had 74. It should be noted that the richness in data varied due to the nature and publicness of each case. HealthCare.gov and NPfIT were very public projects resulting in a higher volume of media content.

The data were captured in three large, comprehensive spreadsheets that served as a

coding template. First, a detailed timeline of social, political, and financial events integral to the development of the studied projects was outlined and coded. This timeline organized overall key events that spanned topic areas and a variety of variables. In essence, it plotted the projects from their antecedents, actions, outcomes, and effects (see Figure 1 for an illustration of the FBI VCF timeline). In addition, a list of each stakeholder's roles and responsibilities in the development of these projects was outlined and coded. This dataset provided clarity into the various stakeholders involved in each project and the roles they were supposed to play as outlined by contracts or formal agreements. Furthermore, the same list of stakeholders was used to build another dataset, which plotted stakeholder actions and interactions during the development of the projects on a timeline. This dataset included such information as correspondence, monies received, reports of work performed, etc.

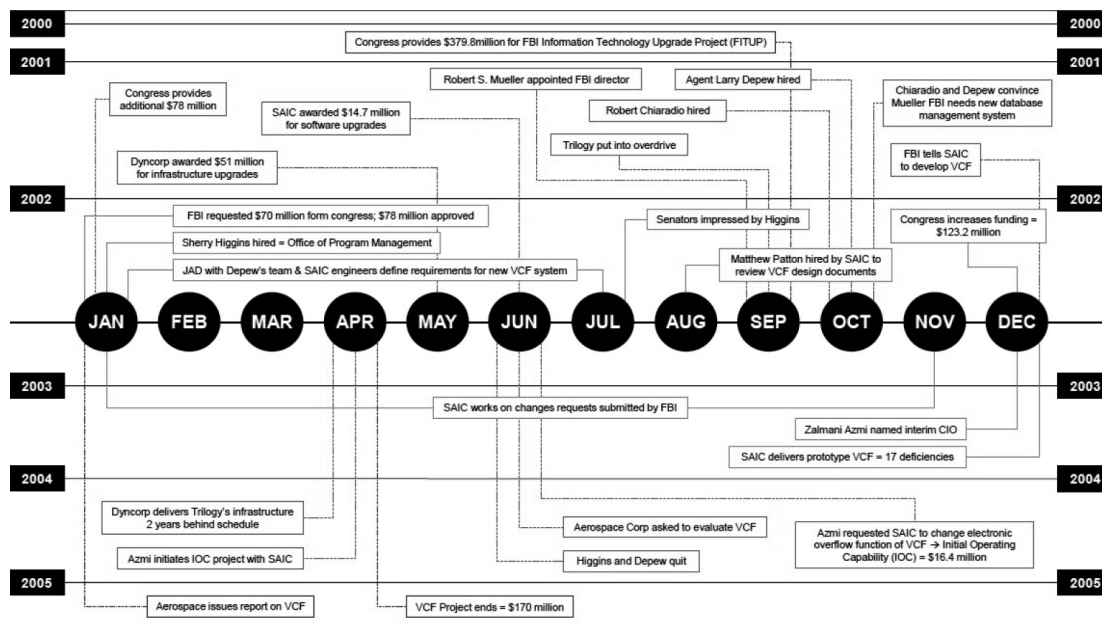
The data were then triangulated for accuracy and reliability by locating corroborating information. This process ensured that information was accurate and matched the

research protocol. Since media reports are often rife with opinion and conjecture, all factual information was corroborated to weed out invalid, incorrect, or unsubstantiated data. We purposely retained specific ideologies and viewpoints used in discussions of media overtones in order to reflect the inherent politicization of these projects.

Analysis included key events extracted from the spreadsheets to reveal similarities and dissimilarities between the cases. All three datasets were analyzed separately and together to locate trends and patterns. Analyzing the datasets together was useful because it provided a holistic view of the projects. For example, the contractor relationships looked very different for each project on the dataset describing roles and responsibilities. Yet when analyzed along with the first dataset detailing the social, political, and financial events in each project, they offered key insights into contractor relationships, trends, and outcomes.

The following examples illustrate the process of triangulation of the methodology to arrive at insights that are described in cases

**Figure 1: Timeline of the FBI Virtual Case File.**



that then help drew key findings for this paper. For instance, various data from the cases showed that underqualified individuals were assigned to the projects. More specifically, documents such as National Audit Report (2006, 2011) or academic papers (Hendy *et al.*, 2005) on the NPfIT project discussed the lack of experience of managers put in charge of such a mega-scale project. Documents on the FBI VCF showed evidence of how the FBI project managers lacked the right qualifications, both IT and business knowledge, but also experience with the public sector (Marchewka, 2010). Similarly, documents from the cases show that the funding of projects was not optimized. For the HealthCare.gov project, Congress approved an additional \$27.7 million (Morgan & Hunter, 2013). For the FBI VCF, the FBI requested an additional \$70 million from Congress to accelerate the Trilogy project and received \$78 million (Marchewka, 2010); for the NPfIT, an additional £3.6 was added to the projected cost (Syal, 2013). These items of information taken together show trends in how the projects were conducted in similar or different ecosystems.

#### 4. THE TALE OF THREE MEGA-SCALE HEALTH IT PROJECTS IN THE PUBLIC SECTOR

This section will describe three mega-scale public sector IT projects: the U.S. Federal Bureau of Investigation's (FBI) Virtual Case File (VCF); HealthCare.gov in the U.S. and National Health Service (NHS) in the U.K.

##### 4.1. Virtual Case File

###### 4.1.1. Context

Throughout the 1990s, the FBI developed information systems without an overarching

organizational plan (Goldstein, 2005). By the year 2000, over 50 independent application systems were in place. This patchwork of systems, which were written in different programming languages and running on disparate platforms, failed to provide the most basic needs for an intelligence and security agency, namely, the sharing of relevant case data between FBI divisions and field offices (Marchewka, 2014). The FBI's Automated Case Support (ACS)—designed as a back-up for paper-based case management protocols—was so poorly designed that agents were required to navigate through 13 computer screens just to upload a single document in the system (US DOJ Officer of Inspector General, 2005). Data management challenges were frequently encountered. For instance, the FBI mishandled more than 3,000 documents associated with the trial of Timothy McVeigh for his role in the 1995 Oklahoma City Bombing (CBS News Staff, 2001). A 2005 report by the Office of the Inspector General delineated the shortcomings of the FBI's pre-9/11 systems (The Federal Bureau of Investigation's management, 2005):

- More than 13,000 of the FBI's computers were 4–8 years old and incapable of running modern software;
- Communication networks between and within FBI offices were up to 12 years old;
- Network speeds were equivalent to a 56k modem;
- Many networking components were no longer manufactured or supported;
- Agents were unable to reliably email each other, U.S. Attorneys' offices, or other federal agencies.

###### 4.1.2. The Project

In September 2000, the U.S. Congress approved \$379.8 million for a three-year FBI

Information Technology Upgrade Project (FITUP) under then-FBI Director Louis Freeh and CIO Bob E. Dies. The FITUP soon divided into three parts and was renamed Trilogy. During the summer of 2001, two different contractors, DynCorp and Science Applications International Corp (SAIC), were hired to work on Trilogy. The three-stage initiative would upgrade the FBI's inadequate IT capabilities: SAIC would develop software upgrades and DynCorp would be responsible for hardware (Office of Inspector General, 2005).

On September 4, 2001, Robert Mueller was appointed to the FBI Director role and took charge of Trilogy. The September 11<sup>th</sup> attacks occurred just days after the FBI's leadership change, shifting Trilogy into overdrive. Mueller gave orders for the project to be completed as soon as technically possible (Verton, 2003). He hired Robert Chiaradio, the agent in charge of the Tampa, Florida FBI field office, to assist with the project. Chiaradio concluded that the current plans for creating a web interface to support the antiquated ACS system would be insufficient. He needed an alternative solution that would allow agents to search across various investigations to find relationships to their own cases (Goldstein, 2005). In need of further assistance, Chiaradio hired Larry Depew, an agent who previously developed a database system to track Mafia activities in New Jersey (Marchewka, 2014). Over the next month, Chiaradio and Depew brainstormed new solutions to replace the antiquated ACS system. In December 2001, they convinced Mueller that the FBI needed an entirely new system that would include an improved user interface and database management system. Mueller instructed SAIC to stop their current work and instead begin work on the new system, referred to as the Virtual Case File (VCF) system (Marchewka, 2014). Under increasing pressure to deliver an improved case management system, Chiaradio and Depew

began taking shortcuts in the planning and development stages. Joint Application Development (JAD) sessions were held with SAIC and other experts to define requirements for the new system. However, work processes were not halted until the JAD sessions were complete—resulting in numerous inefficiencies. Additionally, both the FBI and SAIC agreed to complete the VCF in 22 months. No backup plan was created in the case that the VCF was unsuccessful (Marchewka, 2014).

In January 2002, the FBI requested an additional \$70 million from Congress to meet the accelerated deadline. Not only did Congress approve the funding, they provided \$8 million more than was requested. Mueller and Chiaradio then hired C. Z. (Sherry) Higgins, an experienced IT professional with 29 years of experience, to create a new FBI unit: The Office of Program Management. This new department would serve as a central hub for expensive, complex, and risky projects (Marchewka, 2014). In her new role, Higgins named Depew—who had no formal IT experience—the official VCF project manager (Goldstein, 2005). Depew became the primary point of contact with the SAIC and served as a liaison between the FBI's investigative and administrative processes divisions.

In March 2002, just two months after hiring Higgins, Chiaradio left the FBI for a lucrative role at BearingPoint Inc., a global consulting firm (Verton, 2003). Depew continued to hold JAD sessions throughout the first half of 2002, resulting in a very detailed VCF requirements document. The VCF system would accept scanned documents and other electronic media, thereby simplifying evidence tracking, and allow individuals with proper clearance to access that evidence from any FBI office location (Goldstein, 2005). By summer 2002, SAIC had approximately 200 programmers on staff working on the VCF (Koman, 2006).

Everyone seemed pleased with the progress being made. In a July 2002 senate hearing, Higgins wowed the senators with a PowerPoint presentation outlining the VCF's capabilities (U.S. Senate Committee on the Judiciary, 2002).

Unfortunately, despite appearances, the VCF project was not on track. In August 2002 SAIC hired Matthew Patton to review design documents outlining the VCF's structure and user interface. Patton, who had previously spent four years helping develop a web-based database system used to plan the Department of Defense's \$400 million budget, quickly realized that the VCF's 800-plus pages of requirements were too complicated for effective implementation. Patton asserted that SAIC was wasting time coding unnecessary applications and was making no attempts to control costs, for example, they were using 200 programmers where only a couple dozen were needed. Patton asserted that "[t]he [SAIC's] attitude was that it's other people's money, so they'll burn it every which way they want to" (Koman, 2006). Patton did not feel that his concerns were being taken seriously. Out of frustration, Patton posted a message on a public forum asserting that nobody at the FBI was taking security issues seriously. This post immediately got Higgins' attention. She labeled him a disgruntled employee and reported him to the FBI's security division. His clearance was revoked. Unable to continue work, he left his position three months later.

In December 2002, Higgins asked Congress for additional money, receiving \$123.2 million and increasing the total cost of the Trilogy project to \$581 million (Kerzner, 2014). In 2003, SAIC began taking change requests for software alterations from the FBI. Approximately 300 change requests were filed in 2003; SAIC implemented changes and delivered the final

VCF product in December 2003. Zalmi Azmi, who was appointed interim CIO for the FBI just weeks earlier, quickly realized that the software was broken and unusable. He made the decision to reject the VCF based on 17 functional deficiencies. SAIC argued that many of the deficiencies were due to mid-project requirement changes.

In May 2004, Azmi asked SAIC if they would change an electronic function of the VCF into something he called the Initial Operating Capability (IOC) in six months for a fixed price of \$16.4 million. Additionally, in June 2004, the FBI hired Aerospace Corporation to review the VCF and determine if system requirements were met. Aerospace found 59 issues and sub issues arising from the FBI's original 17 deficiencies; 19 were due to the FBI's requirement changes while the remaining 40 were SAIC problems (Marchewka, 2014). As a result, SAIC offered to fix all issues if given \$56 million and an additional year to work on the project. Funding to fix these issues was never given, but the IOC was developed. However, before work on the IOC could be started, both Higgins and Depew left the FBI.

#### 4.1.3. Outcome

Completed in March 2005, the IOC was partially successful. According to an internal FBI assessment, "Although the IOC application was an aid to task management, its use did not improve the productivity of most users" (Marchewka, 2014, p. 8). After the IOC launch, Mueller revealed to reporters that the FBI was looking into off-the-shelf software to meet their needs. In April 2005, the VCF project was officially abandoned (Kerzner, 2014). Commenting on the project, Senator Patrick Leahy asserted that the "[VCF project has been a] train wreck in slow motion, at a cost of \$170 million to American taxpayers and an unknown cost

to public safety” (U.S. Senate Committee on Appropriations, 2005).

## 4.2. HealthCare.gov

### 4.2.1. Context

Healthcare reform in the U.S. is an oft-debated topic with wide-ranging implications. Throughout history, presidential calls for healthcare reform have been met with fierce opposition from the medical industry, for example, the American Medical Association has long opposed public insurance plans (Pear, 2009). In the late 1960s, rising healthcare costs for Medicare and Medicaid became a political issue that would persist for decades. Over the next five decades, other smaller yet significant healthcare projects would be passed, such as President Nixon’s Health Maintenance Organization Act (HMO) in 1973, the Employee Retirement Income Security Act in 1974, COBRA (Consolidated Omnibus Budget Reconciliation Act), the Medicare Catastrophic Coverage Act in 1988 (later repealed in 1989), and the Children’s Health Insurance Program (CHIP) in 1997. However, none of these programs provided affordable healthcare and insurance for the masses.

In 1993, President William J. Clinton began an effort to enact a law for universal health coverage using a “managed competition” approach where insurers would compete in tightly regulated markets. In the end, President Clinton’s plan was unsuccessful because the health insurance industry lobbied against healthcare reform and the

Republican opposition argued that reform would be too costly for many businesses (Nather, 2014). However, the CHIP was enacted shortly thereafter; to date, over seven million children have been insured under the law.

The argument that the federal government should support healthcare accessibility resurfaced in public discussions during the 2008 presidential election. After assuming office in 2008, President Barack H. Obama and members of Congress began negotiating the terms of healthcare reform. President Obama proposed a mandate that would require all Americans to enroll in an insurance plan of their choice. Despite heavy Republican opposition, the Patient Protection and Affordable Care Act (ACA) was passed by Congress in late 2009 and signed into law by President Obama in March 2010 (Dunham, 2010) (H.R. 3590). Enacted with the goal of reducing healthcare costs and increasing health insurance quality, the law expanded public and private insurance coverage for the uninsured by imposing mandates, subsidies, and insurance exchanges (Washington Post, 2013). The ACA is the most significant regulatory overhaul of the U.S. healthcare systems since the passage of Medicare<sup>1</sup> and Medicaid<sup>2</sup> in 1965.

### 4.2.2. The Project

After the ACA’s passage, planning, and construction of HealthCare.gov was quickly initiated and the launch date was set for October 1, 2013, in time for the December 23, 2013 deadline for individuals to sign up for coverage that would begin in January

<sup>1</sup> Medicare is a national social insurance program, administered by the U.S. federal government since 1966, that guarantees access to health insurance for Americans aged 65 and older who have worked and paid into the system, and younger people with disabilities as well as people with end stage renal disease (Medicare.gov, 2012) and persons with amyotrophic lateral sclerosis.

<sup>2</sup> Medicaid in the United States is a social health care program for families and individuals with low income and resources.

2014. Envisioned as the official marketplace for health insurance, HealthCare.gov would be a federally operated exchange for citizens to shop for coverage. The Department of Health and Human Services (HHS) and the Centers for Medicare and Medicaid Services (CMS) were responsible for implementing key aspects of the law. This included the development and certification of the insurance exchanges, determination of consumer eligibility for federal subsidies, and construction of the HealthCare.gov website (GAO-13-614, 2014). The website's functionality would include digital identity authentication, income verification, and other forms of data verification to determine insurance plan eligibility (CMS, 2014). The goal was to ambitiously roll out HealthCare.gov in a "big bang" release involving the deployment of all technology components at once instead of incrementally (Thibodeau, 2013).

Development of the HealthCare.gov website occurred between 2010 and 2013. Under the direction of the White House Office of Health Reform, CMS and HHS contributed to the implementation of the ACA in various ways. CMS was primarily responsible for the day-to-day development of HealthCare.gov and served as the lead systems integrator (LSI) for the various aspects of the project. HHS's Office of Health Reform was tasked with ensuring that the project adhered to the ACA's rules and regulations.

Contractors and subcontractors were also hired for specific tasks throughout the project (Depilles, 2013). In May 2010, the Canadian-based contractor CGI Federal won a bid as lead contractor on the project for \$93.7 million. Over 55 other contractors and subcontractors were hired during the course of the project. Work was routinely divided into smaller projects and given to a contractor to complete. For example, Quality Software Services, Inc. (QSSI), a subcontractor of CGI Federal, developed the Data Services Hub and the Enterprise

Identity Management System (EIDM) used for HealthCare.gov (Yang, 2013). The contractors also developed other pieces of technology such as the user interface, email notifications, registration confirmations, account activation links, and the landing page for the website (Allison, 2013). Moreover, various federal agencies, such as the Internal Revenue Service and Social Security Administration, were engaged as well for purposes such as income and identity verification.

In May 2011, David Cutler, a Harvard professor and former advisor on President Obama's 2008 Presidential campaign, sent a memo to White House officials arguing that an outside entity should be contracted to oversee integration of the various components of HealthCare.gov (Washington Post, 2013). However, Cutler's recommendation went unheard—CMS would remain the LSI (CBS News Staff, 2013). During the next 18 months, CMS worked with individual contractors as they completed their assigned tasks. As the 2012 presidential election drew near, stakes became incredibly high. President Obama was vying for reelection and Republican opposition was actively lobbying against the ACA, despite the fact that it had already been signed into law. The White House, concerned that controversial plans or information might be leaked to the media and used against President Obama, instructed HHS employees not to share "concepts of operation" or other diagrams delineating the internal operations of HealthCare.gov (Washington Post, 2013). Furthermore, important insurance coverage standards and rules were not released until after the election (Washington Post, 2013).

As the October 1 launch of HealthCare.gov neared, concerns began to arise that the project would not be completed as scheduled. In March 2013, HHS announced that it would delay the rollout of small business health exchanges by one year. A

few weeks later, Henry Chao, deputy CIO at CMS, said that he was “pretty nervous” about the exchanges being ready by the October 1 deadline at an insurance industry meeting (Morgan & Hunter, 2013). Shortly thereafter, more troubling news arose when CGI Federal announced that they would soon exceed their contract’s ceiling of \$93.7 million. Additional funds not included in the original contract were needed to avert a cost overrun and improve system functionality. As a result, Congress approved an additional \$27.7 million in April 2013 (Morgan & Hunter, 2013).

In June 2013, the Government Accountability Office (GAO) released a report on HealthCare.gov contending that while “missed interim deadlines may not affect implementation, additional missed deadlines closer to the start of enrollment could do so” (GAO-13-601, 2013, p. 1). The GAO’s warning heightened pressure on CMS, HHS, and contractors to succeed. In July 2013, Serco was awarded a contract—worth up to \$1.25 billion—to handle paper applications for exchange-based health plans. Shortly after the contract was awarded, Britain’s Serious Fraud Office (SFO) began a criminal investigation into Serco for fraud, resulting in more bad press for HealthCare.gov (Murray, 2013).

In August 2013, CGI Federal sent a memo to the CMS stating that only 55% of work was completed (Washington Post, 2013). Several weeks later, Congress approved an additional \$58 million in funding for CGI Federal to ensure HealthCare.gov would meet the October 1 deadline. The additional funds were justified as the need to add new elements to the system and increase capacity, but the GAO (2014) later found that the additional funds were really to continue the original development work. As the launch date neared, it became clear that there would not be sufficient time to properly test all of HealthCare.gov’s

components. According to a September 2013 report, the top risk to the project was “not enough time in schedule to conduct adequate performance testing” (Johns & Wolf, 2013). Increasing pressures resulted in the approval of an additional \$18.2 million in funding for CGI Federal just weeks before launch (Morgan & Hunter, 2013).

On October 1, 2013, the day HealthCare.gov launched, the site crashed almost immediately. Issues were initially blamed on higher-than-anticipated volumes of web traffic. However, other problems were soon uncovered, such as missing drop-down tools, confusing instructions, and the transmission of unnecessary data (Aigner-Treworgy, 2013). During the first week, the site attracted 250,000 users simultaneously; administration estimates were for 50–60,000 simultaneous users. It has been estimated that only 1% of 3.7 million interested persons were able to enroll on the site during its first week (Smith *et al.*, 2013). For the 1% that could access the site, they experienced errors in price quotes, incorrect data transmitted to insurers, two days of data hub outages during October, and verification issues that prohibited enrollment.

#### 4.2.3. Outcome

Following the failed deployment of HealthCare.gov, the White House contracted with Quality Software Services, Inc. (QSSI) to coordinate efforts to fix the website (Eilperin, 2014). In an interview with Gerald Seib at the Wall Street Journal’s CEO Council, President Obama acknowledged that his administration underestimated the complexities of building such a website and also discussed the inefficiency of government procurement methods (Wall Street Journal, 2013). President Obama vowed to fix the site by late November and announced that a “tech surge” approach would be used, that is, experts from the public and



private sector would be brought in to work on the site until it was fixed (Mazmanian, 2014). The tech surge was largely effective; HealthCare.gov's system uptime was improved from an embarrassing low of 42% on November 1 to 95% by early December (Auerbach, 2013). However, enrollment was lower than anticipated. While projections anticipated 800,000 enrollees by December, only 364,000 individuals had signed up (Brennan, 2013). As a result, open enrollment, which was originally set to close on December 23, 2013, was extended until March 31, 2014. Nearly 8 million individuals had enrolled by the March deadline (Galewitz, 2014).

### 4.3. National Health Service (NHS)

#### 4.3.1. Context

In the 1990s, Great Britain wanted to modernize its health service. In 1992 a strategy was put in place to enhance the national health service including the development of electronic health records. The strategy was called the NHS Information Management and Technology (IM&T) strategy (Wainwright & Waring, 2000; Campion-Awwad *et al.*, 2014). However, "despite several technological advances and the introduction of key infrastructure, the strategy lacked overall objectives, specific targets and sufficient programme evaluation" (Brown, 2001 as cited in Campion-Awwad *et al.*, 2014). The 1992 IM&T strategy failed and was followed by the 1998 IM&T strategy. The 1998 IM&T strategy also failed. The reasons of the latter failure were identified by Brown (2001, as cited in Campion-Awwad *et al.*, 2014) as "the lack of identifiable performance targets, lack of clear business case and lack of clarity about plans to evaluate the success or failure of the strategy."

In the late 1990s, following these missed opportunities, and after many discussions at the government level, a private meeting was held at 10 Downing Street on February 18, 2002 chaired by Prime Minister Tony Blair and that included Microsoft CEO Bill Gates (Campion-Awwad *et al.*, 2014). During this meeting, attendees agreed that a centralized IT approach to Great Britain's National Health Service (NHS) was the best solution to enable information and information systems to be better integrated and linked with each other across Great Britain (Collins, 2003). Following this meeting, Great Britain's National Programme for IT (NPFIT) was launched by the NHS in June 2002 making it the largest public sector IT project yet in the U.K., given its scope (the five health authorities mentioned above) and its budgeted overall cost of £6 billion. The NPFIT was intended to create an online portal that would allow citizens to access personal health information such as test results, x-rays, and summary care records (Syal, 2013). The platform was supposed to automate all patients' health information and enable patients and doctors to book appointments, fill out electronic prescriptions, and otherwise share information.

#### 4.3.2. The Project

The NPFIT started in June 2002 as a mega-scale, complex Health IT project that was supposed to develop a unique integrated system connecting patients through a digital medical record with physicians, healthcare facilities, pharmacies, and laboratories so that medical practitioners would have access to any patient's health information anytime anywhere. The NPFIT project was, due to its public nature, in the public eye and part of the political debate in the U.K. during the duration of the project until it started being dismantled in 2011. The press coverage continued for a few years after it was officially stopped to report on the failure

(Syal, 2013; Justinia, 2016), lessons learned (Charette, 2012), the Fujitsu battle (Smith, 2014), among others. The NPfIT had many stakeholders from patients and doctors to politicians.

The NPfIT consisted of more than 300 hospitals and health institutions across England. The project was divided into five strategic health authority regions to facilitate the implementation: North East, North West and West Midlands, Eastern, London, and Southern clusters (Campion-Awwad *et al.*, 2014).

Early on, questions surrounding the complexity of the project, concerns regarding the confidentiality of patients' health information, the lack of consultation with key stakeholders, and the need for a thorough procurement phase were brought up by the media (ComputerWeekly.com, 2007; 2008). The U.K. National Audit Office (2008) also reported on the fact that this mega-scale public health IT project was more than an IT project. It stressed that organizational and cultural changes bound to accompany this mega-scale project should be taken into account for the project to be successful. Campion-Awwad *et al.* (2014) discussed the fact that healthcare professionals were not included adequately in the development of the project. The procurement phase lacked clear conversations with healthcare professionals—future users of the systems. The public officials and technology professionals failed to understand the needs of the health profession regarding implementing a digital national health system. Future key users of the NPfIT such as doctors, nurses, clinicians, etc., were barely consulted about their needs and their ideas on how to develop the system. Instead, the government and the technology companies under contract took decisions based on what features they thought should be part of the system. As a result, the system was highly complex and not user-friendly, making it difficult

for healthcare professionals to adapt and to use. It became clear early on that users did not feel committed to the NPfIT (Smith, 2011). Hendy, Reeves, Fulop, Hutchings, and Masseria (2005) stated that the sociocultural challenges in the implementation of the NPfIT were as difficult as the technical and logistical ones. The project experienced several types of problems and concerns that led to conflicts, delays, changes in leadership, changes in suppliers, privacy concerns, etc. For instance, there were procurement concerns due to haste that engendered overriding concerns, such as values and communication (Campion-Awwad *et al.*, 2014). Further, concerns started arising from patients on a national scale that questioned the mandatory nature of the NPfIT (Cross, 2006) and the confidentiality of their health information. Many started to use their right to opt out of the system and have their records shared among health practitioners. One of the reasons was the lack of information that patients received on the sharing on how and which information would be shared. Cross (2006) stressed that one campaign was devoted to reassuring patients on the security of their health information especially on the fact that such a centralized system with only one access point to the patient's record was highly secured and any unauthorized access would be detected right away. These concerns became serious and generated conflicts.

When the NPfIT was launched, vendors were contracted to implement the project in the various regions. Four technology companies (BT, Accenture, CSC, and Fujitsu) were contracted to cover the five health authority regions, which made interoperability challenging (Campion-Awwad *et al.*, 2014, pp. 20–21). They were hired based on their qualifications to implement the system quickly and not work on detailed specifications with the idea that details would be handled as needed and not planned in

advance (Smith, 2011). Richard Granger was appointed Director General of the project in September 2002. He had extensive consulting experience in public sector IT projects and his previous position was at Deloitte (Campion-Awwad *et al.*, 2014). He made it a point to go through the procurement process as fast as possible. He managed to set up all the contracts in about a year, which is unusual for a public project of such a scale (Smith, 2011). His implementation agenda was proven to be unrealistic (Campion-Awwad *et al.*, 2014). Handling the procurement phase at this pace meant that the requirements of the project were not well understood and vendor choices not always thought through. A few months into the NPfIT, conflicts arose between NHS and some vendors. Soon after, some vendors started leaving the project. For example, just over a year into the contract (in 2004), British Telecom left, and Accenture/iSoft left in 2006 (Sessions, 2008). Further, from early on, there were issues between the NHS and Fujitsu. In 2002, Fujitsu won the contract to digitize medical records. Disagreement appeared between the NHS and Fujitsu soon afterwards about changes including a new system for electronically displaying and storing X-rays (Smith, 2011). After years of disputes, the contract was fully terminated in 2008. However, the disputes between the government and Fujitsu did not end in 2008 but continued until 2014 when Fujitsu eventually won the battle in court arbitration and was awarded about £400 million in compensation in addition to what was already paid in the past (Smith, 2011).

Hendy *et al.* (2005) studied the implementation of the NPfIT early on and recommended that the NPfIT address four key issues: 1) lack of trust of the stakeholders in the success of the project; 2) the methodology for implementation; 3) the timetable for implementation, which seemed unrealistic; and 4) the need for better explanations of the benefits of the project to the staff going

through the changes mentioned above, as it was observed that rushing through the procurement phase led to an unrealistic timetable that in turn started creating doubts about the success of the project. Also, key stakeholders were not consulted on what their needs were when it came to digitizing medical records. This generated a lack of commitment to the project by the medical profession and additionally many patients started worrying about security and privacy issues and decided to use their right to opt out of the program. Campion-Awwad, Hayton, Smith, and Vuaran (2014) identified three main themes that can explain what went wrong with the project: 1) haste, 2) design, and 3) culture and skills (p. 3). Not taking the time to think the project through generated an unrealistic timetable, failure to test the system, etc. The design of the project made it difficult to recognize the limitations of the project or confidentiality issues inherent to a healthcare IT project. Culture and skills means for instance that there was no clear leadership, little or no concern for privacy issues, etc.

#### 4.3.3. Outcome

The NPfIT began dismantling in 2011 into separate component parts and eventually officially ended in 2013. The projected cost was £6.4 billion; however, that cost increased greatly due to poor planning. With approximately £10 billion already spent on the abandoned project, it created one of the costliest project failures in the history of ITs (Syal, 2013). Taxpayers continued to pay transition and exit costs during 2013 and 2014.

More than a decade later, only one small section of the intended use of the NPfIT fully functions: the Summary Care Records (SCR). An SCR is an electronic record that centralizes key patients' health information. Currently, more than 94% of

the population of England holds an SCR that can be accessed by medical professionals twenty-four hours a day, seven days a week. Further, since April 2015, all GPs should offer their patients online access to summary information of their GP records. Other aspects of digitizing healthcare have been redirected to local solutions. Further, in April 2016, the NHS director of digital technology Beverley Bryant confirmed that contracts signed during the NPfIT and still ongoing will be funded up to 2020 to enable a better transition (McBeth, 2016).

## 5. FINDINGS

We make use of the rich amount of information collected on the three projects and perform a comprehensive case analysis with a bottom-up approach. When the ecosystem view is employed, researchers aim to identify key actors and examine their interactions before drawing useful conclusions (Karhu *et al.*, 2009; Briscoe, 2010; Purao & Desouza, 2010; Becker *et al.*, 2011). Taking the same approach, our first step for each project was to identify and examine a list of stakeholders and their interactions within the ecosystem. After a thoroughly analysis of each project ecosystem was conducted independently, we extracted common issues that cut across the three mega-scale IT projects and the ecosystems in which they operated.

### 5.1. Species influencing the success of each project ecosystem

In all three cases, several stakeholders (species) levied significant influence on the project outcome. Ecologists have assigned roles to different species in an ecosystem, e.g., the keystone species—the species that is the most critical in maintaining the

biodiversity and the survival of the entire ecosystem (Mills *et al.*, 1993). We found these roles are analogous to the roles of stakeholders in the project ecosystem. We will next discuss the role of each species and its interactions with other species in the ecosystem.

#### 5.1.1. The Keystone Species: Public Agency

First and foremost, the public agency is the “keystone species” of each project ecosystem—the effective management of which determines the direction of the entire ecosystem (Purao & Desouza, 2010). The literature on digital business ecosystems suggests that in an ecosystem involving multiple stakeholders, it is common for one or more companies to act as the keystone species of the ecosystem and take responsibility for setting the vision and direction for all stakeholders to follow (Moore, 1993). In the three cases, the public agencies assumed the role of keystone species and failed in this regard. Each project was initiated and accelerated hastily due to a number of political, social, and economic concerns. Developers of HealthCare.gov worked feverishly to get the project underway and developed. The project was born out of a very divisive political fight about healthcare reform that was still ongoing and snagged with various legal challenges, political criticisms, and media attention. They had only three years to interpret the law, gain compliance from insurers, states, agencies, and other stakeholders, delegate work to contractors, and develop the website with the knowledge that pushing the deadline back was not an option.

The FBI’s intentions of improving their systems were accelerated after September 11. Due to public fear for national security, the FBI pressed on with contractors and work plans that they knew were not working—all to maintain the image of being

productive. The hasty beginnings also led to flawed implementation strategies. Implementation strategies reflect an overall agency plan on how to design, develop, and execute a project. None of the projects had a strong implementation strategy, which was the reason for so much risk and waste. For instance, the NPfIT procurement phase was rushed through, which led to a misunderstanding of the requirements of the different stakeholders. In addition to the initial setup of the ecosystem, as the keystone species the public agencies also carry the duty of monitoring the state of the ecosystem, especially, performance of other species such as the ecosystem engineers (contractors). As illustrated in the next section, the agencies in these cases often failed to monitor and respond to underperforming contractors.

### 5.1.2. *Ecosystem Engineers: Contractors*

Contracting is the most important way that the government outsources work (Dille & Söderlund, 2013). The contractors are the “ecosystems engineers” of each project ecosystem that are responsible for building the ecosystem environment (Purao & Desouza, 2010). For the three projects, contractor relations contributed greatly to project failure. In the case of the ACA, the project was deeply fragmented. For instance, Northrop Grumman, Deloitte LLP, SAIC Inc., Rand Corporation, General Dynamics, Booz Allen Hamilton, MITRE Corporation, Vangent, and PriceWaterhouseCoopers all won contracts with the government to develop pieces of HealthCare.gov. The fragmented nature of development was not entirely the contractors’ fault. Employees at CMS decided to take on roles such as lead integrator of software, a role traditionally contracted to an experienced business. Efforts were made haphazardly by many contractors and without sufficient guidance or access from CMS and HHS. These efforts were

detrimental to the working relationships between the contractors and agencies as well as to the outcome of HealthCare.gov. CMS’ relation with their contractors was inconsistent throughout. Some contractors received contracts to build significant portions of the website, but lacked access to critical information because public agency leadership failed to provide it.

In order to implement NPfIT the British Labor Department for Health signed contracts with four main vendors: British Telecom, Fujitsu, CSC and Accenture. The vendors were divided by clusters and by projects and were in charge of projects that were spread out on one or more clusters. For instance, British Telecom was in charge of the implementation for London cluster services (Campion-Awwad *et al.*, 2014). The vendors were chosen because of their ability to expedite the procurement process at the request of the head of the program (Smith, 2011), which soon caused problems: the requirements were not well-defined and the choices based on those requirements were not fully thought through. The haste in the procurement phase did not allow for proper communication and consultation with the hospitals, clinicians and patients who were to eventually become the end users of the NPfIT (Campion-Awwad *et al.*, 2014).

In order to implement the VCF, the bureau chose two different contractors: DynCorp and the Science Applications International Corp (SAIC). The task orders were awarded under the Millennia contract, an IT services vehicle overseen by the General Services Administration (GSA), and set on a three-year time frame (Emery, 2001). In the wake of the September 11 attacks, FBI director Mueller instructed the project to be put into overdrive and completed “as soon as technically possible” (Marchewka, 2014). This resulted in the project being placed on an accelerated 22-month time-frame. SAIC agreed to deliver the system

by December 2003 and DynCorp agreed to deliver hardware by July 2002. However, DynCorp didn't deliver until April 2004 due to difficulties migrating email networks off legacy systems. SAIC delivered an initial VCF system on time, but it was riddled with deficiencies. SAIC's inability to correct such errors, combined with a recommendation to the project leaders from an independent reviewer (Aerospace Corp.) to pursue a commercial off-the-shelf solution, led to official project termination in April 2006.

In all three cases, as the ecosystem engineers, the contractors struggled to achieve an accurate estimation of the amount of "engineering" they will need to perform for the ecosystem. Underestimation of the work required lead directly to the contractors' inability to deliver their components of the system on time, on budget, and on scope.

### 5.1.3. *Specialist: Politicians and Legislatures*

Politicians are officials elected to represent their constituents. They include the president, the prime minister, governors, and members of federal and state legislatures. Their role in all three projects was specific and significant, representing a specialist species—a species occupying a unique ecological niche in the ecosystem. Politicians, especially through the power of the legislatures, leveraged their influence and political capital on other stakeholders in the development of each project. For the ACA and HealthCare.gov, initiating the project was a monumental and highly divisive political process. The president set the healthcare reform agenda and guided the development of the ACA while members of Congress actively debated for or against the new law. For the VCF, the decision to initiate the Trilogy Project was largely an internal decision. Politicians did not truly enter

the fray until after 9/11 and passage of the PATRIOT Act, when significant efforts were underway to secure the country's safety. By that time, the FBI had already developed its project but the VCF was given more "teeth" by its political supporters. For the British government, the decision to initiate the NPfIT came from a need to reform an outdated healthcare system with the promise to make it one of the most sophisticated paperless systems in the world.

Politicians also helped to create political overtones that drove each case's narrative. For the ACA, two factions of Congress emerged during the developmental stages of HealthCare.gov: one faction was adamantly opposed to the ACA and sought to have it defunded, and another wanted to see the ACA move forward. The rhetoric surrounding the law shaped much of the narrative of the ACA and HealthCare.gov. This narrative was largely one of mistrust and too much government power (Le, 2013). For the NPfIT, many politicians viewed the decision as rushed and as a campaigning tool for the next elections for Tony Blair (Campion-Awwad *et al.*, 2014). The meeting held at 10 Downing Street on February 18, 2002 chaired by Prime Minister Tony Blair and that led to the decision to launch the NPfIT is reported to have lasted 90 minutes and not to have addressed past issues encountered in public health IT projects (for instance the 1992 and 1998 IM&T failed strategies) at their core but rather to choose to impose an unwelcome change to the health system (Campion-Awwad *et al.*, 2014). Conversely, for the VCF, the tone was considerably more supportive and patriotic. Congressional voices like then-Senator Joe Biden (D-DE) offered context for the law the day before it passed, stating in an October 25, 2011 press release that "[t]he anti-terrorism bill allows law enforcement to keep up with the modern technology these terrorists are using." The tenor of discussion left no room for alternatives, and

the FBI's Virtual Case Files project found itself positioned in the early stages of an overhaul with a congress that could not support its mission more strongly.

In each case, the politicians and legislatures focused primarily on one dimension of their role of specialists: the *policy* dimension, i.e., setting the rules for governance and interactions among species in the ecosystem. However, they overlooked or ignored the other crucial dimension of their speciality: the *monitoring* and *evaluating* dimension. Once the initial setup of the ecosystem is completed, they failed to monitor how those logical ideas, regardless of political support, were being implemented through the various administrative actions around the IT projects.

#### 5.1.4. *Specialist: Media Outlets*

Media outlets occupy another unique niche in the project ecosystem. They are not immediately responsible for the success of the ecosystem, yet they perform the crucial task of monitoring and broadcasting the system's health. Through the published news reports and stories, the media had direct influences on the way members of these projects chose to act. Throughout the development and implementation of the ACA, the media published a breadth of stories. Some were rigorous and provided non-partisan factual information, while others reported biased information driven by political agendas. For instance, in February 2014, the nonpartisan Congressional Budget Office (CBO) released a report on the ACA entitled "Labor Market Effects of the Affordable Care Act" where they projected that there would be a reduction of hours worked by individuals resulting in the decline of full-time-equivalent workers of about 2.0 million in 2017, rising to about 2.5 million in 2024 (Congressional

Budget Office, 2014). Most media outlets initially misreported the story by zeroing in on the part about the reduction in the workforce, but failing to mention that the CBO's projected findings were tied to the *chosen* number of hours worked, rather than a representation of actual job losses. While some outlets corrected their misreported stories to state the true nature of the CBO's report after they realized their inaccurate reporting, others maintained the same misrepresentative claim (Gold, 2014). For NPfIT, the media started reporting more on the project when problems started arising a few months into the project, informing that vendors started to leave or that confidentiality concerns were brought to attention (Campion-Awwad *et al.*, 2014). For the VCF, the FBI's image was tarnished prior to the initiation of the Trilogy project. The September 11 attacks directed a flurry of media attention at the bureau. The FBI's inability to effectively share basic information became more and more of a problem. Criticism continued throughout the implementation of the Trilogy project. The media was once again critical when the VCF was abandoned in 2005. An article in The Washington Post asserted that the VCF's failure "stemmed from failures of almost every kind, including poor conception and muddled execution of the steps needed to make the system work, according to outside reviews and interviews with people involved in the project" (Eggen & Witte, 2006).

#### 5.1.5. *Natives: Citizens*

Citizens are the highly influential voting populace that elect politicians, view the media, advocate through their actions, and pay taxes, who ultimately fund the public sector IT projects. As the permanent residents of the geographic region these public IT projects aim to serve, citizens are the native species of the ecosystem.

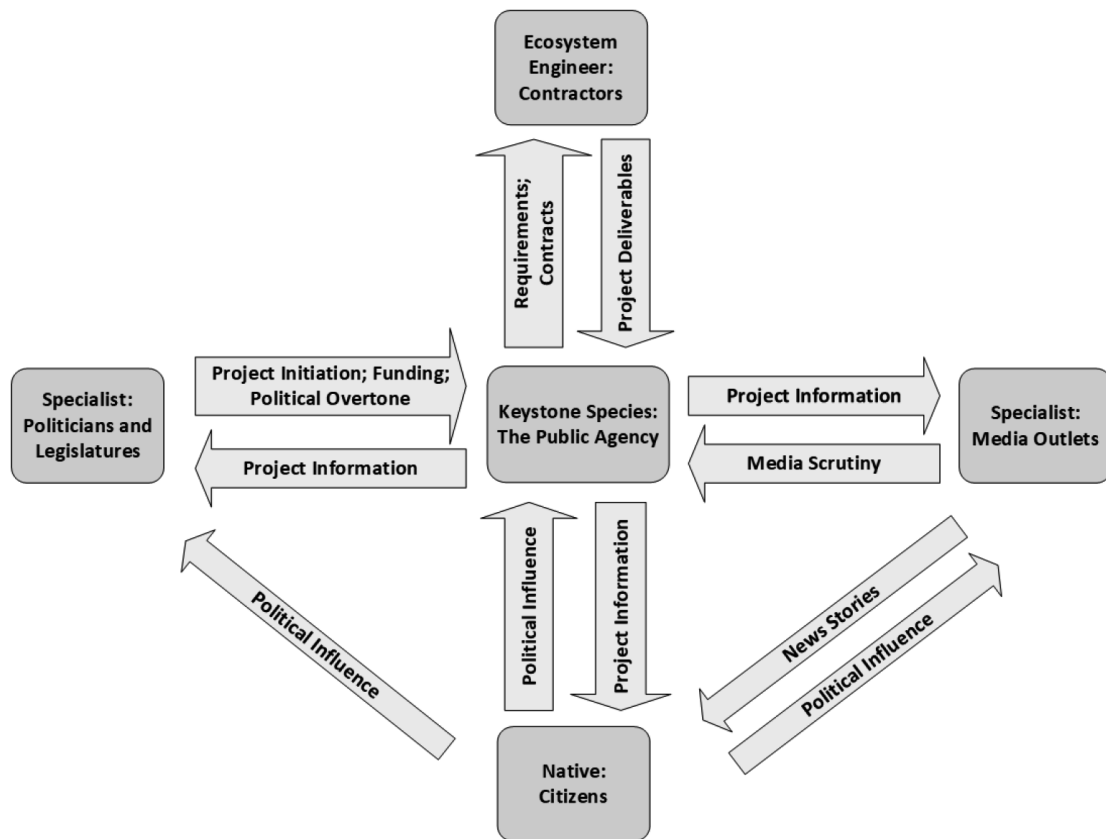
Public sentiment can change the direction of the project at any time. First, as project stakeholders, citizens were activists or supporters. In the case of the ACA, activists in favor of and opposition to the bill included nonprofits, think tanks, political action groups, lobbyists, wealthy citizens with high political influence, and insurers. Activists not in favor of the ACA, for example, Charles and David Koch—known popularly as the Koch brothers—spent a significant amount of their money and political capital to repeal and defund the law (Schouten, 2013). For the VCF, citizens were vocal about wanting more security post 9/11, but few mentioned the VCF directly.

Second, citizens as taxpayers had an expectation that their tax dollars were being used efficiently and effectively. Citizens

are “the public” that stakeholders such as politicians and the media work so hard to persuade. Efforts through the news, social media, and commercials were all made to sway public opinion. For the NPfIT as the project escalated, the media started writing about the concerns emerging from the management of the NPfIT. Citizens became aware of the problems and of the monetary impact of the project escalation.

The following diagram (see Figure 2 below) illustrates the interactions and inter-relationships among the species of the project ecosystems, with the keystone species (public agency) at the center stage. Each arrow in the diagram represents the resources and information one stakeholder provides to another, and/or the influence it has on the other stakeholder. These flows of

**Figure 2: Species and Interactions within a Mega-scale Public Sector IT Project Ecosystem.**





resources and information capture the most crucial interactions among these species.

## 5.2. Major failures in the project ecosystem

Building on the analysis of the events that unfolded and stakeholders' actions taken during each project ecosystem's failure, we extracted several major issues common to the three projects that contributed to the failure. The first few issues revolve around the public agencies' failure as keystone species for the project ecosystems.

### 5.2.1. Failures in the public agency's performance of the role of keystone species

#### Failure in hiring key personnel with proper knowledge and experience

From the perspective of knowledge management, a large IT project embodies a network of individuals that transfer and exchange explicit and tacit knowledge for the benefit of the organization (Briscoe, 2010; Li *et al.*, 2012). Effective flow of knowledge within the ecosystem requires highly qualified individuals occupying certain positions to serve as key nodes in the network (Briscoe, 2010). The three cases demonstrated that the failure of the projects could be partially attributed to dysfunction in the knowledge ecosystem. The cases exemplified several instances where the expertise of underqualified individuals was scaled up to fit the size and scope of the project. For instance, HealthCare.gov had leaders and managers that were highly regarded in matters of health reform and public administration but not the required technological knowledge.

In these projects, leaders did not seek out advice from the experts within the IT departments of their own organizations when making technology decisions, even

when they weren't equipped to make such decisions. The decision to serve as the lead systems integrator for the entire HealthCare.gov website was a poor choice made by CMS and HHS. After the project collapsed, the tech surge was proof positive that, internally, neither agency had the expertise to adequately manage the project. For the FBI, once the VCF was a known failure, there were reports of the FBI's continued mid-stream project modifications and continued acceptance of missed deadlines and cost overruns. For the NPfIT, the haste with which the implementers wanted to conduct the project led to rushed decisions without sufficient consultation of experts and stakeholders.

#### Failure in responding to early signals alerting the impending implosion of the project ecosystem

Detecting early warning signals of an impending collapse of a natural ecosystem has been a persistent yet elusive goal for scientists (Carpenter *et al.*, 2011). There are usually indications of impending failures that can be detected before the failure occurs (Purao *et al.*, 2012) that should enable the organization to intervene to prevent or minimize the damage. Bartis and Mitev (2008) showed that different stakeholders have different interpretations of a system during the implementation phases which leads to different problems because success or failure of the project is understood differently by the stakeholders. In the case of the three projects, the projects were in crisis well before they failed. Unfortunately, the projects had no contingency plans. The implosion occurred when there were little to no appropriate actions to remedy the failures. Hensgen *et al.* (2003) note the importance of staying alert to crisis signs and signals in a project in order to allow for "self-correction" (p. 193). They identify two types of signals that would alert managers to crisis: *mechanical alarms*, which are

technological triggers, and *human technology*, which are organizational personnel that alert organizations to problems.

In the case of HealthCare.gov, human technology would be the signalers of crisis. The teams assigned to HealthCare.gov were wrapped up in projects they were ill equipped to handle. Arguably, the teams had a fear of signaling the crisis flag due to external constraints. The short window of time, many moving parts, and extreme political pressure on HHS and CMS were palpable. Some individuals involved could see what was coming, but there was no time to stop it unless the website launch was pushed back. In the case of NPfIT, human technology would also raise the alarm to problems. In 2008, the National Audit Office alerted that for the project to succeed, NHS needed, in addition to the technology in place, to change its organizational culture. This suggested approach, which was more socio-technical, was not adopted. Another signal occurred when in 2004, conflicts between two of the contractors, Fujitsu and British Telecom, could not be resolved and they both left the NPfIT project just after over a year into the project. The VCF project team continually allowed the contractor to push back due dates. There were instances of the project development team holding up progress. There is no evidence of anyone acting rationally enough to create a human technology alert sufficiently loud to substantively help the project. However, just having a human technology signaler wouldn't have been enough. There were ample warnings from the state of the software for each project that should have let leaders know that the projects were heading toward failure.

### 5.2.2. *Flawed relationships among species in the project ecosystem*

The interactions and inter-relationships among stakeholders are a defining

characteristic of an ecosystem. Dysfunctional relationships among key species or stakeholders in any ecosystem could trigger the collapse of the system.

### **Severely flawed relationships between the public agency and contractors**

Considering public agencies' dependence on contractors to carry out the actual development tasks, the relationships with the contractors are arguably one of the most critical in the ecosystem (Dille & Söderlund, 2013). In the three cases, the relationships with contractors were severely flawed in unique ways. For example, the relationship between HealthCare.gov contractors can be best described as fragmented contractor management. Due to the infighting within CMS and HHS, there were various controls driving contractor relationships and decision-making, making contractor guidance inconsistent. For the NPfIT, two contractors left the project a year or so after the project started. The relationships were not managed properly until it was too late. The FBI was still brainstorming ideas throughout the project and the VCF contractors were given too much latitude to perform unnecessary work and miss deadlines. The FBI was locked into a contract that greatly benefitted their contractors when holdups happened. For instance, the FBI's contracts also stipulated that if the project time frame was lengthened or the contractor incurred unforeseen or additional costs, the FBI would pay those costs too (Goldstein, 2005).

### **Flawed relationship between the legislature and the public agency**

By providing funding to the public agency for a public IT project, the legislature serves as the direct source of resources for the ecosystem. It is known to ecologists that a natural ecosystem starved of resources can fail; on the other hand, an overabundance of

certain resources can also lead to a disaster. What we have observed in these projects exhibits the same relationship: both the severe overfunding and underfunding of a large public IT project can contribute to its problems.

HealthCare.gov had significant money issues, as the ACA was underfunded for political reasons. The Congressional Budget Office projected it would cost between \$5 billion and \$10 billion to implement the law. HHS only received \$1 billion for general implementation work. The NPfIT was initially granted the £6.4 projected cost and ended up costing £10 by the time it was abandoned. For the FBI, Congress approved \$379.8 million to be spent over three years and then approved an additional \$201.2 million as the project stretched to five years, increasing the project cost to \$581 million (Kerzner, 2014). The overfunding and the underfunding reflect the strong hold that legislature can place on a project. In the three situations, the effects were damning and contributed to failure.

## 6. DISCUSSION

### 6.1. Limitations

As with any research that builds on analysis of specific cases, the generalizability of the findings is limited, considering the unique settings of the three projects investigated. The three projects are components of a nationwide IT initiative in an English-speaking country. Additional insights are needed regarding the success or failure of mega-scale IT projects in other areas of public interest (e.g., public education, national security, etc.), at different governmental levels, under different political and cultural contexts.

The methodology also limits our ability to assess the strength of relationships among specific research constructs or make any causal inferences. Statistical analysis of a larger sample of similar projects would be required for such purposes. Additionally, the present study only utilized information publicly available on the three projects. While the public sources provided sufficient data for our analysis of the three failed projects, first-hand data (e.g., interviews with key managers) would undoubtedly enrich our understandings of the internal struggles during project implosion.

### 6.2. Concluding remarks and suggestions for further research

The three mega-scale public sector IT projects studied in this research proved themselves to be complex ecosystems. These three projects operated in different ecosystems, for example, supportive vs. hostile ecosystems. This key distinction could imply that these projects should have seen different outcomes based on the ecosystem attributes, for example, it could be argued that a project conducted in a supportive ecosystem would see a more successful outcome. Yet, as we show in this paper, they all suffered from similar issues that led to project failure. One similarity shared by the three projects is that the issues were on the extremes. For instance, whether too much funding or too little, too much scrutiny/support or too little. These, being extremes, challenged and put the ecosystem out of balance, which in turn impacted the IT project.

Our findings further demonstrated that these projects shared significant characteristics with natural ecosystems with flawed interactions among species. When mega-scale IT projects are being developed, a variety of stakeholders engage with one another, such as contractors, lawmakers, the

public, the media, and public employees, to create the project outcome. When failure occurs, it is an outward manifestation of the inability of the public agency to perform its role as keystone species for the ecosystem, and flawed relationships between the public agency with other species in the ecosystem. Our study also contributes to the project management literature by providing further evidence supporting the notion that environmental factors exert critical influence on large-scale inter-institutional IT projects (Kadefors, 1995; Engwall, 2003; Dille & Söderlund, 2011).

Our study suggests several directions for future research. There exists an almost infinite number of natural ecosystems vastly different from each other. Likewise, large-scale IT projects vary on many dimensions, such as those discussed in the introduction. Further, projects could be originated by different levels of government, and require different levels of technological intensity. Additional studies of cases under different settings—of both failed projects and successful ones—will help build knowledge around different types of IT project ecosystems that vary in their ability to react to crises. The exploratory explanations for public IT project failures we proposed should be further developed into research models with testable hypotheses and operationalization of constructs, and verified empirically.

In our application of the ecosystem view, we generally take a holistic view of the public agencies while focusing on their interactions with stakeholders external to the agencies. Within a public agency, a multitude of self-interested actors form a network of interactions, creating complex dynamics that impact the outcome of the project (Dille & Söderlund, 2011; Janssen *et al.*, 2015). Our discovery includes useful observations and suggestions regarding internal project management practices,

for example, the importance of filling key positions with personnel with sufficient technical expertise. However, as dynamics change and the level of technology intensifies, further research is needed. In particular, insights into the internal dynamics of the project team within a public agency will lead to practical guidelines for managing a large public IT project, and insights into better theorization, policy guidelines, frameworks, and cases to be used for educational purposes.

## REFERENCES

- The Washington Post* (2013, November 2), A timeline of the affordable care act, retrieved from [http://www.washingtonpost.com/politics/a-timeline-of-the-affordable-care-act/2013/11/02/76b6f9b6-43f9-11e3-a751-f032898f2dbc\\_story.html](http://www.washingtonpost.com/politics/a-timeline-of-the-affordable-care-act/2013/11/02/76b6f9b6-43f9-11e3-a751-f032898f2dbc_story.html)
- Aigner-Treworgy, A. (2013, November 15), Engineers: HealthCare.gov better, but initial problems persist, retrieved October 29, 2014, from <http://www.cnn.com/2013/11/15/politics/obamacare-engineers/>
- Allison, B. (2013, October 9), Good enough for government work? The contractors building Obamacare, retrieved from <http://sunlight-foundation.com/blog/2013/10/09/aca-contractors>
- Altheide, D. L. (1996), *Qualitative Media Analysis: Qualitative Research Method Series*. (Vol. 38), Thousand Oaks, California: Sage Publications, Inc.
- Associated Press (2001, June 20), FBI got conflicting advice on what to save, retrieved from <http://usatoday30.usatoday.com/news/nation/2001-05-15-mcveigh-fbi.htm>
- Auerbach, D. (2013, December 2), Healthcare.gov: No Longer a Total Disaster!, retrieved from [http://www.slate.com/articles/technology/bitwise/2013/12/healthcare\\_gov\\_nov\\_30\\_deadline\\_the\\_tech\\_surge\\_is\\_working.html](http://www.slate.com/articles/technology/bitwise/2013/12/healthcare_gov_nov_30_deadline_the_tech_surge_is_working.html)
- Bartis, E., & Mitev, N. (2008). "A multiple narrative approach to information systems failure:

- a successful system that failed”, *European Journal of IS (EJIS)*, vol. 17, n°2, p.112–124.
- Becker, J., Dai, R. W., & Purao, S. (2011), “Understanding IT project risks as disturbances to digital ecosystems”, *Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems*, San Francisco, California.
- Big Bang Boom (2014), retrieved March 2, 2016, from The Standish Group International website: [https://www.standishgroup.com/sample\\_research\\_files/BigBangBoom.pdf](https://www.standishgroup.com/sample_research_files/BigBangBoom.pdf)
- Bozeman, B. (2002), “Public-value failure: When efficient markets may not do”, *Public Administration Review*, p. 145–161.
- Bozeman, B., & Bretschneider, S. (1986), “Public management information systems: Theory and prescription”, *Public Administration Review*, p. 475–487.
- Brennan, P. (2013), 137,000 People Have Selected Plans on HealthCare.gov, Most of Them Can't Get Subsidies, retrieved from <http://www.nationalreview.com/corner/366070/undefined>
- Briscoe, G. (2010), “Complex Adaptive Digital EcoSystems”, *Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems*, Bangkok, Thailand.
- Brouwer, G. E. Victorian Parliament, Victorian Ombudsman (2011), Own motion investigation into ICT-enabled projects: In consultation with the Victorian Auditor-General, retrieved from Victorian Government Printer website: <https://www.ombudsman.vic.gov.au/getattachment/d5e69dd1-400d-42cd-a570-9c6b21c4bb1e/reports-publications/parliamentary-reports/own-motion-investigation-into-ict-enabled-projects.aspx>
- Brown, T. (2001), “Modernisation or failure? IT development projects in the UK public sector,” *Financial Accountability & Management*, vol. 17, n° 4, p. 363–381.
- Carpenter, S. R., Cole, J. J., Pace, M. L., Batt, R., Brock, W. A., Cline, T., & Weidel, B. (2011), “Early warnings of regime shifts: a whole-ecosystem experiment”, *Science*, vol. 332 n°6033, p. 1079–1082.
- CBS News Staff (2001), Former agents hit FBI on McVeigh was evidence that could have helped McVeigh ignored by FBI? [Television series episode]. In *60 MINUTES*. New York City: CBS, retrieved from <http://www.cbsnews.com/news/former-agents-hit-fbi-on-mcveigh/>
- CBS News Staff (2013), Obamacare: Memo reveals health care adviser warned W.H. was losing control 3 years ago, retrieved from <http://www.cbsnews.com/news/obamacare-memo-reveals-health-care-adviser-warned-wh-was-losing-control-3-years-ago/>
- CNN Poll (2013), CNN Poll: Obama approval falls amid controversies, retrieved from <http://politicalticker.blogs.cnn.com/2013/06/17/cnn-poll-obama-approval-falls-amid-controversies/>
- Collins, T. (2003), “How the national programme came to be the health service's riskiest IT project”, *Computer Weekly*, 9/16/2003, p. 20–24.
- Campion-Awwad, O., Hayton, A., Smith, L. and Vuaran, M. (2014), “The National Programme for IT in the NHS: A Case History”, MPhil Public Policy, University of Cambridge.
- Cats-Baril, W., & Thompson, R. (1995). “Managing information technology projects in the public sector”, *Public Administration Review*, p. 559-566.
- Charette, R.N. (May 2012), “Lessons From the UK NPfIT Debacle Still Being Learned”, *IEEE Spectrum*.
- Congressional Budget Office (2014), Labor Market Effects of the Affordable Care Act: Updated Estimates, retrieved from <http://www.cbo.gov/sites/default/files/cbofiles/attachments/45010-breakout-AppendixC.pdf>
- Cross, M. (2006), “Keeping the NHS electronic spine on track”, *The British Medical Journal*, p. 332–656, retrieved from <http://www.bmj.com/content/332/7542/656>
- D'Andrea, A., Ferri, F., Grifoni, P., & Guzzo, T. (2009), “Analysing the evolution of a Digital Organization Eco-Systems (DOES)”, *Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems*, Lyon, France.
- Depilles, L. (2013, October 16), Meet CGI Federal, the company behind the botched launch of HealthCare.gov, retrieved from <http://www.washingtonpost.com/blogs/wonkblog/>

- wp/2013/10/16/meet-cgi-federal-the-company-behind-the-botched-launch-of-healthcare-gov/
- Desouza, K. C. (2015), "Creating a Balanced Portfolio of Information Technology Metrics," *Washington: IBM Center for The BusinessGovernment*, retrieved from <http://www.businessofgovernment.org/sites/default/files/Creating%20a%20Balanced%20Portfolio%20of%20Information%20Technology%20Metrics.pdf>.
- Dille, T., & Söderlund, J. (2011), "Managing inter-institutional projects: The significance of isochronism, timing norms and temporal misfits," *International Journal of Project Management*, vol. 29, p. 480–490.
- Dille, T., & Söderlund, J. (2013), "Managing temporal misfits in institutional environments: A study of critical incidents in a complex public project", *International Journal of Managing Projects in Business*, vol.6, n°3, p. 552–575.
- Dunham, W. (2010, March 22), Timeline: Milestones in Obama's quest for healthcare reform, *REUTERS*, retrieved from <http://www.reuters.com/article/2010/03/22/us-usa-healthcare-timeline-idUSTRE62L0JA20100322>
- Enggen, D., & Witte, G. (2006, August 18), The FBI's upgrade that wasn't, retrieved from <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2006/08/17/AR2006081701485.html>
- Eilperin, J. (2014, January 14), QSSI to stay on as HealthCare.gov's general contractor, retrieved October 29, 2014, from <http://www.washingtonpost.com/blogs/post-politics/wp/2014/01/14/qssi-to-stay-on-as-healthcare-govs-general-contractor/>
- Emery, G. R. (2001, June 13), SAIC Wins Part of FBI Trilogy Project, retrieved from <http://washingtontechnology.com/articles/2001/06/13/saic-wins-part-of-fbi-trilogy-project.aspx>
- Engwall, M. (2003), "No project is an island: linking projects to history and context," *Research Policy*, vol. 32, n°5, p. 789–808.
- Executive Office of the President, Office of Management & Budget (2015), Fiscal Year 2016 Budget of the U.S. Government (paper), United States Government Printing Office.
- Flyvbjerg, B. (2005), Design by deception: The politics of megaproject approval, *Harvard Design Magazine*, 22, 50–59, retrieved from <http://flyvbjerg.plan.aau.dk/HARVARDDESIGN63PRINT.pdf>
- Flyvbjerg, B. (2009), "Survival of the unfittest: why the worst infrastructure gets built – and what we can do about it," *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 25, n°3, p. 344–367, doi: 10.1093/oxrep/grp024
- Flyvbjerg, B. (2014), "What You Should Know about Megaprojects and Why: An Overview," *Project Management Journal*, vol. 45, n°2, April–May, 6–19, DOI:10.1002/pmj.21409
- Flyvbjerg, B., Budzier, A. (2009), "Why your IT project may be riskier than you think", *Harvard Business Review*, retrieved from <https://hbr.org/2011/09/why-your-it-project-may-be-riskier-than-you-think/>
- Flyvbjerg, B., Bruzelius, N., & Rothengatter, W. (2003). *Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition*, Cambridge University Press.
- Galewitz, P. (2014, May 1), Healthcare.gov Finished Strong Despite Rocky Start, Enrollment Data Show, retrieved from <http://kaiserhealthnews.org/news/healthcare-gov-finished-strong-despite-rocky-start-enrollment-data-show/>
- Gauld, R. (2007), "Public sector information system project failures: Lessons from a New Zealand hospital organization", *Government Information Quarterly*, vol. 24, n°1, p. 102–114.
- Grabher, G. (2002), "The project ecology of advertising: Tasks, talents and teams", *Regional Studies*, vol. 36, n°3, p. 245–262. doi: 10.1080/0034340022012205
- Goldstein, A., & Eilperin, J. (2013, November 2), HealthCare.gov: How political fear was pitted against technical needs, *The Washington Post*, retrieved from [http://www.washingtonpost.com/politics/challenges-have-dogged-obamas-health-plan-since-2010/2013/11/02/453fba42-426b-11e3-a624-41d661b0bb78\\_story.html](http://www.washingtonpost.com/politics/challenges-have-dogged-obamas-health-plan-since-2010/2013/11/02/453fba42-426b-11e3-a624-41d661b0bb78_story.html)
- Goldstein, H. (September 2005), "Who Killed the Virtual Case File: How the FBI Blew More than 100 Million on Case-Management Software It Will Never Use", *IEEE Spectrum*, p. 1-16.
- Han, S. H., Yun, S., Kim, H., Kwak, Y. H., Park, H. K., & Lee, S. H. (2009), "Analyzing schedule delay of mega project: Lessons learned from

- Korea train express”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 56, n°2, p. 243–256.
- Hendy, J., Reeves, B.C., Fulop, N., Hutchings, A. and Masseria, C. (2005), “Challenges to implementing the national programme for information technology (NPfIT): a qualitative study”, *British Medical Journal*, vol. 331, n°7512, p. 331–336.
- Hensgen, T., Desouza, K. C., & Kraft, G. D. (2003), “Games, signal detection, and processing in the context of crisis management”, *Journal of Contingencies and Crisis Management*, vol. 11, n°2, p. 67–77.
- Hodgson, D. and Cicmil, S. (2008), “The other side of projects: The case for critical project studies”, *International Journal of Managing Projects in Business*, vol. 1, n°1, p. 142–152.
- Holling, C. S. (1973). “Resilience and stability of ecological systems”, *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 4, p. 1–24.
- House Hearing, 108 Congress (2004), retrieved from <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CHRG-108hhrg93550/html/CHRG-108hhrg93550.htm>
- Janssen, M., van der Voort, H., & van Veenstra, A. F. (2015), “Failure of large transformation projects from the viewpoint of complex adaptive systems: Management principles for dealing with project dynamics”, *Information Systems Frontiers*, vol. 17, n°1, p. 15–29.
- Johns, J., & Wolf, B. (2013, October 30), First on CNN: Obama administration warned about healthcare website. *CNN Politics*, retrieved from <http://www.cnn.com/2013/10/29/politics/obamacare-warning/>
- Justina, T. (2016), “The UK’s National Programme for IT: Why was it dismantled?”, *Health Services Management Research*, vol. 30, n°1, p. 2–9.
- Kadefors, A. (1995), “Institutions in building projects: implications for flexibility and change”, *Scandinavian Journal of Management*, vol. 11, n°4, p. 395–408.
- Karhu, K., Botero, A., Vihavainen, S., Tang, T., & Hämäläinen, M. (2009), “A Digital Ecosystem for Boosting User-Driven Service Business”, *Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital Ecosystems*, Lyon, France.
- Kerzner, H. (2014), *Project Recovery: Case Studies and Techniques for Overcoming Project Failure*, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kirschvink, J. L. (2000), “Earthquake prediction by animals: Evolution and sensory perception”, *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 90, n°2, p. 312–323.
- Koman, R. (2006, August 18), SAIC deserves big share of blame for trilogy, *ZDNet Government*, retrieved from <http://www.zdnet.com/blog/government/saic-deserves-big-share-of-blame-for-trilogy/2518>
- Koenig, G. (2012), “Business Ecosystems Revisited”, *Management (France)*, vol. 15, p. 208–224.
- Lamb, R., King, J. L., & Kling, R. (2003), “Informational environments: Organizational contexts of online information use”, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 54, n°2, p. 97–114.
- Le T. P. (2013), “Affordable Care Act and the scope of federal power”, *Washington Lawyer*, retrieved from <http://www.dcbar.org/bar-resources/publications/washington-lawyer/articles/january-2013-affordable-care-act.cfm>
- Li, W., Badr, Y., & Biennier, F. (2012), “Digital ecosystems: challenges and prospects”, *Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital Ecosystems*, Addis Ababa, Ethiopia.
- Marchewka, J. T. (2014), “The FBI virtual case file: A case study”, *Communications of the IIMA*, vol. 10, n°2, p. 1.
- Maughan, A. (2010), Six reasons why the NHS National Programme For IT failed, retrieved from <http://www.computerweekly.com/opinion/Six-reasons-why-the-NHS-National-Programme-for-IT-failed>
- Mazmanian, A. (2014, February 27), Behind the scenes at the HealthCare.gov tech surge, retrieved from The Business of Federal Technology website: <http://fcw.com/articles/2014/02/27/healthcaredotgov-brill-recap.aspx>
- McBeth, R. (2016, April 12), NPfIT contracts to get further £500m, retrieved from The digital-

- health.net website: [http://www.digitalhealth.net/clinical\\_software/47564/npfit-contracts-to-get-further-%C2%A3500m](http://www.digitalhealth.net/clinical_software/47564/npfit-contracts-to-get-further-%C2%A3500m)
- Mills, L. S., Soulé, M. E., & Doak, D. F. (1993), “|The keystone-species concept in ecology and conservation”, *BioScience*, vol. 43, n° 4, p. 219-224.
- Moore, J.F. (1996), *The Death of Competition: Leadership & Strategy in the Age of Business Ecosystems*, New York, Harper Business
- Morgan, D., & Hunter, C. (2013, October 30), Timeline: U.S. healthcare law's technology breakdown (W. Dunham, Ed.), retrieved from <http://www.reuters.com/article/2013/10/30/us-usa-healthcare-delays-idUSBRE99T1C920131030>
- Murray, C. (2013, November 4), G4S and Serco woes deepen with British fraud investigation, retrieved October 29, 2014, retrieved from <http://uk.reuters.com/article/2013/11/04/us-g4s-tagging-idUKBRE9A30OV20131104>
- Nather, D. (2014, February 28), How the Clinton White House bungled health care reform, *POLITICO*, retrieved from <http://www.politico.com/story/2014/02/bill-hillary-clinton-health-care-reform-104109.html>
- National Audit Office (2006), *The National Programme for IT in the NHS*. London: National Audit Office, The Stationery Office, 16 June 2006, available from: <https://www.nao.org.uk/wp-content/uploads/2006/06/05061173.pdf>
- National Audit Office (2008), *The National Programme for IT in the NHS: Progress since 2006*. London: National Audit Office, The Stationery Office, 16 May 2008, available from: [www.nao.org.uk/pn/07-08/0708484.htm](http://www.nao.org.uk/pn/07-08/0708484.htm)
- Newell, S., Goussevskaia, A., Swan, J., Bresnen, M., & Obembe, A. (2008), “Interdependencies in complex project ecologies: The case of biomedical innovation”, *Long Range Planning*, vol. 41, n°1, p. 33–54.
- New York Times News Service (1997, January 31), FBI lab assailed in bomb probe Okla. blast evidence possibly mishandled, retrieved from [http://articles.baltimoresun.com/1997-01-31/news/1997031018\\_1\\_city-bombing-oklahoma-city-inspector-general](http://articles.baltimoresun.com/1997-01-31/news/1997031018_1_city-bombing-oklahoma-city-inspector-general)
- Odum, E. P. (1953), *Fundamentals of Ecology*. W. B. Saunders, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- Pear, R. (2009, June 10), Doctors' group opposes public insurance plan, retrieved April, 2015, retrieved from <http://www.nytimes.com/2009/06/11/us/politics/11health.html>
- Pinto, J. K. (2013), “Lies, damned lies, and project plans: recurring human errors that can ruin the project planning process”, *Business Horizons*, vol. 56, n°5, p. 643–653.
- Pinto, J. K. (2014), “Project management, governance, and the normalization of deviance”, *International Journal of Project Management*, vol. 32, n°3, p. 376–387.
- Pinto, J. K. & Slevin, D. P. (2006), “Organizational governance and project success: lessons from Boston's Big Dig”, *Concept Symposium 2006: Principles of governance for major investment projects*, Trondheim, Norway.
- Purao, S., & Desouza, K. (2010), “Large IT projects as interventions in digital ecosystems”, *Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital Ecosystems*, Bangkok, Thailand.
- Purao, S., Desouza, K. C., & Becker, J. (2012), “Investigating Failures in Large-Scale Public Sector Projects with Sentiment Analysis”, *e-Service Journal*, vol. 8, n°2, p. 84–105.
- Rocheleau, B., & Wu, L. (2002), “Public versus private information systems: Do they differ in important ways? A review and empirical test”, *The American Review of Public Administration*, vol. 32, n°4, p. 379–397.
- Rong, K. & Shi, Y. (2009), “Constructing Business Ecosystem from Firm Perspective: Cases in High-tech Industry”, *Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital Ecosystems*, Lyon, France.
- Schouten, F. (2013, September 19). “Koch-backed group launches new attack on health care law”, USA Today, retrieved from <http://www.usatoday.com/story/news/politics/2013/09/19/affordable-care-act-advertising-exchanges-health-care-president-obama-americans-for-prosperity-koch-brothers/2833979/>



- Sessions, R. (2008), *Simple Architectures for Complex Enterprises*, Redmond, Washington: Microsoft Press.
- Smith, M., Steinhauer, P., Bohn, K., Acosta, J., Aigner-Treworgy, A., Todd, B., & McConnell, D. (2013, October 22), Obama: No 'sugarcoating' problems with health website, retrieved October 29, 2014, from <http://edition.cnn.com/2013/10/21/politics/obamacare-problems/>
- Smith (August 2014), Fujitsu win legal battle with the Department of Health over NPfIT money pit, retrieved from <http://spendmatters.com/uk/fujitsu-win-legal-battle-with-the-department-of-health-over-npfit-money-pit/>
- State Health Insurance Marketplace Types (2013, May 28), retrieved from The Henry J. Kaiser Family Foundation website: <http://kff.org/health-reform/state-indicator/state-health-insurance-marketplace-types/>
- Stover, C. F. (1964), "Government Contract System as a Problem in Public Policy", *The George Washington Law Review*, vol. 32, p. 701.
- Syal, R. (2013, September 17), Abandoned NHS IT system has cost £10bn so far, retrieved from the Guardian website: <http://www.theguardian.com/society/2013/sep/18/nhs-records-system-10bn>
- Smith, P. (2011, May 26), The NHS IT programme – a failure of procurement?, retrieved from <http://spendmatters.com/uk/nhs-programme-will-happen-again/>
- Tansley, A. G. (1935), "The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms", *Ecology*, vol. 16, p. 284–307.
- The Federal Bureau of Investigation's Management of the Trilogy Information Technology Modernization Project (Report No. 05–07), (2005, February), Washington, DC: Office of the Inspector General.
- The White House, Office of Administration. (2014), *Office of the Chief Information Officer (OCIO)*, retrieved from website: <http://www.whitehouse.gov/administration/eop/oa/divisions/ocio>
- Thibodeau, P. (2013), "Healthcare.gov website 'didn't have a chance in hell'", *Computerworld Healthcare IT*.
- Van Dyne, G. M., editor. (1969). *The Ecosystem Concept in Natural Resource Management*. Academic Press, New York, New York, USA.
- Van Marrewijk, A. (2007), "Managing project culture: The case of Environ Megaproject", *International Journal of Project Management*, vol. 25, n°3, p. 290–299.
- Verton, D. (2003, April 1), FBI Has Made Major Progress, Former IT Chief Says, *Computerworld*.
- Wainwright, D. and Waring, T. (2000), "The information management and technology strategy of the UK National Health Service – Determining progress in the NHS acute hospital sector", *International Journal of Public Sector Management*, vol. 13, n°3, p.241-259.
- Webster, P. C. (2012, November 29), After all the time and money invested, will e-health ever deliver on its promise? *The Globe and Mail*, retrieved from <http://www.theglobeandmail.com/report-on-business/rob-magazine/after-all-the-time-and-money-invested-will-e-health-ever-deliver-on-its-promise/article5796658/>
- Yang, J. L. (2013, October 25), QSSI, contractor chosen to fix HealthCare.gov, faced questions from lawmakers last year, retrieved from [http://www.washingtonpost.com/business/economy/contractor-chosen-to-fix-health-caregov-faced-questions-from-lawmakers-last-year/2013/10/25/fe27e8ee-3da3-11e3-b6a9-da62c264f40e\\_story.html](http://www.washingtonpost.com/business/economy/contractor-chosen-to-fix-health-caregov-faced-questions-from-lawmakers-last-year/2013/10/25/fe27e8ee-3da3-11e3-b6a9-da62c264f40e_story.html)
- Yin, R. (1989), *Case Study Research: Design and Methods* (3rd ed., Vol. 5), Thousand Oaks, California: Sage Publications, Inc., retrieved from [http://www.hampp-ejournals.de/hampp-verlag-services/get?file=/frei/ZfP\\_1\\_2012\\_93](http://www.hampp-ejournals.de/hampp-verlag-services/get?file=/frei/ZfP_1_2012_93)
- Yuttapongsontorn, N., Desouza, K. C., & Braganza, A. (2008), "Complexities of large-scale technology project failure: A forensic analysis of the Seattle popular monorail authority", *Public Performance & Management Review*, vol. 31, n° 3, p. 443–478.
- Yourdon, E. (2004). *Death March* (2nd ed.), Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hal.
- U.S. Department of Justice, Office of the Inspector General (2005), The Federal Bureau of Investigation's management of the trilogy information technology modernization project: Audit Report No. 05–07.

- U.S. Government Accountability Office, Report to Congressional Requesters (2013), Patient protection and the affordable care act: Status of CMS efforts to establish federally facilitated health insurance exchange (Report No. GAO-13-601), retrieved from Government Accountability Office website: <http://www.gao.gov/assets/660/655291.pdf>
- U.S. Government Accountability Office, Report to Congressional Requesters (2014), Ineffective Planning and Oversight Practices Underscore the Need for Improved Contract Management (Report No. GAO-14-694), retrieved from Government Accountability Office website: <http://www.gao.gov/assets/670/665179.pdf>
- U.S. Senate, Administrative Oversight and the Courts, Committee on the Judiciary (2002),
- FBI computers: 1992 hardware, 2002 problems (S. HRG. 107–989), retrieved from Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office website: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CHRG-107shrg87062/pdf/CHRG-107shrg87062.pdf>
- U.S. Senate, Subcommittee on Commerce, Justice, and State, the Judiciary, and Related Agencies, Committee on Appropriations (2005), Information technology modernization program, Trilogy: Hearings before the committee on appropriations (S. Hrg. 109–76), retrieved from Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office website: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CHRG-109shrg20668/html/CHRG-109shrg20668.htm>

*Bibliothèque d'analyse diélienne - Science et méthode*  
**MANAGEMENT ET INTROSPECTION MÉTHODIQUE**

Par **Stéphane SOLOTAREFF**

Préface de Jean-Jacques PLUCHARD



Management et introspection  
méthodique



Août 2018

Le management est-il un art, une manière d'être, une profession ? L'auteur, qui a longtemps exercé comme manager, cherche les ressorts qui permettent d'atteindre un bon équilibre entre dirigisme et incitation à la créativité. Plus précisément, la démarche qu'il propose consiste à tendre vers la maîtrise de soi pour mieux guider les autres. Basée sur la méthode introspective du psychanalyste Paul Diel, cette démarche invite le lecteur à prendre connaissance des lois auxquelles est soumis son fonctionnement psychique afin de pouvoir comprendre ses réactions vis-à-vis d'autrui, les analyser et les anticiper. Les conséquences sont immédiates sur l'entreprise, sa place et son évolution. L'auteur montre alors l'analogie entre une organisation humaine et un organisme vivant.

Différent des autres ouvrages sur le management, ce livre invite tout manager non pas à adopter une posture vis-à-vis de ses collaborateurs, mais à acquérir une attitude intérieure apte à les entraîner dans son sillage. Il livre également les règles de base à instaurer pour qu'une entreprise devienne un terrain propice au développement des qualités de ses salariés.

S'adressant aussi à tout manager souhaitant comprendre les injustices rencontrées dans le monde de l'entreprise, ce guide invite tout manager à rétablir en lui la modestie nécessaire à sa fonction : *n'oublie pas qu'en toi il y a un être humain.*

**Stéphane Solotareff**, à partir d'un cursus initial en physique (doctorat en physique théorique) et à l'issue d'une carrière riche en expériences humaines de management, s'est tourné vers les sciences économiques. Il a enseigné à CentraleSupélec, à HEC, et enseigne actuellement l'économie et le management à l'université de Tomsk (Russie). Stéphane Solotareff, qui a connu Paul Diel dans son enfance, a par ailleurs bénéficié d'une formation en psychanalyse introspective.

**BON DE COMMANDE**

Je désire recevoir ..... exemplaire(s) de l'ouvrage : « **MANAGEMENT ET INTROSPECTION MÉTHODIQUE** » par **Stéphane SOLOTAREFF** - Code EAN 978-2-8224-0549-2

Prix : 24,90 € + 1,00 € de frais de port, soit ..... € x ..... exemplaire(s) = ..... €

Je joins mon règlement à l'ordre des Editions ESKA :  chèque bancaire

Carte Bleue Visa n° .....  Date d'expiration : .....

Signature obligatoire :

par Virement bancaire au compte des Editions ESKA

Etablissement BNP PARIBAS – n° de compte : 30004 00804 00010139858 36

IBAN : FR76 3000 4008 0400 0101 3985 836 BIC BNPAFRPPCE

**Société / Nom, prénom :** .....

**Adresse :** .....

**Code postal :** ..... **Ville :** ..... **Pays :** .....

**Tél. :** ..... **Fax :** ..... **E-mail :** .....

Veillez retourner votre bon de commande accompagné de votre règlement à l'adresse suivante :

MA Editions - ESKA – Contact : [adv@eska.fr](mailto:adv@eska.fr)

12, rue du Quatre Septembre – 75002 Paris - France - Tél. : 01 42 86 55 75 - Fax : 01 42 60 45 35

# Comprendre l'interaction des patients membres d'une communauté virtuelle de santé et son impact sur la relation que le patient entretient avec son médecin

**Loïck Menvielle\*, William Menvielle\*\*  
& Anne-Françoise Audrain-Pontevia\*\*\***

\* EDHEC Business School, France

\*\* Université du Québec à Trois Rivières, Canada

\*\*\* ESG - Université du Québec à Montréal, Canada

## RÉSUMÉ

*Cette recherche s'inscrit dans le cadre du développement de la digitalisation de la santé et de l'émergence de communautés virtuelles de santé. Elle vise à étudier les relations causales entre la crédibilité et l'attitude à l'égard de plateformes virtuelles de santé ainsi qu'entre la confiance et l'attitude vis-à-vis du médecin.*

*Un questionnaire a été développé et diffusé en ligne auprès de patients et utilisateurs de communautés virtuelles médicales. Les données collectées ont permis de procéder à des analyses confirmatoires sous SPSS et AMOS pour les équations structurelles.*

*Les résultats montrent que la confiance interpersonnelle émanant des communautés virtuelles de santé entretient une relation positive avec la crédibilité et l'attitude à l'égard de ces communautés virtuelles. Il en est de même pour l'attitude à l'égard du médecin.*

*La crédibilité accordée à ces communautés virtuelles de santé a une relation positive sur l'attitude à l'égard ces plateformes. En revanche, la relation s'avère être négative entre la crédibilité et l'attitude à l'égard du médecin. Enfin, seule l'attitude vis-à-vis du médecin a une relation positive avec la confiance vis-à-vis du médecin.*

*Cette recherche est la première mesurant les relations entre crédibilité, confiance et attitude. Par ailleurs, elle permet de mieux considérer le rôle des utilisateurs des communautés virtuelles de santé et des médecins, afin d'améliorer l'attitude des patients à l'égard des médecins.*

**Mots-clés :** *E-santé, Communauté virtuelle de santé, Crédibilité, Confiance, Relation patient-médecin.*

**Remerciements :** *Les auteurs remercient le Pr. L. Raymond pour son aide très précieuse. Ils tiennent également à exprimer toute leur gratitude aux relecteurs anonymes de leur article pour leurs recommandations et leurs conseils, qui ont permis de l'améliorer substantiellement. Ils formulent aussi leurs plus vifs remerciements à l'éditeur.*

## ABSTRACT

*This research investigates the emerging field of digitalized health and particularly of the virtual healthcare communities. The goal of this research is to study the causal relationships between credibility and attitude towards virtual health communities as well as trust and attitude towards the physician.*

*An online questionnaire was developed and disseminated to patients and users of medical virtual communities. Confirmatory analyses for structural equations were conducted via SPSS and AMOS.*

*Results show that interpersonal trust coming from virtual health communities has a positive relation with credibility and attitude regarding virtual communities. Interpersonal trust has, also, a positive relation with the attitude regarding the doctor.*

*The credibility of the virtual health communities exhibits a positive relation with attitude towards the platform. However, the relation is negative between credibility and attitude regarding the doctor. Finally, the attitude regarding the doctor exhibits a positive relation with trust in the doctor.*

*This study is the first to measure the relationship between credibility, trust and attitude. Moreover, it facilitates better consideration of the role of users of virtual communities of health and doctors, thereby improving the attitude of patients toward doctors.*

**Keywords:** *E-health, Virtual health community, Credibility, Trust, Patient-Physician relationship.*

## 1. INTRODUCTION

Peut-on croire à l'information que l'on trouve sur Internet ? Plus spécifiquement, peut-on croire aux informations traitant des sujets relatifs à la santé, diffusées sur Internet ? Et si cette information est émise par l'intermédiaire d'un réseau social, a-t-elle plus de valeur et de crédibilité pour les autres membres du réseau social qu'une information provenant des sites généralistes ? En outre, quel niveau de confiance peut-on accorder aux membres actifs sur les communautés virtuelles de santé, contributeurs de messages au sein de ces communautés, et quels impacts cela aurait-il sur la relation avec son médecin ? Ces questions permettent d'exposer les changements auxquels le secteur de la santé fait face.

En France, sept personnes sur dix cherchent des informations médicales en ligne ; près de deux individus sur trois ont déjà consulté Internet pour en apprendre davantage sur une pathologie ou identifier des symptômes associés à une maladie (Doridot, 2017). La démocratisation de l'Internet a induit de nouveaux comportements chez ses utilisateurs et la recherche d'informations liées à la santé s'inscrit dans une réalité où les internautes tirent parti de ces moyens technologiques (Khechine *et al.*, 2006 ; Dumez et Minvielle, 2017; Minvielle *et al.*, 2017). En 2016, près de 70% des Français ont recherché des informations sur Internet relatives à des pathologies (maladies, symptômes). Quarante-cinq pour cent d'entre eux ont eu recours à ce moyen pour se renseigner sur des

médicaments, comprendre leur efficacité, les modes d'administration, leur posologie ou bien encore leurs effets secondaires. Enfin, environ un Français sur trois a utilisé Internet pour rechercher des témoignages d'autres patients souffrant d'une maladie ou pour trouver des conseils et un accompagnement pour leur qualité de vie et leur mieux-être (29%) (Cassan *et al.*, 2016).

Le Web 2.0. a engendré, lui aussi, de nouveaux comportements basés sur l'interaction entre internautes et la possibilité de pouvoir revendiquer des choix ou des préférences au travers d'espaces virtuels dédiés (Ologeanu-Taddei et Paré, 2017). Les communautés virtuelles, une résultante du Web 2.0, comportent en leurs seins des membres qui se fédèrent autour de buts, de passions, d'intérêts communs et fonctionnent selon une hiérarchie d'influences et des rôles bien définis (Hoffman et Novak, 1996).

La diffusion de la connaissance par l'entremise d'Internet a également contribué à rendre la médecine accessible au plus grand nombre. Parmi ces regroupements se trouvent les communautés virtuelles, dont les formes sont plurielles. Une étude plus détaillée du sujet suggère que les communautés virtuelles peuvent être classifiées en quatre catégories : les communautés de transaction, les communautés de relations, les communautés de fantaisie et les communautés d'intérêts (Armstrong et

Hagel, 1996). Cette dernière catégorie nous intéresse particulièrement, car elle regroupe des individus ayant un but commun : ils cherchent à échanger sur des problématiques spécifiques pouvant être d'ordre général en lien avec la santé ou une maladie chronique par exemple. Plusieurs types de communautés virtuelles de santé peuvent être identifiables : au travers des réseaux sociaux tels que Facebook, par l'entremise d'aires thérapeutiques aisément identifiables<sup>1</sup>, sur des sites communautaires médicaux généralistes comme PatientsLikeMe, Carenity, BePatient<sup>2</sup> ou bien encore autour d'espaces impulsés par des associations de patients<sup>3</sup> comme cela est le cas avec Renaloo pour les patients atteints de maladies ou d'insuffisances rénales ou bien des regroupements de patients autour des maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (MICI). Au-delà de ces aspects communautaires, il n'est pas rare de voir apparaître des blogs portés par des initiatives personnelles de malades, désireux d'évoquer leur maladie et de parler de leur quotidien<sup>4</sup>.

De nombreuses études se sont intéressées aux aspects psychologiques et comportementaux des internautes naviguant sur Internet à la recherche d'informations de santé (Khechine *et al.*, 2006), mais peu de recherches ont porté sur les communautés de santé à proprement parler. Akrich et Méadel (2009) ainsi que Silber (2009) ont

<sup>1</sup> Exemple de communautés virtuelles de patients diabétiques sur le réseau social Facebook <https://www.facebook.com/groups/34642185302/>

<sup>2</sup> Exemple de communautés virtuelles exclusivement dédiées aux problématiques de santé et où chaque patient peut intégrer une communauté selon sa pathologie :

<https://www.patientslikeme.com/>

<https://www.carenity.com/>

<https://www.bepatient.com/>

<sup>3</sup> Exemple de communautés virtuelles exclusivement dédiées à une pathologie :

Le cas de Renaloo : <http://www.renaloo.com/>

Le cas des MICI : <https://www.afa.asso.fr/>

<sup>4</sup> Exemple d'initiatives personnelles portées par les patients eux-mêmes :

<http://tchaogunther.com/>

étudié les comportements et les attitudes des membres au sein de ces communautés de santé et ont identifié différents profils et rôles : l'informateur, l'agitateur, l'hyperactif, et le leader charismatique. Au travers de l'étude des contenus postés sur Internet, les auteurs ont identifié l'importance des relations interpersonnelles entre membres des communautés. L'une des dimensions majeures de l'émergence de ces communautés virtuelles repose sur la démarche active, volontaire et individuelle des patients ou des aidants, à prendre part à ces échanges. Ils permettent de générer des informations et des données sur la base des récits de vie des participants, d'où la terminologie patient reported outcome (PRI) ou patient reported information (PRI) (Schlesinger *et al.*, 2015). Dans cette perspective, le projet ComPaRe (Communauté de Patients pour la Recherche) mené sous les auspices de l'Assistance Publique des Hôpitaux de Paris (AP-HP), constitue une plateforme collaborative destinée à collecter des informations sur l'état de santé des patients dans le but de faire progresser la recherche clinique.

En lien avec les communautés virtuelles de santé, d'autres recherches se sont concentrées sur des dimensions plus « techniques », comme le design de la communauté virtuelle de santé, la qualité et la fluidité de navigation sur le site (Krcmar *et al.*, 2002 ; Leimeister *et al.*, 2005). Cependant, peu se sont attachées à l'analyse de la crédibilité de la communauté virtuelle. En effet, si les échanges d'informations au sein de ces communautés virtuelles sont importants en termes de nombre d'utilisateurs et de fréquence d'utilisation (Méadel et Akrich, 2011), la question de la fiabilité et de la crédibilité de ces informations reste en suspens (Kreps et Neuhauser, 2010 ; Weber, 2012).

Dans la continuité de ces travaux, les communautés virtuelles de santé constituent des espaces favorisant l'autonomie

du patient, amplifiant son niveau d'empowerment (Audrain-Pontevia et Menvielle, 2017) et de compréhension de sa pathologie (Wald *et al.*, 2007). En s'engageant sur les communautés virtuelles de santé, il s'agit pour le patient de s'approprier et de comprendre sa maladie (Griffiths *et al.*, 2012). Par ailleurs, pour Thoër (2013, p 4), « l'intérêt des sciences sociales pour les maladies chroniques et l'expérience des patients a depuis une vingtaine d'années permis l'émergence d'autres modèles où le patient est considéré comme un acteur à part entière du processus de soins ». Le patient (notamment celui atteint d'une maladie chronique) aura tendance à vouloir rentrer dans un processus d'appropriation de sa maladie en échangeant et en interagissant avec d'autres patients au sein de ces communautés virtuelles de santé, les rendant actifs, autonomes et « acteurs de leur maladie ». Ces nouveaux comportements sont le reflet de modifications profondes des usages, accélérés par la transformation digitale et considérés par Dumez et Minvielle (2017) comme contribuant à la performativité de la démocratie sanitaire. Cette approche fait écho au concept de capital social où chaque membre contribue, par leurs divers apports, à l'enrichissement des connaissances médicales (Hou et Shim, 2010). Par conséquent, l'objectif de notre recherche vise à étudier en quoi la crédibilité des informations diffusées au sein des communautés virtuelles et la confiance accordée aux autres membres de la communauté et l'interaction entre les membres ont un impact sur la relation entretenue avec le professionnel de santé et la confiance qui lui est accordée. Le modèle de recherche que nous avons élaboré étudie les relations entre la crédibilité et l'attitude à l'égard de la plateforme virtuelle communautaire ainsi que la confiance et l'attitude vis-à-vis du médecin (Higgins *et al.*, 2011). Une étude diffusée sur Internet a été soumise à une population totale de 650 internautes

français, patients et utilisateurs de communautés virtuelles médicales.

Dans un premier temps, nous abordons la revue de littérature relative à l'utilisation de l'Internet en santé avec en trame de fond à cette réflexion les nouveaux usages liés à l'acceptation de la technologie (TAM) dans le domaine du médical. Cette première partie nous permettra de positionner le modèle de recherche retenu avant d'ouvrir sur une seconde partie destinée à exposer la méthodologie et les modalités de traitement des données. Les sections suivantes seront consacrées à la restitution des résultats et à leur discussion tant sur le plan théorique que pratique. Pour conclure, nous élargirons la réflexion portant sur la santé digitalisée en présentant un certain nombre de pistes et perspectives de recherches.

## 2. FONDEMENT THÉORIQUE ET CADRE CONCEPTUEL

Les communautés virtuelles sont souvent considérées comme une extension des communautés physiques, au sein desquelles figurent des notions de réseau social et de relations sociales. Au cœur de ces réseaux – physiques ou virtuels – et pour maximiser les échanges en termes de communication, la confiance interpersonnelle apparaît comme une variable critique (Putnam, 1995; Ridings *et al.*, 2002).

### 2.1. Capital social, réseau social et communauté virtuelle

Le concept de capital social émane des travaux en sociologie et remonte aux années 1920. Pour Cucchi et Fuhrer (2011, p 184), ce concept « recouvre la bienveillance, l'amitié, la sympathie et les rapports

sociaux entre les membres d'une même unité sociale ». Chaque individu en relation avec autrui développe du capital social, qui prend un caractère cumulatif en multipliant les relations les unes avec les autres. Cette notion de capital social, popularisée par Bourdieu (1980), se définit comme un ensemble de relations et de réseaux d'entraide nécessaires pour évoluer dans la hiérarchie sociale. Dans un monde connecté, « le capital social se rapporte aux relations entre individus, aux réseaux sociaux et aux normes de réciprocité et de confiance qui en émergent » (Méda, 2002, p 37). Si plusieurs points de vue tentent de définir la notion de capital social, la conception de chercheurs américains, et plus spécifiquement celle de Putnam (1995), précise que les réseaux denses, dans lesquels il existe une collaboration collective entre les membres, engendrent une richesse collective. Dans ce contexte, normes et confiance sont nécessaires car elles facilitent la coopération entre les membres du réseau.

Putnam (1995) place la confiance au centre du capital social, en lien avec d'autres notions comme les réseaux sociaux et les normes sociales. Selon l'auteur, la vie est facilitée dans une société dotée d'un fort capital social. Les réseaux sociaux pourvus de normes vigoureuses<sup>5</sup> favorisent la réciprocité des échanges et permettent l'émergence de la confiance sociale. Ils facilitent la coordination et la communication, amplifient la réputation et permettent ainsi de résoudre les dilemmes de l'action collective.

Les travaux de Granovetter (1973) menés sur les réseaux sociaux ont permis de distinguer les différents types de relations que les membres de la communauté entretiennent entre eux. Il existe d'une part les relations qu'un individu maintient avec ses proches

<sup>5</sup> Putnam fait référence aux normes induites par les réseaux formels (associations, partis politiques, syndicats, culte religieux) et par les réseaux informels (liens de sociabilité, affinité avec des individus) qui régissent le comportement des personnes, en modifie leurs interactions.



(famille et amis immédiats), considérées comme des liens forts. D'autre part figurent les relations entre cet individu et d'autres personnes plus distantes, considérées comme des liens faibles. Aussi paradoxal que cela puisse paraître, la conclusion montre qu'un individu profite davantage de ses liens faibles que de ses liens forts. Les liens faibles permettent en effet de jeter des « ponts » entre des individus, qui – sans acteurs intermédiaires – resteraient isolés. Un individu peut ainsi jouer le rôle de pivot entre deux personnes qui n'ont initialement pas de points communs. Plus un réseau présente des liens faibles, plus ce réseau maximise son capital social et tend à combler ces « trous structureaux » (Burt 1995). Adaptée au contexte actuel, cette théorie prend tout son sens avec l'avènement d'Internet. Le membre d'une communauté virtuelle peut donc entrer en contact avec un autre, qu'il ne connaît pas, mais avec qui il partage des intérêts communs. Cette théorie des trous structureaux explique le succès des réseaux sociaux et des outils collaboratifs. D'autres études confirment la volonté des membres entretenant à l'origine des liens faibles entre eux, de nouer des relations au travers des réseaux sociaux (Kavanaugh *et al.*, 2005).

Si la littérature sur les communautés virtuelles s'avère féconde, le manque de consensus sur le sujet demeure. Ainsi Porter (2004) dénombre plus d'une centaine de définitions. Afin d'apporter plus de clarté, nous identifions cinq dimensions majeures qui émergent de la littérature, que nous regroupons dans le tableau 1 ci-dessous.

Les communautés virtuelles de santé sont définies comme des plateformes virtuelles, reposant sur les technologies d'information et de communication, regroupant des individus ayant tissé des liens sociaux et menant ensemble des actions spécifiques (échange d'information, soutien moral, de reconnexion sociale, etc.) relatives à des problématiques médicales (Demiris,

2006). Au sein de ces communautés, les membres partagent de l'information, créent du savoir et tissent des relations selon leurs pathologies (Van Oerle *et al.*, 2016). Ces modalités technologiques, pour reprendre les propos de Dumez et Minvielle (2017) procurent de nombreux bénéfices à leurs utilisateurs. En particulier, elles permettent de rompre l'isolement des patients exclus par la maladie (Thoër, 2013). Elles informent également sur les derniers traitements et renseignent sur les possibles effets secondaires liés à la médication (Thoër, 2013). Elles favorisent également la compréhension de nouvelles connaissances sur l'état psychologique des personnes (Dholakia *et al.*, 2004).

Parce qu'elles rendent accessible la connaissance scientifique, les communautés virtuelles de santé contribuent à la réduction de l'asymétrie d'informations entre le patient et le médecin. De ce fait, elles concourent à la réduction du pouvoir et du savoir détenu par le médecin. Certains travaux affirment que les communautés virtuelles de santé permettent une plus grande proximité et une meilleure interaction avec les patients, notamment ceux situés en zone éloignée (Kriegel *et al.*, 2013). Pour ces raisons, les membres actifs appartenant à ces communautés seraient plus impliqués et plus responsables que les autres malades (Johnston *et al.*, 2013). Il a été démontré que la fréquentation des communautés virtuelles de santé permet d'améliorer la qualité des soins de santé par l'implication soutenue du patient (Wald *et al.*, 2007) et engendre une plus grande responsabilisation des personnes à l'égard de leur santé, parce qu'elle encourage les démarches de prévention et facilite la prise en charge de la maladie (Hesse *et al.*, 2010).

La littérature montre que les communautés virtuelles ont un effet sur le comportement de leurs membres (Kozinets,

**Tableau 1 : Les principales caractéristiques des communautés virtuelles.**

Caractéristiques	Analyse	Auteurs
Centre d'intérêt commun	Les communautés virtuelles présentent un but, un intérêt commun, une activité commune voire un authentique projet collectif, qui constitue la raison d'être essentielle de l'appartenance à la communauté. Les sujets sont divers et peuvent faire référence à des hobbies, des passions, des passe-temps ou encore des maladies.	Porter (2004) ; Proulx (2006), De Valck, Van Bruggen, et Wierenga (2009) ; Dholakia, Bagozzi et Pearo (2004) ; Gupta et Kim (2004)
Structure organisationnelle	Les communautés virtuelles sont hiérarchisées et présentent des membres ayant des rôles et des fonctions diverses (animateur, modérateur, contributeur, lecteur...).	Akrich et Méadel (2009) ; Bagozzi et Dholakia (2002) ; De Valck, Van Bruggen, et Wierenga (2009)
Participation et implication	Les communautés virtuelles reposent sur une participation active et répétée avec des interactions fréquentes entre les membres du groupe qui ne se connaissent pas toujours de prime abord.	Lee, Vogel, et Limayem (2003); Proulx (2006) ; Rheingold (1993) ; Ridings, Gefen et Arinze (2002), De Valck, Van Bruggen, et Wierenga (2009) ; Dholakia, Bagozzi et Pearo (2004)
Contrat social	Les communautés virtuelles reposent sur un « contrat social », véritable socle normatif guidant les échanges entre les membres (échange d'informations, discussion, partage) assurant ainsi le bon fonctionnement de la communauté.	De Valck, Van Bruggen, et Wierenga (2009) ; Kaufman, Edlund, Ford, et Powers (2005) ; Spaulding, (2010) ; Bagozzi et Dholakia, (2002) ; Proulx (2006) ; Ridings, Gefen et Arinze (2002) ; Sproull, Kiesler et Kiesler (1992)
Éloignement géographique	Les communautés virtuelles rallient des individus isolés et épars sur le plan géographique.	Bagozzi et Dholakia (2002), Proulx (2006)
Ressources technologiques	Les communautés virtuelles reposent sur une infrastructure technologique spécifique.	Leimeister, Schweizer, Leimeister et Krcmar (2008) ; Mahr et Lievens, 2012 ; Porter (2004)

2002), notamment en ce qui concerne les attitudes ou la confiance (Ridings *et al.*, 2002). S'appuyant sur une étude sondant les communautés d'ingénieurs, il a été prouvé que la confiance interpersonnelle repose sur le niveau de compétence que

chaque membre accorde aux autres (Ebner *et al.*, 2009). Les moyens numériques modifient les usages et le rapport des uns aux autres. La confiance interpersonnelle n'est pas directement associée aux membres de ces communautés mais à l'expertise que

chaque membre transmet au sein de sa communauté virtuelle.

### 3. FONDEMENT THÉORIQUE ET CADRE CONCEPTUEL

Les communautés virtuelles sont souvent considérées comme une extension des communautés physiques au sein desquelles les notions de réseau social et de relations sociales sont présentes. Que les réseaux soient physiques ou virtuels ils présentent un point commun, dans la mesure où la confiance constitue une notion centrale fondamentale pour maximiser la communication (Putnam, 1995; Ridings *et al.*, 2002).

#### 3.1. Les effets des communautés virtuelles sur la confiance, la crédibilité et l'attitude

L'émergence de l'Internet dans le domaine de la santé a largement contribué à l'apparition de nouveaux usages et comportements, favorisant une plus grande autonomie des patients dans la gestion de leur santé. Les communautés virtuelles permettent aux patients de partager et d'échanger leurs inquiétudes concernant leurs pathologies. Elles ont ainsi modifié le rapport de ces personnes à la médecine et aux professionnels de la santé (Johnston *et al.*, 2013). Comme nous l'avons vu, l'adhésion des membres à une communauté et les échanges entre ces membres supposent l'existence d'une confiance interpersonnelle (Spaulding, 2010). La confiance appartenant au même réseau nomologique que la crédibilité, il convient donc de préciser la discriminante entre chacun de ces concepts : l'attitude (une forme de comportement), la confiance (entre les membres), mais également la crédibilité (soit la confiance envers l'infrastructure technologique de la

communauté virtuelle et les informations qui émanent de cette dernière).

**La confiance** a été étudiée dans de nombreux champs de recherche : en psychologie, en sociologie et en sciences de gestion. Bartikowski et Merunka (2015) ont fait le lien entre les approches marketing et celles issues des systèmes d'informations afin de mieux expliquer les relations entre consommateurs et les sites Web marchands. Bartikowski et Merunka (2015) fondent leur réflexion sur les modèles TAM (Davis *et al.*, 1989) et UTAUT (Venkatesh *et al.*, 2003) pour légitimer le lien entre confiance, usage des sites commerciaux en ligne et le comportement d'achat des consommateurs. Venkatesh *et al.*, (2003) insistent sur la mise en perspective de modèles complémentaires portant sur la facilité d'utilisation perçue (PEOU) et l'utilité perçue (PU) qui constituent des prédicteurs du comportement d'usage du site Web. Dans le cadre du modèle UTAUT, ces construits clés sont assimilés à la performance et à l'effort attendu et se définissent comme étant « le degré auquel un individu croit que l'utilisation d'un système l'aidera à atteindre ses bénéfices escomptés » (Venkatesh *et al.*, 2003, p 447). Appliqué aux communautés virtuelles de santé, l'usage associé à l'utilisation des espaces virtuels repose pour partie sur les gains de performance attendus. Ils se traduisent par des bénéfices espérés pour les patients, pouvant être de l'ordre d'une meilleure compréhension des effets secondaires d'un traitement, du partage de connaissances relatives aux dernières innovations thérapeutiques ou dans le but de rompre l'isolement social, causé par la maladie par exemple.

Il semble aujourd'hui admis que la confiance joue un rôle capital dans le maintien des relations à long terme entre deux acteurs (un prestataire de service et un consommateur), et influence positivement le contentement. Il a également été

démontré qu'elle diminue la coopération et l'incertitude ou la propension à se désengager (Morgan et Hunt, 1994). De nombreuses recherches ont démontré que la confiance est un déterminant clé de la fidélisation des consommateurs. Il a également été démontré qu'elle favorise la communication associée à une expérience vécue.

Dans le champ du marketing relationnel, la confiance occupe un rôle déterminant. Elle joue également un rôle stratégique dans la définition des relations patient-médecin (Erdem et Harrison-Walker, 2006). En effet, l'existence d'une confiance interpersonnelle est essentielle au sein des communautés virtuelles et particulièrement pour les communautés virtuelles de santé. Elle est un prérequis à la diffusion de l'information entre les membres de la communauté (Proulx, 2006; Ridings *et al.*, 2002; Sproull *et al.*, 1992) et joue un rôle de régulateur entre les individus et les parties prenantes tout en contribuant à en assurer la pérennité de la communauté.

La confiance interpersonnelle se définit comme la confiance directement accordée aux membres d'une communauté. Contrairement à la confiance, qui repose sur un construit tridimensionnel composé de l'intégrité, de la bienveillance et de la compétence (Bartikowski et Merunka, 2015), la plupart des études traitant de la confiance interpersonnelle en ligne font état de deux dimensions : l'intégrité et la capacité. Pour Hung *et al.* (2011), dans le cadre de contextes communautaires en ligne, la bienveillance et l'intégrité s'harmonisent étroitement et selon les auteurs, la confiance interpersonnelle s'articule autour de l'intégrité et des compétences. Concernant les communautés virtuelles de santé, nous définissons la confiance interpersonnelle comme l'approche coopérative entre les membres d'une communauté, dans le but de commenter les problématiques médicales. La confiance

interpersonnelle se caractérise également par la capacité de ses membres à agir de façon désintéressée et à leur transmettre des informations utiles (Gefen, 1997 dans Ridings *et al.*, 2002).

La confiance interpersonnelle que les membres d'une communauté virtuelle développent entre eux, engendre, entre autres, une confiance accrue à l'égard des professionnels de santé (Camacho *et al.* 2010). Elle constitue un déterminant essentiel de l'engagement des membres d'une communauté afin d'en garantir sa pérennité et son intérêt auprès de ses contributeurs (Leimeister *et al.*, 2005). Il a également été démontré que le recours aux communautés n'est pas sans effets sur la confiance à l'égard du médecin (Van Oerle *et al.*, 2016).

Dans le domaine des services, la confiance interpersonnelle est une variable clé de l'engagement. Elle influence positivement la relation et l'attitude accordée au prestataire de service (Berry, 1995). S'appuyant sur cela, nous nous attendons à ce que la confiance interpersonnelle constitue un facteur déterminant avec la crédibilité perçue et influence l'attitude tant en direction des communautés virtuelles de santé que du médecin. La confiance accordée au médecin résulte de ces précédentes variables.

**La crédibilité** est définie comme étant le jugement associé aux informations reçues de la part d'un récepteur. Le niveau de persuasion du message transmis est fonction du niveau de crédibilité perçue de la source émettrice de l'information (Hovland et Weiss, 1951). Le concept de crédibilité a fait l'objet d'une attention particulière dans la littérature en gestion, que ce soit en marketing ou en système d'information. Dans le champ des technologies de l'information (TI), de nombreuses recherches ont été menées sur la crédibilité accordée aux sites web ou aux forums en ligne. Selon les auteurs, la crédibilité perçue est un concept identifié comme étant soit unidimensionnel

soit multidimensionnel. Dans le cadre de la diffusion des informations en ligne sur des sites non-transactionnels comme les communautés virtuelles, la crédibilité perçue revêt un caractère essentiel et s'avère liée à la confiance interpersonnelle accordée aux communautés virtuelles de santé (Corritore *et al.*, 2003). Selon Hung *et al.*, (2011) la crédibilité perçue vis-à-vis du site Web est un fort prédicteur de la confiance en ligne. Pour Homer et Kahle (1990), la crédibilité se caractérise par l'expertise, l'objectivité et l'exactitude de l'information apportée aux membres d'une communauté. L'expertise est l'aptitude d'une personne (ou d'un tiers) à transmettre des informations considérées comme crédibles. Elle s'avère d'autant plus élevée que son niveau de compétences est indiscutable. L'objectivité fait quant à elle référence à la description d'une information avec exactitude. Enfin, le concept de fiabilité, évoqué par Hung *et al.* (2011) et leur dimension d'intégrité, désigne la mesure selon laquelle le public cible perçoit les informations comme vraies.,

Wathen et Burkell (2002) établissent une liste de critères consensuels pour estimer la crédibilité d'un site Web dans le domaine de la santé. Quatre principales composantes sont identifiées. La première fait état de la crédibilité expérientielle qui est associée à la connaissance préalable de l'entité détentrice du site Web. La seconde, ou crédibilité de réputation, est relative à la recommandation du site Web par un professionnel de santé. D'autres facteurs complémentaires influencent le niveau de la crédibilité perçue, comme la présentation des différentes sources d'informations et des preuves médicales, qui constituent le troisième groupe de composantes identifiées par Warthen et Burkell (2002). Enfin, une quatrième composante de la crédibilité accordée à un site Web regroupe la présence de publicité et d'espaces promotionnels sur le site Web.

Au sein des communautés virtuelles de santé, la crédibilité est identifiée comme étant stratégique pour deux raisons (Dutta-Bergman, 2004). La première raison repose sur la prise de décision en contexte médical. Les effets associés à une source non valide sur le plan médical peuvent engendrer des conséquences désastreuses. La seconde raison évoque l'image perçue et ses conséquences attitudinales. Des études menées sur les sites Web médicaux montrent que les internautes se contentent souvent de critères facilement et rapidement évaluables tels que le design ou les images présentes sur le site Web (Eysenbach, 2007). Toutefois, tous les internautes et utilisateurs de ces communautés virtuelles ne forgent pas leur opinion sur autant de critères ; ils évaluent la crédibilité sur un nombre inférieur de critères, se contentant d'évaluer le design du site Web ou encore la photo de la personne qui diffuse l'information santé.

Un patient qui est à l'aise pour rechercher sur Internet de l'information portant sur la santé aura moins confiance en celle délivrée par un intermédiaire de la santé que celle qu'il trouvera sur les communautés virtuelles et déposée par les apomédiaires, ces membres actifs des communautés virtuelles de santé qui régulent et favorisent la diffusion de l'information médicale (Eysenbach, 2008). Cette co-création de contenu par les membres de ces communautés virtuelles est génératrice de valeur et impacte la confiance interpersonnelle (Cova et Pace, 2006). Appliqué au domaine médical, cela signifie que plus le niveau d'implication et de co-création est élevé, plus le sentiment de confiance interpersonnelle sera fort. Il a été démontré que les bénéfices perçus par les individus à l'égard de la communauté influencent leur attitude, impactent la fréquence de connexion de ses membres et leur confiance à l'égard de la communauté (Jung *et al.*, 2014).

Une information médicale est jugée crédible sur une communauté virtuelle de santé si elle est considérée comme une source de référence pour les usagers et doit servir en priorité les intérêts des membres de cette communauté (Hung *et al.*, 2011). Devant la pluralité des sources d'information santé disponibles sur Internet, une communauté virtuelle sera peut-être davantage jugée comme crédible si elle favorise chez ses membres la diffusion de leurs expertises et connaissances médicales. La crédibilité vis-à-vis des communautés virtuelles de santé repose également sur les notions de sécurisation du site et des données qui y sont échangées. Pour qu'elle soit jugée crédible, une communauté virtuelle de santé doit garantir la protection des informations personnelles de ses membres (Hung *et al.*, 2011).

**L'attitude** se définit comme une prédisposition à répondre à un objet de manière favorable ou défavorable (Wilkie, 1994). L'attitude est identifiée comme étant essentielle dans les modèles de comportement du consommateur, car elle cristallise les prédispositions d'un individu à agir et se caractérise par des réactions positives ou négatives, selon la théorie de l'action raisonnée (Fishbein, 1980). Les attitudes sont associées à des normes subjectives et déterminent les comportements des personnes. L'attitude se forme à partir des expériences vécues par le consommateur. Elle repose sur le processus cognitif (évaluation d'attributs ou de bénéfices), affectif (amour, haine, joie, peur, etc.) et conatif (favorisant le passage à l'action).

La recherche d'information constitue le premier facteur explicatif poussant les individus à aller les fréquenter les communautés virtuelles (Shan *et al.*, 2006). Il a été démontré que le partage d'expériences entre membres et la possibilité de trouver des réponses à leurs questions contribuent à la construction d'attitudes variables vis-à-vis des sites émetteurs de ces

informations (Bronner et de Hoog, 2011). Ces caractéristiques associées aux sites Web sont transposables aux communautés virtuelles de santé.

Les travaux s'étant intéressés à l'attitude des utilisateurs de systèmes d'information ont permis le développement du modèle TAM (Davis, 1989 ; Davis, *et al.*, 1989). Les travaux de Davis (1989) ont été menés afin d'expliquer les raisons pour lesquelles les utilisateurs adoptent ou non les technologies de l'information. En s'appuyant sur les théories de l'action raisonnée de Fishbein (1980), l'auteur identifie deux antécédents principaux ; d'une part, la facilité d'utilisation perçue (PEOU) et d'autre part, l'utilité perçue par l'utilisateur (PU). Des versions améliorées de ce modèle ont été utilisées dans le domaine de la santé pour comprendre l'adoption des systèmes d'information sur la santé et des systèmes d'information clinique (Marangunić et Granić, 2015).

Plusieurs construits complètent l'approche portant sur les déterminants de l'attitude vis-à-vis des sites. Des recherches antérieures ont été sources de contributions significatives, en intégrant la confiance comme déterminant de l'attitude (McCole *et al.*, 2010) et plus spécifiquement la confiance interpersonnelle véhiculée à travers les réseaux sociaux. Pour Hung *et al.* (2011), la crédibilité perçue vient compléter ce modèle explicatif de l'engagement des communautés virtuelles. Ces concepts déterminent de façon conjointe l'attitude qui sera concédée à l'égard de ces communautés virtuelles et du médecin, dans le but de leur accorder un niveau de confiance variable.

#### 4. LE MODÈLE DE RECHERCHE

Le modèle théorique que nous testons est présenté dans la figure 1 ci-dessous.

Il sert à valider une structure générale de relations causales, entre les variables mesurant des dimensions basées à la fois sur la technique (la crédibilité à l'égard de la plateforme, l'attitude à l'égard de la plateforme) et l'humain (la confiance interpersonnelle, la confiance à l'égard du médecin, l'attitude à l'égard du médecin). En lien avec la littérature, l'accroissement des connaissances médicales diffusées au sein des communautés virtuelles de santé modifie l'attitude et la confiance accordées au médecin (Van Oerle *et al.*, 2016). Les communautés virtuelles de santé rivalisent donc avec l'information délivrée par les médecins, tant au niveau des valeurs cognitives (connaissance de la pathologie, des protocoles, etc.) qu'affectives (écoute et empathie) ou conatives (en poussant les membres à opter pour un nouveau traitement, en prenant rendez-vous avec un spécialiste, etc.). Les communautés virtuelles posent la question de la place de la confiance accordée au médecin. Il est aussi légitime d'étudier l'attitude d'un membre à l'égard de la communauté virtuelle de santé, mais aussi à l'égard du médecin. Enfin, les liens entre confiance interpersonnelle et crédibilité perçue des communautés virtuelles de santé sont étudiés afin de compléter le modèle de recherche.

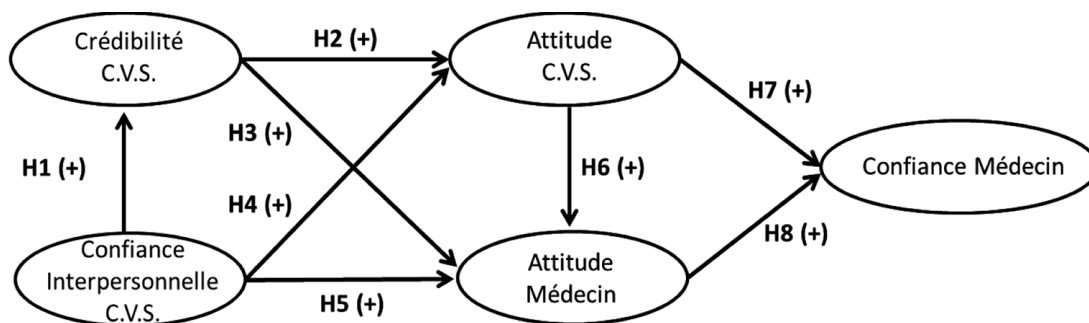
Le modèle présente également les liens entre les variables et les sens des hypothèses de recherche que nous testons.

### Les effets de la confiance interpersonnelle sur la crédibilité de la communauté virtuelle

La confiance des membres de la communauté virtuelle les uns envers les autres – que certains auteurs dénomment confiance interpersonnelle (Hung *et al.*, 2011; Leimeister *et al.*, 2005) – doit permettre d'améliorer la communication entre les participants du groupe, tout en attirant de nouveaux membres et en accroissant leur intérêt pour la communauté. Cette dynamique repose sur le capital social développé par la communauté virtuelle. Chaque membre de la communauté virtuelle y adhère pour déposer ou aller chercher de l'information auprès des membres et participer activement aux échanges de la communauté virtuelle, afin de combler leurs besoins en matière de connaissances médicales (Hou et Shim, 2010).

Même si peu de recherches font état de cette relation entre la confiance et la crédibilité, qui présentent toutefois des résultats contrastés en confondant confiance et crédibilité ou en établissant un

Figure 1 : Le modèle de recherche proposé.



C.V.S. : Communauté Virtuelle de Santé

lien entre ces deux variables (Fogg *et al.*, 2003), quelques études mettent en relief l'impact de la crédibilité sur la confiance en contexte d'information santé disponible en ligne (Corritore *et al.*, 2007). La crédibilité des « consommateurs » se forge en se basant sur des variables comme l'expertise et l'honnêteté des pourvoyeurs d'information santé. Les travaux de Corritore *et al.* (2007) menés auprès d'utilisateurs d'un site Web santé montrent que la crédibilité a une influence sur la confiance, validant ainsi des recherches antérieures (Sillence *et al.*, 2004). Étudiant les relations entre les mêmes variables, mais dans le contexte d'une communauté virtuelle dédiée aux personnes atteintes de cancer, Leimeister *et al.* (2005) ont trouvé un lien positif entre la confiance interpersonnelle et la crédibilité à l'égard de la communauté virtuelle.

En raison du caractère plus impliquant des membres d'une communauté virtuelle de santé (voir les caractéristiques présentées dans la section précédente), nous pensons que ce lien entre crédibilité de la communauté virtuelle et confiance entre les membres de la communauté (confiance interpersonnelle) mérite une investigation supplémentaire. Nous émettons par conséquent l'hypothèse suivante :

$H_1$  : La confiance à l'égard des membres de la communauté virtuelle influe positivement sur la crédibilité des membres à l'égard de la communauté virtuelle.

### **Les effets de la crédibilité à l'égard de la communauté virtuelle sur l'attitude à l'égard de la communauté virtuelle**

S'appuyant sur une étude menée auprès d'utilisateurs de communautés virtuelles dédiées au voyage, Chung et Buhalis (2008) ont démontré que les communautés

virtuelles constituent des sources d'informations prépondérantes et crédibles pour appuyer la prise de décisions des membres. Des propos similaires émanent d'autres travaux. Les consommateurs jugent le contenu des médias selon un niveau de crédibilité différent et les classent en fonction d'un ordre hiérarchique. Les informations n'ont pas toutes la même importance ; lorsqu'ils recherchent une information santé, celle émanant des communautés virtuelles de santé est jugée plus crédible que celle émanant des sites Web (Wang *et al.*, 2008).

La littérature sur les communautés virtuelles montre que les attitudes justifiant la fréquentation des communautés virtuelles sont nombreuses. Certains membres consacrent du temps aux communautés virtuelles pour y rechercher de l'information (Angehrn, 1997), d'autres apprécient les échanges et les interactions avec les adeptes apparentés (Bagozzi et Dholakia, 2002 ; Dholakia *et al.*, 2004 ; Wang et Fesenmaier, 2004). Une autre catégorie d'attitudes s'explique par le besoin d'appartenance à un groupe, le partage d'émotions et la satisfaction d'appartenir à un groupe (Wang et Fesenmaier, 2004). Nous pensons qu'il est également utile de vérifier ce lien de manière explicite pour les communautés virtuelles de santé. Nous proposons l'hypothèse suivante :

$H_2$  : Plus un patient considère la communauté virtuelle de santé comme crédible, plus il développe une attitude positive à son égard.

### **Les effets de la crédibilité à l'égard de la communauté virtuelle sur l'attitude à l'égard du médecin**

Avant l'accès aux communautés virtuelles de santé, de nombreux médecins estimaient que les patients n'avaient pas le bagage intellectuel nécessaire pour comprendre les enjeux des décisions médicales, qu'il



s'agisse de conseils ou de l'acceptation de mauvaises nouvelles ; il était donc préférable de maintenir les patients dans l'ignorance (McMullan, 2006). Ce point de vue convergeait avec la perception selon laquelle l'information santé disponible sur Internet était considérée comme peu fiable, lacunaire et partielle (Bernhardt *et al.*, 2002). Si une information captée sur Internet peut avoir des conséquences sur le plan social, personnel ou financier de l'individu, l'appréhension d'une information santé jugée peu crédible peut avoir des conséquences dramatiques pouvant entraîner la mort (Eysenbach, 2007). Grâce à l'augmentation de la diffusion de l'information santé sur le Web, on a assisté à un changement d'attitude chez certains patients, qui naviguent plus souvent sur Internet à la recherche d'informations médicales pour leurs propres besoins ou ceux de leurs proches. Le développement d'un Web collaboratif et l'apparition des communautés virtuelles a changé cette donne. Ainsi, la participation aux communautés virtuelles de santé procure des avantages sociaux indéniables en regroupant des patients vivant les mêmes symptômes, brisant l'isolement, favorisant la compréhension mutuelle, partageant conseils, suggestions et logistique ainsi que soutien social (Frost et Massagli, 2008). La crédibilité de l'information émane des membres de la communauté, qui jouent le rôle de gardiens et filtrent, distribuent, analysent, commentent ou rapportent cette information (Akrich et Méadel, 2009). Pour être crédible toutefois, une communauté virtuelle doit être considérée comme une source d'expertise d'information, un point de référence, dont les membres diffusent de l'information dans leur intérêt ; elle doit en outre gérer l'information fournie par ses membres (Hung *et al.*, 2011). Ainsi, les patients se tournent aussi de plus en plus fréquemment vers les réseaux sociaux pour y collecter une information santé ; ils deviennent plus impliqués et responsables

de leur santé, et les conséquences se matérialisent par des relations patients-médecins améliorées (Kim et Kim, 2009). Une amélioration de la relation patient-médecin a aussi été démontrée auprès des individus qui se renseignent en ligne sur la santé (Iverson *et al.*, 2008). Ainsi, même s'il ressort que l'obtention de l'information santé par le truchement d'Internet est plus facile et plus rapide, cette dernière ne saurait remplacer celle émise par un médecin (Griffiths *et al.*, 2012) mais viendrait la compléter.

Ces travaux montrent donc un changement d'attitude chez les personnes qui fréquentent les communautés virtuelles, ce qui engendre un comportement nouveau et plutôt positif pour elles et la communauté. Il nous semble pertinent de mesurer la relation entre l'attitude des patients fréquentant les communautés virtuelles et celle à l'égard du médecin. En ce sens, nous posons l'hypothèse suivante :

H<sub>3</sub> : Plus un patient considère la communauté virtuelle de santé comme crédible, plus il développe une attitude positive à l'égard du médecin.

### **Les effets de la confiance interpersonnelle sur l'attitude à l'égard de la communauté virtuelle**

Le développement rapide des technologies d'information et l'engagement des internautes pour chercher et échanger de l'information a permis aux consommateurs de co-crée et d'être plus responsables dans le partage de leurs découvertes sur les différents outils à leur disposition : forums, réseaux sociaux, communautés virtuelles. En l'absence d'organisations commerciales, les supports virtuels à la base d'une communication peer-to-peer ont engendré des échanges entre individus. Les besoins exprimés par les uns étant comblés par d'autres, la nature objective de

l'information fournie est la caractéristique souhaitée par les membres. En ce sens, la confiance à l'égard des autres membres (confiance interpersonnelle) est cruciale (Chung et Buhalis, 2008). Les résultats de leur étude démontrent que, si les individus font confiance aux membres d'une communauté virtuelle, on assistera à une modification de leur attitude en termes d'une plus grande appartenance et d'une participation plus importante à cette communauté (Chung et Buhalis, 2008). Nous souhaitons vérifier ce lien dans le cas d'une communauté virtuelle de santé, et posons l'hypothèse suivante :

$H_4$  : Plus un patient fait confiance aux autres membres de la communauté virtuelle de santé, plus il développe une attitude positive à l'égard de la communauté virtuelle de santé.

### **Les effets de la confiance interpersonnelle sur l'attitude à l'égard du médecin**

La confiance interpersonnelle joue un rôle essentiel au sein d'une communauté virtuelle dans la mesure où les membres ont des relations entre eux, mais ne se voient pas. La confiance interpersonnelle affecte aussi l'environnement et les autres membres de la communauté dans l'ensemble, mais pas une personne en particulier. Dans les communautés virtuelles, la confiance interpersonnelle impacte certaines attitudes comme le fait de donner ou de partager de l'information (Ridings *et al.*, 2002). Tung *et al.*, (2001) ont démontré que l'implication des membres au sein d'une communauté virtuelle et le développement de la confiance entre les membres impactaient certaines attitudes, comme une recherche plus abondante d'informations. Ces résultats ont été validés par Lu, Zhao et Wang (2010), dans un contexte de communautés virtuelles de marques : la confiance interpersonnelle

affecte l'attitude des membres en matière de recherche d'information et d'intention d'achat auprès du propriétaire de la communauté. En matière de santé, de récents travaux ont démontré que la fréquentation importante d'une communauté virtuelle de santé impactait positivement l'attitude à l'égard du médecin (Menvielle *et al.*, 2016).

Dans le secteur de la santé, nous pensons que le domaine d'activité peut être assimilable au monde médical. Nous souhaitons donc tester cette relation sur la base de la confiance entre les membres de la communauté virtuelle et l'attitude des membres à l'égard de leur médecin, et émettons l'hypothèse suivante :

$H_5$  : Plus un patient fait confiance aux autres membres de la communauté virtuelle de santé, plus il développe une attitude positive à l'égard du médecin.

### **Les effets de l'attitude à l'égard de la communauté virtuelle sur l'attitude à l'égard du médecin**

L'accès à l'information santé disponible sur Internet a permis de modifier la relation entre les patients et leurs médecins, en permettant aux premiers d'accéder à de l'information médicale améliorant leurs connaissances des maladies et des traitements, minimisant ainsi le fossé des connaissances entre ces deux acteurs (Powell *et al.*, 2003). Les résultats de l'étude de Lu *et al.* (2011) ont mis en évidence une corrélation positive entre la fréquentation des communautés virtuelles et la relation avec le médecin. Pour les femmes atteintes de cancer du sein, la fréquentation des communautés virtuelles permettait de s'informer, de s'impliquer plus activement dans la prise de décisions au sujet de leur maladie et d'améliorer leur relation avec leur médecin. Les communautés virtuelles de santé apportent, à l'instar d'Internet, de

nombreux bénéfiques (augmentation et amélioration des connaissances santé, réduction de l'éloignement avec d'autres malades ou soignants et centralisation de l'information santé à destination des soignants) permettant l'amélioration de l'attitude des malades à l'égard du médecin disposé à fournir des soins plus personnalisés (van der Eijk *et al.*, 2013). Certains travaux montrent d'ailleurs que les échanges au sein des communautés virtuelles fournissent des conseils constructifs et incitent notamment aux patients de consulter un médecin plutôt que de tenter de proposer un diagnostic ou de donner des conseils médicaux (Huh, 2015).

Nous pensons ainsi qu'il existe un lien entre les attitudes que les patients déploient au sein des communautés virtuelles et celles qu'ils ont à l'égard de leur médecin, et proposons l'hypothèse suivante :

$H_6$  : Plus un patient a une attitude favorable à l'égard de la communauté virtuelle de santé, plus il développe une attitude positive à l'égard du médecin.

### **Les effets de l'attitude à l'égard de la communauté virtuelle sur la confiance à l'égard du médecin**

Le médecin reste la source principale d'information santé, faisant figure d'autorité et jouant également le rôle de filtre pour l'information médicale (Akerkar et Bichile, 2004). Des études redoutent toutefois une rupture du contrat de confiance entre le patient fréquentant les communautés virtuelles de santé et le médecin (Méadel et Akrich, 2011). Il faut cependant approfondir ce constat, dans la mesure où Internet ne peut remplacer ni une consultation médicale ni la concurrencer. Pour plusieurs raisons (manque de connaissances médicales des patients, paternalisme de certains médecins, manque de temps accordé par les médecins à l'égard de leurs patients),

les patients cherchent des informations sur les réseaux sociaux afin de se documenter et de discuter « en connaisseurs » de leurs pathologies (Dedding *et al.*, 2011). L'autorité médicale n'est pas remise en cause par les communautés virtuelles ou autres sites d'informations ; elle est au contraire partagée, modifiant ainsi cette asymétrie d'information. En effet, les patients désireux d'obtenir de l'information médicale choisissent Internet car il s'agit du média le plus pratique: il est gratuit et facilement accessible (Hardey, 2004). L'auteur stipule d'ailleurs qu'Internet « n'indique pas nécessairement une perte de confiance dans la médecine, mais témoigne plutôt d'un engagement personnel dans les soins et d'une auto responsabilisation face aux décisions médicales » (Hardey, 2004, p 29).

En effet, même si certains auteurs louent les vertus de la recherche d'information sur Internet et son impact sur le rapport patient-médecin (meilleure information apportée par le patient, meilleure utilisation du temps de consultation, consentement plus éclairé de la part du patient, participation aux soins plus prégnante, etc.), il n'en demeure pas moins que certains médecins y voyaient un manque de confiance du patient à leur égard, au bénéfice de la plateforme virtuelle (Wald *et al.*, 2007). Des divergences semblent donc exister à propos de la confiance ; certaines études montrent des antécédents positifs, d'autres négatifs. Nous partons du principe que les communautés virtuelles permettent un échange d'informations important entre leurs membres. Qui plus est, la forte implication des membres de ces communautés contribuerait à l'établissement de liens positifs de l'attitude (à l'égard de la plateforme virtuelle ou du médecin) sur la confiance vis-à-vis du médecin. Nous posons ainsi l'hypothèse suivante :

$H_7$  : Plus un patient fait confiance aux autres membres de la communauté virtuelle de

santé, plus il développe une attitude positive à l'égard du médecin.

### **Les effets de l'attitude à l'égard du médecin sur la confiance à l'égard du médecin**

La confiance est un élément essentiel à la relation patient-médecin (Thom et Campbell, 1997). Un patient exprime de la confiance en son médecin lorsque ce dernier lui semble compétent, intègre et bienveillant, c'est-à-dire lorsque les intérêts du patient passent avant ceux du médecin (Doney et Cannon, 1997). Il est possible de comparer la relation patient-médecin à une relation contractuelle dans laquelle le patient et le médecin peuvent être respectivement assimilés au demandeur et au prestataire de l'offre de services. En ce sens, des études ont démontré que le niveau d'engagement du consommateur et la confiance dans le prestataire de services étaient des éléments clés pour l'établissement de bonnes relations (Morgan et Hunt, 1994). Les travaux de Gummerus *et al.* (2004), adaptés au cas des plateformes de santé en ligne, démontrent toute l'importance de l'établissement de la confiance en direction des patients utilisateurs de ces espaces. Ces recherches portant sur la confiance utilisent les instruments de mesure proposés par Doney et Cannon (1997), démontrant toute la pertinence de la validité des données obtenues, et apparaissent comme les plus abouties. Enfin, la grande majorité des patients souhaitent avoir de bonnes relations avec leur médecin (Berry *et al.*, 2008). La littérature liée à la santé montre que cette relation contient deux éléments : la confiance et les attitudes. Pour les patients, une attitude positive chez un médecin repose sur l'écoute des malades, l'attention portée aux malades et à leurs pathologies, l'explication des protocoles à mettre en œuvre pour traiter les

causes et symptômes, la compassion et la minutie (Safran, 2003 ; Thom et Campbell, 1997).

H8 : Plus un patient a une attitude positive à l'égard de son médecin, plus il a confiance en son médecin.

## **5. LA MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE**

Dans le cadre du recours aux communautés en ligne de patients, cette recherche vise à étudier les relations causales relatives à la crédibilité envers la plateforme Internet, la confiance interpersonnelle, l'attitude envers la plateforme Internet, l'attitude envers le médecin et la confiance accordée à ce dernier, suite à l'utilisation de ces communautés virtuelles de santé. Pour cela, nous avons mené une enquête par questionnaire auto-administré accessible en ligne auprès de patients et utilisateurs français de communautés virtuelles médicales de type Carecity, ou BePatient. L'exploitation d'une étude en ligne via le logiciel Qualtrics nous a donné la possibilité de randomiser les items de cette étude, permettant de réduire les effets de distorsion dans le cadre de l'étude menée. Par conséquent nous avons pu réduire l'imprécision et avoir un meilleur contrôle sur l'objet étudié (Teas et Wong, 1996).

Dans le cadre de cette recherche, nous avons sollicité des associations de patients et des groupements de malades et de proches aidants pour diffuser le questionnaire. Les réponses jugées incomplètes ont été supprimées, nous permettant d'aboutir à un échantillon final de 478 répondants, jugé utilisable dans le cadre de cette étude. L'échantillon comporte finalement 57,9 % de femmes et 42,1 % d'hommes. Cette répartition et cette plus grande présence des femmes en ligne est proche des tendances identifiées par d'autres chercheurs

concernant l'usage d'Internet dans le but de rechercher des informations médicales ; les femmes cherchent une information médicale pour elle et leur famille (Ybarra et Suman, 2006). Notons que l'âge moyen des répondants est de 31 ans, avec une population interrogée âgée de 18 à plus de 65 ans. Près d'un quart des répondants ont déclaré être atteints d'une pathologie chronique, dont un répondant sur trois depuis au moins 10 ans ; près de 10 % d'entre eux sont nés avec cette maladie chronique. L'ensemble des données relatives à la présentation de

l'échantillon étudié est consigné dans le tableau 2 ci-après. Enfin, dans le respect des règles éthiques et déontologiques, la collecte de données s'est faite de façon anonyme et confidentielle.

Dans le cadre de notre modèle de recherche, nous avons considéré la crédibilité envers la plateforme Internet relative aux communautés en ligne de patients et la confiance interpersonnelle accordée aux échanges entre utilisateurs de ces plateformes médicales comme des variables

**Tableau 2 : Informations sociodémographiques et état de santé des répondants.**

Variables de contrôle	% de la population étudiée
<b>Informations sociodémographiques</b>	
<b>Genre</b>	
Homme	42,1 %
Femme	57,9 %
<b>Age</b>	
De 18 à 65+	31,15 ans
<b>Education</b>	
Lycée	11,1 %
Bac+1	12,1 %
Bac+2	17,9 %
Bac+3	17,3 %
Bac+4	25,3 %
Bac+5	11,9 %
> Bac+5	4,3 %
<b>Statut Social</b>	
Employé	83,9 %
Sans activité	16,1 %
<b>Etat de santé</b>	
Maladie chronique déclarée	23,8 %
Pas de maladie chronique déclarée	76,2 %
<b>Antériorité de la maladie</b>	
< 1 an	5,5 %
[1 à 3 ans [	14,7 %
[3 à 5 ans [	7,3 %
[5 à 7 ans [	15,6 %
[7 à 10 ans [	11%
> 10 ans	36,7%
Je suis né avec	9,2%

exogènes. Les autres concepts sont considérés comme des variables endogènes et font état de l'attitude vis-à-vis des communautés virtuelles de santé et du médecin, ainsi que de la confiance qui est accordée au professionnel de santé. Le questionnaire spécifiquement développé pour les besoins de cette étude a été pré-testé auprès d'une quarantaine d'utilisateurs de communautés virtuelles de santé. Dans le cadre des procédures communément admises (ACP avec rotation varimax), nous avons procédé à l'épuration des items pouvant créer des difficultés en termes de qualité de l'information obtenue. Les instruments de mesure mobilisés s'inscrivent dans un contexte spécifique associé au médical et font l'objet d'une adaptation dans le domaine francophone (Churchill, 1979) ayant conduit à une seconde phase d'épuration des construits. Les échelles de mesure des construits mobilisés ont été adaptées de la littérature en marketing et en sociologie.

Les items de mesure utilisés reposent sur des échelles de Likert en sept points (1 = pas du tout d'accord ; 7 = tout à fait d'accord). Les construits relatifs à la confiance interpersonnelle (5 items ; structurés autour des compétences et de l'intégrité) et à la crédibilité à l'égard de la communauté virtuelle de santé (4 items ; structurés autour de l'expertise et de l'intégrité) ont été adaptés de Hung *et al.* (2011). La mesure de l'attitude à l'égard de la plateforme (4 items) est adaptée de Bagozzi et Dholakia (2002), sur la base d'échelles sémantiques différentielles en sept points. Le construit relatif à l'attitude à l'égard du médecin (4 items) a été adapté d'Oliver (1980) et repose aussi sur une échelle sémantique différentielle en sept points. Le construit portant sur la confiance à l'égard du médecin (8 items) est adapté de Doney et Cannon (1997). Les échelles de mesure mobilisées dans le cadre de cette recherche ont été sélectionnées de façon scrupuleuse, sur la base de leurs qualités psychométriques. Les indices de fiabilité des

construits originels retenus varient entre,82 pour les indices les plus faibles et,95 pour les indices les plus élevés. Les échelles issues des recherches de Hung *et al.* (2011) portant sur la confiance interpersonnelle et la crédibilité à l'égard de la plateforme, présentaient des indices de fiabilité compris réciproquement entre,95 et,93. Les construits mobilisés par Bagozzi et Dholakia (2002) comportaient un indice de fiabilité de,88. En ce qui concerne l'échelle d'Oliver (1980), les indicateurs de fiabilité étaient de,82. Pour ce qui est du construit issu des travaux de Doney et Cannon (1997), le niveau de fiabilité comportait un des indices les plus élevés de l'ensemble des construits mobilisés, avec un score de,94. Par la suite, nous avons procédé à l'épuration des échelles selon les procédures en vigueur. Celles sont consignées dans la partie destinée à la présentation de nos résultats. Nous proposons en annexe une présentation de l'ensemble des construits et des items mobilisés dans le cadre de cette recherche.

Différentes variables de contrôle ont été mobilisées. Les variables telles que l'âge, le niveau d'éducation, l'antériorité de la maladie et l'état de santé du répondant ont constitué des variables de contrôle. Concernant ce dernier point, afin d'éviter d'éventuels biais déclaratifs, nous avons pris le soin de lister les principales pathologies chroniques sur la base de la Classification Internationale des Soins Primaires (International Classification of Primary Care - ICPC). Cette étape a été complétée par des questions ouvertes, où les répondants ont été invités à inscrire la pathologie (ou les pathologies) dont ils souffraient. Plusieurs types de pathologies chroniques ont été recensés dans le cadre de cette recherche, allant de maladies plus communes comme l'asthme, les allergies, le diabète, la maladie coéliqua ou l'hypertension, à des maladies moins courantes, comme la maladie de Verneuil.

Dans le cadre de l'élaboration de notre questionnaire, nous avons procédé à diverses précautions pour limiter les biais de méthode, en recourant à la randomisation des items mobilisés respectant les recommandations émises par Feldman et Lynch (1988). Afin de s'assurer de l'absence de biais de variance commune, nous avons procédé au test d'Harman comme suggéré par Podsakoff *et al.* (2003). Ce test permet d'écarter tout biais lié à une variance commune au sein des construits étudiés et s'avère concluant.

## 6. LES RÉSULTATS

L'ensemble des hypothèses ont été testées au moyen d'équations structurelles, sur le principe du Maximum de Vraisemblance (Maximum of Likelihood) reposant sur la procédure de bootstrap via le logiciel SPSS-AMOS 23. Ce test permet de s'assurer de la stabilité des données observées et s'avère moins sensible aux éventuels problèmes de multinormalité (Zhang *et al.*, 2010). L'analyse des résultats se fonde sur les indices et coefficients standardisés du modèle testé comme recommandé par Hu et Bentler (1998). Les hypothèses relatives au modèle proposé ont été testées en une fois, afin d'identifier de la façon la plus fine possible les relations entre les concepts mobilisés.

Pour conduire cette recherche, les instruments de mesure mobilisés ont subi une procédure en deux étapes. La première étape a porté sur l'épuration des échelles dont les items avaient un niveau de corrélation inférieur à 0,3. Puis, dans un second temps, suivant les recommandations émises par Steenkamp et Van Trijp (1991), une analyse factorielle confirmatoire a été menée, permettant de procéder à l'évaluation de la validité convergente et discriminante du modèle testé (Steenkamp et Van Trijp, 1991).

### *Validité du modèle de recherche et indices d'ajustement*

L'analyse factorielle confirmatoire a suivi le principe énoncé par (Hu et Bentler, 1998) s'assurant de la qualité de l'information et des données collectées. Le modèle testé présente des indices d'ajustements ( $\chi^2 = 273,391$  avec 122 ddl,  $\chi^2/\text{ddl} = 2,241$  ; CFI = 0,975 ; NFI = 0,957 ; TLI = 0,969 ; RMSEA = 0,049 ; RMR = 0,058) de meilleure qualité comparativement au modèle a priori ( $\chi^2 = 651,526$  avec 128 ddl,  $\chi^2/\text{ddl} = 5,090$  ; CFI = 0,915 ; NFI = 0,957 ; TLI = 0,969 ; RMSEA = 0,089 ; RMR = 0,168). Les indices de validité du modèle sont consignés dans le tableau 3.

### *Fiabilité des instruments de mesure*

Les principaux indices et construits mobilisés sont consignés dans le tableau 4. Les indices de fiabilité Alpha de Cronbach ( $\alpha$ ) se situent tous au-delà des normes minimales recommandées (Nunnally, 1978), oscillant entre 0,771 et 0,926. Conformément aux recommandations énoncées par Fornell et Larcker (1981), la validité convergente du modèle repose sur l'analyse de la variance moyenne extraite (AVE), l'indice de fiabilité composite (CR) ainsi que des coefficients de saturation.

### *Validité convergente et discriminante*

Le tableau 5 ci-après indique que la validité convergente est supportée par le modèle, étant donné que la variance moyenne extraite (AVE) est supérieure à 0,50 pour chacun des construits. Ceci sous-tend le fait que la variance de chaque construit est mieux expliquée par les mesures proposées que par l'erreur qui lui est associée (Fornell et Larcker, 1981). La fiabilité composite (CR) doit être supérieure à la variance moyenne extraite (AVE) de chaque construit, ce qui est ici notre cas, et vient confirmer la validité convergente des construits. Pour ce qui est de la validité discriminante, les données indiquent que chaque construit est plus

**Tableau 3 : Indicateurs principaux du modèle testé.**

	Normes	Modèle testé
Indices d'ajustement		
$\chi^2$	le plus faible possible	273,391 (0,000)
$\chi^2/ dl$		2,241
GFI	$\geq 0,9$	0,946
AGFI		0,924
RMR	$\leq 0,1$	0,058
RMSEA	$\leq 0,05$	0,049
SRMR	Proche de 0	0,0435
Indices incrémentaux		
NFI	$\geq 0,9$	0,957
RFI		0,946
IFI		0,976
CFI		0,975
CAIC/CAICs*	624,069 < 1237,754	

\* Comparaison entre l'indice CAIC du modèle testé et le CAIC du modèle saturé (CAICs).  
L'indice CAIC du modèle testé doit être inférieur à l'indice CAICs du modèle saturé.

**Tableau 4 : Construits, Items, AFC et qualités psychométriques du modèle de mesure.**

(N=478)

Items et construits	Moyenne	SL ( $\lambda$ )	SD ( $\sigma$ )	Alpha de Cronbach ( $\alpha$ )
<b><i>Crédibilité à l'égard de la communauté virtuelle (CVS)</i></b>				
Les communautés en ligne de patients donnent des informations dont j'ai besoin	4,11	0,886	1,222	0,771
Les informations fournies par les communautés en ligne de patients sont exactes	3,62	0,773	1,170	
Les communautés en ligne de patients ne font pas mauvais usage des informations personnelles	4,16	0,640	1,086	
<b><i>Confiance interpersonnelle à l'égard des informations postées sur les communautés virtuelles de santé (CVS)</i></b>				
Les commentaires laissés par les membres des communautés en ligne de patients sont faciles à comprendre	4,63	0,574	1,169	0,786
Les membres des communautés en ligne de patients donnent des réponses honnêtes et sincères aux questions posées	4,30	0,875	1,212	
Les membres des communautés en ligne de patients veulent partager leurs expériences vis-à-vis de la maladie	5,26	0,697	1,122	



Items et construits	Moyenne	SL ( $\lambda$ )	SD ( $\sigma$ )	Alpha de Cronbach ( $\alpha$ )
<b>Attitude à l'égard de la communauté virtuelle de santé (CVS)</b>				
Concernant les communautés de patients que vous consultez régulièrement, vous diriez que vous avez une attitude : Mauvaise // Bonne à l'égard de ces sites	4,16	0,868	1,166	
Concernant les communautés de patients que vous consultez régulièrement, vous diriez que vous avez une attitude : Négative // Positive à l'égard de ces sites	4,07	0,949	1,159	0,907
Concernant les communautés de patients que vous consultez régulièrement, vous diriez : Je ne recommanderais pas ces sites // je recommanderais ces sites	3,82	0,822	1,244	
<b>Attitude Médecin</b>				
Votre attitude à l'égard de votre médecin est : Défavorable // Favorable	6,16	0,777	,975	
Votre attitude à l'égard de votre médecin est : Mauvaise // Bonne	6,12	0,906	,949	
Votre attitude à l'égard de votre médecin est : je ne recommanderais pas mon médecin // je recommanderais mon médecin	5,94	0,902	1,346	0,862
Votre attitude à l'égard de votre médecin est : Ne m'incite pas à retourner le consulter // M'incite à retourner le consulter	5,67	0,561	1,441	
<b>Confiance Médecin</b>				
Mon médecin tient ses promesses	5,57	0,800	1,093	
L'information fournie par mon médecin est crédible	5,88	0,817	1,044	
Mon médecin est réellement préoccupé par l'amélioration de mon état de santé	5,69	0,870	1,255	0,926
Mon médecin sait évaluer ce qui est le mieux pour ma prise en charge	5,72	0,893	1,109	
Mon médecin est digne de confiance	5,97	0,887	1,090	

N = 478

SL = Standard loadings; SD = Standard deviation

corrélé avec ses propres mesures (variables manifestes) qu'avec les autres construits (variables latentes). L'indice MSV (Shared maximum Squared Variance) est inférieur à la variance moyenne extraite (AVE) ce qui est notre cas. Concernant l'indice ASV (Square Score moyen Shared Variance), il doit être systématiquement inférieur à la variance moyenne extraite (AVE) pour

chacun des construits, soutenant donc la validité discriminante, en conformité avec les propos énoncés par Fornell et Larcker (1981). L'ensemble de ces indices consignés dans le tableau ci-après plaident en faveur du modèle proposé.

Dans la continuité des travaux de Fornell et Larcker (1981) l'examen de la validité discriminante repose sur un niveau de

**Tableau 5 : Indices de validité convergente.**

	<i>CR</i>	<i>AVE</i>	<i>MSV</i>	<i>ASV</i>
<b>Crédibilité à l'égard de la communauté virtuelle (CVS)</b>	0,814	0,597	0,510	0,216
<b>Attitude à l'égard de la communauté virtuelle (CVS)</b>	0,912	0,777	0,353	0,161
<b>Attitude Médecin</b>	0,872	0,638	0,569	0,144
<b>Confiance Médecin</b>	0,931	0,730	0,569	0,144
<b>Confiance interpersonnelle à l'égard des informations postées sur les communautés virtuelles de santé (CVS)</b>	0,764	0,527	0,510	0,204

Note : CR : Composite Reliability  
 AVE : Average Variance Extracted  
 MSV : Maximum Shared Squared Variance  
 ASV : Average Shared Square Variance

corrélation entre le construit étudié et les autres construits du modèle inférieur à la racine carrée de l'AVE du construit. Les éléments consignés dans le tableau 6 ci-après, présentent les indices de corrélations des construits. Dans le cas du modèle étudié, l'ensemble des construits mobilisés présente une validité discriminante satisfaisante.

*Modèle de recherche testé*

En complément des différents indices d'ajustement du modèle, nous avons complété notre analyse en procédant au test de McQuitty (2004) afin de mesurer le

pouvoir statistique  $\Pi$  du modèle étudié, dans le but d'estimer le risque d'une fausse validation des hypothèses dans le cadre du recours aux équations structurelles. Ce principe repose sur le fait que l'indice  $\Pi$  doit être au moins égal à 0,80 pour éviter une fausse validation des hypothèses liées à notre analyse (McQuitty, 2004). Dans le cas présent, nous disposons de : 122 ddl et  $N = 478$ . Par conséquent, dans le cadre de notre recherche, la valeur calculée de  $\Pi$  est largement supérieure à 0,90 et dépasse la norme minimale requise de 0,80. Le risque d'accepter un modèle faux dans le cadre de notre étude s'avère extrêmement faible.

**Tableau 6 : Corrélations.**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>Crédibilité à l'égard de la communauté virtuelle (CVS) (1)</b>	<b>0,773</b>				
<b>Attitude Médecin (2)</b>	-0,018	<b>0,799</b>			
<b>Confiance Interpersonnelle à l'égard des informations postées sur les communautés virtuelles de santé (CVS) (3)</b>	0,714	0,091	<b>0,726</b>		
<b>Confiance Médecin (4)</b>	-0,001	0,754	0,076	<b>0,854</b>	
<b>Attitude à l'égard de la communauté virtuelle (CVS) (5)</b>	0,594	0,011	0,541	-0,002	<b>0,881</b>

Les résultats du modèle testé, reposant sur une procédure de bootstrap avec comme fonction d'ajustement le Maximum de Vraisemblance (M L), montrent que la confiance interpersonnelle au regard des utilisateurs postant des messages sur les communautés virtuelles de patients a un effet positif significatif sur la crédibilité accordée à ces espaces et plateformes virtuelles (H1 :  $\beta = 0,754$   $p = 0,000$ ). L'hypothèse H1, sous-tendant l'influence de la confiance interpersonnelle sur la crédibilité accordée à la plateforme Internet de patients, est validée.

La crédibilité accordée à la plateforme Internet a un effet direct positif et significatif sur l'attitude envers la plateforme (H2 :  $\beta = 0,471$   $p = 0,000$ ). L'hypothèse H2 est validée. Plus un individu a un niveau de crédibilité élevé envers les espaces virtuels de communautés de patients, plus celui-ci aura une attitude favorable à l'égard de cette dernière.

En revanche, la crédibilité envers la plateforme Internet a bien un effet direct significatif sur l'attitude envers le médecin, mais l'influence négativement (H3 :  $\beta = -0,193$   $p = 0,000$ ). L'hypothèse H3 est partiellement validée. Plus un individu a un niveau élevé de crédibilité envers la plateforme communautaire de patients, moins celui-ci a une attitude favorable à l'égard de son médecin.

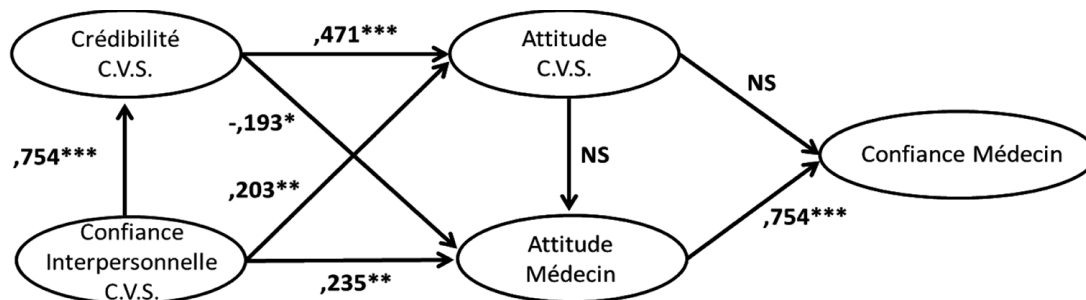
Concernant le construit portant sur la confiance interpersonnelle, les résultats montrent qu'il existe un lien significatif et positif sur l'attitude à l'égard de la plateforme Internet de patients (H4 :  $\beta = 0,203$   $p = 0,000$ ). Plus la confiance interpersonnelle est forte au sein de la communauté de patients, plus l'attitude des utilisateurs de ces plateformes est forte. L'hypothèse H4 est validée.

Concernant le test de l'hypothèse 5, nous étudions la relation entre la confiance interpersonnelle et l'attitude à l'égard du médecin. Il existe une relation positive et statistiquement significative (H5 :  $\beta = 0,235$   $p = 0,000$ ) : plus un utilisateur de ces communautés virtuelles de patients fait confiance aux autres membres de cette même communauté, plus celui-ci aura tendance à avoir une attitude favorable à l'égard de leur médecin.

Concernant l'hypothèse entre l'attitude à l'égard des plateformes virtuelles de patients et l'attitude envers le médecin, il n'existe pas de liens statistiques significatifs entre les concepts étudiés (H6 :  $\beta = 0,001$   $p = 0,977$ ). L'hypothèse H6 n'est pas validée.

Concernant l'attitude envers la plateforme Internet et la confiance à l'égard du médecin, aucun lien significatif direct n'a pu être mis en évidence (H7 :  $\beta = -0,010$   $p = 0,630$ ). L'hypothèse H7 selon laquelle l'attitude envers la plateforme de patients

Figure 2 : Le modèle de recherche final.



aurait une influence sur la confiance accordée au médecin n'est pas validée.

En revanche, l'hypothèse H8, qui suppose que l'attitude envers le médecin a une influence sur la confiance accordée au praticien, est démontrée par un lien positif significatif (H8 :  $\beta = 0,754$   $p = 0,000$ ).

Le tableau 7 ci-après les résume.

## 7. DISCUSSION ET IMPLICATIONS SCIENTIFIQUES

L'objectif de cette recherche était double. Dans un premier temps, nous avons pour ambition de proposer un modèle intégrateur explicatif du processus d'influence des communautés virtuelles de santé (crédibilité accordée aux communautés virtuelles de santé et confiance interpersonnelle), sur l'attitude à l'égard de communautés virtuelles de santé et en direction des médecins, pour en mesurer l'impact sur la confiance à l'égard du praticien. Dans un second temps, nous avons procédé à l'adaptation

et l'élaboration de construits de mesures spécifiques : proposition d'application à un domaine spécifique associé au médical et contextualisation de ces instruments de mesure à un environnement francophone.

Les résultats observés tendent à démontrer qu'il existe une relation entre la crédibilité apportée aux communautés virtuelles de santé délivrant un contenu médical et la confiance interpersonnelle accordée aux divers contributeurs de ces communautés virtuelles de santé. Plus le niveau de confiance interpersonnelle est élevé (relatif aux dépôts d'informations par les différents contributeurs malades au sein de communautés virtuelles de santé), plus la crédibilité envers la communauté virtuelle de santé sera élevée. La crédibilité envers la communauté virtuelle de santé est donc dépendante des informations délivrées. La crédibilité accordée varie en fonction de la qualité et du niveau de fiabilité perçue relative aux informations que ces espaces peuvent fournir en direction des tiers. La communauté virtuelle de santé est considérée avec un certain degré d'expertise dans

**Tableau 7 : Coefficients standardisés du modèle général.**

N = 478 ; Bootstrap N = 1000, Intervalle de confiance = 95 %

	Paramètre Estimé	p	Hypothèses
Crédibilité CVS → Confiance Interpersonnelle CVS	0,754	***	H1 acceptée
Crédibilité CVS → Attitude CVS	0,471	***	H2 acceptée
Crédibilité CVS → Attitude Médecin	-0,193	***	H3 acceptée
Confiance Interpersonnelle CVS → Attitude CVS	0,203	***	H4 acceptée
Confiance Interpersonnelle CVS → Attitude Médecin	0,235	***	H5 acceptée
Attitude CVS → Confiance Médecin	NS	NS	H6 rejetée
Attitude CVS → Attitude Médecin	NS	NS	H7 rejetée
Attitude Médecin → Confiance Médecin	0,754	***	H8 acceptée

Notes : Fit indexes :  $\chi^2 = 273,391$  avec 122 ddl,  $\chi^2/ddl = 2,241$ ; CFI = 0,975; NFI = 0,957; TLI = 0,969; RMSEA = 0,049 ; RMR = 0,058; at p-value <,001

\*\*\* : p <,001

la qualité des éléments rendus accessibles (Fritch et Cromwell, 2001) ceci dans l'intérêt de ses utilisateurs et ses membres (Warnick, 2004). Il est alors admis que ces communautés virtuelles fournissent une information valide et crédible, dépendante des mesures prises par la plateforme afin de s'assurer de la qualité des informations délivrées sur leur site Web, mais aussi de la pertinence des éléments mis à disposition et déposés par les utilisateurs de ces espaces. Ces éléments confirment les liens identifiés au travers de la littérature en systèmes d'informations, sur la base du modèle TAM (Davis, 1989 ; Davis *et al.*, 1989), soulignant l'importance des variables de l'utilité perçue (PU) et de la facilité d'utilisation perçue (PEOU) dans le processus d'engagement de l'internaute. Dans le cadre de l'application aux communautés virtuelles de santé, ces variables font référence aux potentialités espérées de l'utilisation de ces communautés pour y trouver des bénéfices tant sur le plan social que médical (PU). Leurs contraintes et efforts d'utilisation s'en trouvent minimisés (PEOU) ceci dans le but de maximiser les bénéfices escomptés de ses utilisateurs.

L'identification de cette relation entre la confiance interpersonnelle et la crédibilité prend tout son sens dans le cas de son application au secteur de la santé et aux communautés virtuelles de santé. La crédibilité perçue de la communauté virtuelle de santé est en grande partie dépendante des informations livrées par ses utilisateurs, et par conséquent, de la confiance accordée aux membres de ces communautés exposant leurs avis, expériences et commentaires sur des thématiques de santé spécifiques. Plus le niveau de confiance accordée aux contributeurs de ces communautés est remis en cause, plus cela aura un effet sur le niveau de crédibilité accordée à l'égard de ces communautés virtuelles, et vice versa. Leimeister *et al.* (2005) ont démontré de manière similaire une relation positive significative entre la confiance

interpersonnelle et la plateforme Web dans le cadre d'une application aux membres de communautés de patients atteints de cancer. Il en ressort également que les membres de ces communautés de santé ont un niveau d'implication, d'interaction et d'empathie avec les autres membres de ces plateformes nettement supérieur à celui des communautés virtuelles en dehors du champ du médical (Nonnecke et Preece, 2003 ; Preece *et al.*, 2003).

En revanche, la crédibilité des informations collectées au travers de ces communautés virtuelles a un effet négatif sur l'attitude à l'égard du médecin, notamment dans le cas d'informations contradictoires pouvant remettre en cause l'autorité médicale. L'attitude en direction des praticiens s'en trouve alors affectée ; ceci confirme les travaux de Khechine *et al.* (2006). La diffusion de la connaissance médicale par Internet contribue à la modification de l'asymétrie informationnelle entre médecin et patient. Dès lors, plus les informations médicales s'avèrent accessibles depuis des plateformes jugées crédibles et fiables au regard des informations diffusées, plus le pouvoir médical et l'attitude vis-à-vis des praticiens se transforment (Ostrom *et al.*, 2015). L'information médicale collectée au travers de ces communautés virtuelles de santé devient source d'échanges et de discussions avec les professionnels de santé (Khechine *et al.*, 2006). L'incursion des technologies de l'information et de la communication dans le domaine de la santé a conduit à une nouvelle forme de « démocratie sanitaire », reposant à la fois sur la nécessité de co-production de la relation avec le professionnel de santé mais aussi de prendre conscience et d'accepter que le patient peut désormais « acquérir une expertise autonome fondée sur les informations produites via les opérateurs privés du numérique » (Dumez et Minvielle, 2017, p. 9). Toutefois, la transformation de la médecine à laquelle nous assistons n'est

pas sans soulever des questionnements chez certains professionnels de la santé. L'adoption par ces derniers de dispositifs technologiques de la santé numérique met en lumière des inerties d'ordre psychologique (Habib *et al.*, 2017), résultant d'un faible niveau de motivation, principalement quant à l'usage et à l'appropriation de ces moyens technologiques (Venkatesh, 2000). Une telle situation s'avère partiellement liée à la rupture de l'asymétrie de l'information médicale, désormais librement accessible sur les espaces numériques.

De fait, l'information médicale doit être maîtrisée et appréhendée avec parcimonie et il est nécessaire que les praticiens accompagnent leurs patients dans la lecture de ces informations, qui peuvent être sujettes à de multiples interprétations. Une telle situation induit la nécessité de co-construire la relation entre professionnels de santé et patients (Nambisan et Nambisan, 2009), confirmée par Dumez et Minvielle (2017). Ces plateformes médicales constituent une réponse aux besoins de compréhension sur diverses pathologies. Elles doivent donc être identifiées dans le processus de soins comme étant de nouvelles compétences accessibles aux malades et aux proches-aidants, contribuant à des prises de décisions plus éclairées et informées sur les risques, conséquences et évolutions médicales. Dans le même temps, la crédibilité à l'égard de la communauté virtuelle de santé impacte positivement l'attitude à l'égard de celle-ci, engageant plus favorablement les utilisateurs à collaborer et à tirer parti des échanges au sein de ces espaces virtuels. La confiance interpersonnelle concourt, quant à elle, au fait d'encourager et de favoriser l'attitude que peuvent avoir les personnes à l'égard des informations postées sur les communautés virtuelles de santé. Plus le niveau de confiance concernant les informations postées sur ces espaces virtuels est élevé, plus l'attitude des utilisateurs sera positive.

Pour une grande partie des utilisateurs, ces communautés virtuelles sont très souvent le moyen permettant de mieux appréhender des situations d'angoisses et de stress liées à une éventuelle pathologie. Plus spécifiquement, ces plateformes constituent, pour les malades ou les proches-aidants par exemple, une possibilité de renouer un lien avec le monde extérieur rompu par la maladie. Les échanges entre utilisateurs favorisent l'interaction entre pairs, constituant un support social et émotionnel non négligeable (Eysenbach *et al.*, 2004; Zhao *et al.*, 2015). L'attitude envers le médecin est impactée par la confiance accordée aux informations délivrées sur ces plateformes médicales. L'attitude envers les médecins favorise la confiance accordée à ces derniers et contribue à l'établissement d'une nouvelle approche relationnelle patient-médecin. Il apparaît comme indiscutable le fait que l'irruption de ces communautés virtuelles de santé ait profondément modifié la façon d'exercer la médecine. A ce titre, la transformation numérique de la santé a conduit au développement des systèmes hybrides reconfigurant les structures et les modèles traditionnels de la médecine. Dans une étude récente portant sur les transformations organisationnelles de la santé numérique, Habib *et al.* (2017) identifient des modèles hybrides. Ils reposent sur la création de communautés virtuelles de santé, favorisant au travers de ces espaces numériques la coopération entre praticiens et patients, à l'image de structures telles que Society for Participatory Medicine, e-Patient Manifesto ou bien encore Medissimo. Bien que pertinentes dans leurs approches, ces communautés participatives d'un nouveau genre restent encore marginales.

Au regard de la littérature et des études menées il y a encore une dizaine d'années, la perception et la confiance des utilisateurs à l'égard de ces communautés virtuelles de santé se sont nettement améliorées. La confiance et la crédibilité des informations

diffusées constituent une source d'informations perceptible, faisant partie d'une nouvelle forme de compréhension des échanges entre malades (Leimeister *et al.*, 2005), voire de remontées d'informations médicales tant sur les effets secondaires liés à un traitement que l'identification d'une situation de détresse, d'une dépression ou de troubles psychologiques chez le patient (Greaves *et al.*, 2013). Contrairement aux avis couramment répandus, certains chercheurs démontrent à quel point la qualité des informations postées sur ces espaces est satisfaisante et contribue à modifier la perception que l'on peut avoir de ces espaces d'échanges d'informations. De même, la régulation des informations erronées est autocorrigée par les contributeurs de ces espaces virtuels. Ces derniers ne font l'objet d'aucune relation spécifique avec une entreprise médicale ou pharmaceutique. Ils ne sont pas non plus associés à l'hébergeur de ces plateformes de santé et les informations correctrices postées s'inscrivent au bénéfice des utilisateurs de ces espaces virtuels (Esquivel *et al.*, 2006).

Bien que de nombreux bénéfices liés à l'utilisation de ces communautés virtuelles de santé émergent, Dumez et Minvielle (2017) s'interrogent sur les revers de cet essor de « démocratie sanitaire ». La digitalisation de la santé a contribué à la diffusion de la connaissance médicale en rendant le patient plus autonome, ou du moins à lui prodiguer une forme de pouvoir dans la sphère du médical. Toutefois, cette numérisation de la santé n'est pas sans « créer une nouvelle dépendance entre le patient et les opérateurs du numérique qui disposent de ses données personnelles » (Dumez et Minvielle, 2017, p. 30). Ce questionnaire est essentiel car il couvre un champ d'application bien plus large que celui des communautés virtuelles de santé. Il recouvre des domaines tels que la M-Santé (Mobile-Santé) où les enjeux de dépendance et de captation de données personnelles

deviennent cruciaux. Ils ouvrent en effet sur des perspectives de recherche pouvant porter sur l'intégration de modèles de type TAM ou UTAUT, au regard de l'usage des dispositifs connectés en santé (M-Santé, objets connectés en santé) et aux données personnelles médicales.

## 8. CONCLUSION

L'objectif de cette recherche vise à étudier les relations causales relatives à la crédibilité envers les communautés virtuelles de santé, la confiance interpersonnelle, l'attitude envers les communautés virtuelles de santé, l'attitude envers le médecin et la confiance à l'égard du médecin suite à l'utilisation de ces espaces virtuels.

Les résultats montrent que la confiance interpersonnelle entretient une relation positive avec la crédibilité accordée à la communauté virtuelle de santé mais aussi en direction de l'attitude vis-à-vis de la communauté virtuelle et du médecin. La crédibilité accordée à ces communautés virtuelles de santé a une relation positive sur l'attitude à l'égard ces plateformes. En revanche, la relation s'avère être négative entre la crédibilité et l'attitude à l'égard du médecin. Enfin, seule l'attitude avec le médecin a une relation positive avec la confiance à l'égard du médecin. Pour mémoire, rappelons que six des huit hypothèses posées ont été validées.

Cette étude présente des contributions théoriques et pratiques importantes. Sur le plan pratique, il conviendrait de sensibiliser les médecins pour qu'ils recommandent des sources d'informations crédibles et fiables sur Internet, afin que les patients prolongent leur quête d'information santé et dialoguent avec le responsable de leur santé dans une relation moins asymétrique. Ceci pourrait durablement s'inscrire dans des démarches partenariales avec les

communautés virtuelles de santé impulsées directement par les associations de patients eux-mêmes, à l'image de Renaloo ou des MICI. En naviguant sur Internet, les patients pourraient modifier positivement leur attitude à l'égard de la communauté virtuelle de santé et accroîtraient leur confiance à l'égard du médecin.

Cette recherche permet de valider les relations entre le concept de confiance interpersonnelle et de crédibilité accordée à la communauté virtuelle de santé, en lien avec les travaux de Hung *et al.* (2011). Provenant de deux domaines scientifiques distincts, réciproquement issus du domaine des sciences sociales et de la communication, cette recherche met à jour les relations pouvant exister entre ces concepts en lien avec les problématiques de digitalisation de la santé. L'adaptation de différents instruments de mesure dans le contexte médical, numérique et francophone, constitue un apport complémentaire à cette réflexion portant sur un domaine d'expertise récent.

Les résultats obtenus permettent de mettre évidence de nouvelles relations patient-médecin et vont dans le sens des démonstrations théoriques portant sur l'évolution des problématiques de démocratie sanitaire évoquées par Dumez et Minvielle (2017). Cette recherche renforce également le concept de capital social évoqué par Bourdieu (1980). Les relations tissées entre patients au travers de ces communautés virtuelles de santé confirment l'apparition de nouvelles formes d'influences sociales, de savoir générés et partagés par et pour les membres de ces communautés liés par des relations de différentes natures en fonction de leurs contributions. Parce qu'elles reposent sur les trois piliers du capital social se rapportant aux relations entre individus, aux réseaux sociaux et aux normes de réciprocité et de confiance, ces plateformes virtuelles de santé pourraient tendre à reconfigurer la place et le

rôle de ces espaces dans la délivrance du soin. Ces communautés permettent en outre aux patients de trouver une information santé spécifique manquante, détenue par un membre plus actif, plus instruit ou plus engagé au sein du réseau. Aux confins de ces apports théoriques et en guise de perspectives de recherche, la notion de hiérarchie sociale intrinsèque au capital social pourrait constituer de futures investigations afin d'apprécier les relations qui puissent de tisser entre patients mais aussi avec les proches-aidants, souvent occultés des recherches portant sur les usages de la E-santé.

Dans la continuité de ces limites et perspectives de recherche, il pourrait être opportun d'étudier le mode de participation et d'interactions des utilisateurs de ces communautés virtuelles de santé. Les travaux de Akrich et Méadel (2009) restent d'actualité et méritent d'être poursuivis. Nous l'avons évoqué, la digitalisation de la santé influence la relation patient-médecin mais existe-t-il différents degrés d'autonomisation du patient selon son usage et surtout selon son degré d'implication à travers de ces réseaux de patients ? Plusieurs postures de l'utilisateur de ces communautés virtuelles de santé peuvent être mise en évidence : contributeur de publications soit à caractère médical soit dans le but d'encourager les autres membres, influenceur pour encourager l'adoption de nouveaux traitements, transmetteur-diffuseurs d'informations ou tout simplement lecteur des messages émis sur ces espaces. Les recherches menées en ce sens sont rares dans le domaine d'application des communautés virtuelles de santé et l'étude des effets interactionnels entre patients et leur autonomisation psychologique pourrait être riche d'enseignements.

Plus éloigné de cette étude mais en lien avec le déploiement numérique dans le secteur du médical, l'analyse des publications



et des informations émises par les patients sur les communautés virtuelles de santé, associé à des pathologies spécifiques et à des traitements médicamenteux pourrait constituer des sources de valorisation et de compréhension des enjeux du crowdsourcing médical, encore sous-exploité à ce jour dans le domaine de la recherche académique mais clairement identifié par les industriels et professionnels du secteur. Ainsi, comme le mentionnent Dumez et Minvielle (2017), bien que la E-Santé ait laissé entrevoir une forme « d'évolution de démocratie sanitaire » nous pouvons également nous interroger sur les effets d'une dépendance des contributeurs de ces nouveaux espaces de paroles que sont des communautés virtuelles de santé face aux acteurs numériques.

## RÉFÉRENCES

- Akerkar, S., Bichile, L. (2004), "Doctor Patient Relationship: Changing Dynamics in the Information Age", *Journal of Postgraduate Medicine*, vol. 50, n°2, p. 120-122.
- Akrich, M., Méadel, C. (2009), « Les échanges entre patients sur l'Internet », *La presse médicale*, vol. 38, n°10, p. 1484-1490.
- Angehrn, A. (1997), "Designing Mature Internet Business Strategies: The ICDT Model", *European Management Journal*, vol. 15, n°4, p. 361-369.
- Armstrong, A., Hagel, J. (1996), "The Real Value of Online Communities", *Harvard Business Review*, vol. 74, n°5/6, p. 134-141.
- Audrain, A-F., Menvielle L. (2017), Do online health communities enhance patient-physician relationship? An assessment of the impact of social support and patient empowerment. *Health services management research*, 0951484817748462.
- Bagozzi, R. P., Dholakia, U. M. (2002), "Intentional Social Action in Virtual Communities", *Journal of Interactive Marketing*, vol. 16, n°2, p. 2-21.
- Bartikowski, B. Merunka, D. (2015), "Modeling the Effects of the Three Dimensions of Trust towards the E-Vendor on Online Consumer Behavior", *Systèmes d'Information & Management*, vol. 20, n°1, p. 9-30.
- Bernhardt, J. M., Lariscy, R. A. W., Parrott, R. L., Silk, K. J., Felter, E. M. (2002), "Perceived Barriers to Internet-Based Health Communication on Human Genetics", *Journal of Health Communication*, vol. 7, n°4, p. 325-340.
- Berry, L.L. (1995), "Relationship Marketing of Services: Growing Interest, Emerging Perspectives", *Journal of the Academy of Marketing Science*, vol. 23, n°4, p. 236-245.
- Berry, L. L., Parish, J. T., Janakiraman, R., Ogburn-Russell, L., Couchman, G. R., Rayburn, W.L., Grisel, J. (2008), "Patients' Commitment To Their Primary Physician And Why It Matters", *The Annals of Family Medicine*, vol. 6, n°1, p. 6-13.
- Bourdieu, P. (1980), « Le capital social », *Actes de la recherche en sciences sociales*, vol. 31, n°1, p. 2-3.
- Bronner, F., de Hoog, R. (2011), "Vacationers and E-wom: Who Posts, and Why, Where, and What?", *Journal of Travel Research*, vol. 50, n°1, p. 15-26.
- Burt, R. S. (1995), « Le capital social, les trous structureux et l'entrepreneur », *Revue française de sociologie*, vol. 36, n°4, p. 599-628.
- Camacho, N., Landsman, V., and Stremersch, S. (2010), "The connected patient" in S. Wuyts, M. G. Dekimpe, E. Gijsbrechts, F. Pieters (eds), *The connected customer: The changing nature of consumer and business markets*, New York (NY): Routledge, p. 107-140.
- Cassan, M., Douangmanivanh, E., Crouton, M. (2016), « Usages et attentes des Français à l'égard du digital en matière d'information sur leur santé », Ipsos – MSD Medelli, n°16-0300286-01, Rapport d'étude, 31 p.
- Chung, J. Y., Buhalis, D. (2008), "Web 2.0: A study of online travel community", in P. O'Connor, W. Höpken & U. Gretzel (eds.), *Information and Communication Technologies in Tourism 2008: Proceedings of the International Conference in Innsbruck, Austria, 2008*, Vienna: Springer Vienna, p. 70-81.

- Churchill, G. A. (1979), "A Paradigm for Developing Better Measures of Marketing Constructs", *Journal of marketing research*, vol. 16, n°1, p. 64-73.
- Corritore C. L., Kracher B., Wiedenbeck, S. (2003), "On-Line Trust: Concepts, Evolving Themes, a Model", *International Journal of Human Computer Studies*, vol. 58, n°6, p. 737-758.
- Corritore, C. L., Wiedenbeck, S., Kracher, B., Marble, R. P. (2007), "Online Trust and Health Information Websites", Proceedings of the SIGHCI - Special Interest Group on Human Computer Interaction 2007, p. 20.
- Cova, B., Pace, S. (2006), "Brand Community of Convenience Products: New Forms of Customer Empowerment—The Case my Nutella the Community", *European Journal of Marketing*, vol. 40, n°9/10, p. 1087-1105.
- Cucchi, A., Fuhrer, C. (2011), « Capital social et usage des technologies de l'information et de la communication (TIC): une analyse par les réseaux sociaux », *Management & Avenir*, vol. 5, n°45, p. 179-206.
- Davis, F. (1989), "Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology", *MIS quarterly*, vol. 13, n°3, p. 319-340.
- Davis, F., Bagozzi, R., Warshaw, P. (1989), "User Acceptance of Computer Technology: a Comparison of Two Theoretical Models", *Management science*, vol. 35, n°8, p. 982-1003.
- De Valck, K., Van Bruggen, G. H., Wierenga, B. (2009), "Virtual Communities: a Marketing Perspective", *Decision Support Systems*, vol. 47, n°3, p. 185-203.
- Dedding, C., van Doorn, R., Winkler, L., Reis, R. (2011), "How Will E-Health Affect Patient Participation in the Clinic? A Review of E-Health Studies and the Current Evidence for Changes in the Relationship between Medical Professionals and Patients", *Social Science & Medicine*, vol. 72, n°1, p. 49-53.
- Demiris, G. (2006), "The Diffusion of Virtual Communities in Health Care: Concepts and Challenges", *Patient education and counseling*, vol. 62, n°2, p. 178-188.
- Dholakia, U. M., Bagozzi, R. P., Pearo, L. K. (2004), "A Social Influence Model of Consumer Participation in Network-and Small-Group-Based Virtual Communities", *International journal of research in marketing*, vol. 21, n°3, p. 241-263.
- Doney, P. M., Cannon, J. P. (1997), "An Examination of the Nature of Trust in Buyer-Seller Relationships", *Journal of Marketing*, vol. 61, n°2, p. 35-51.
- Doridot, J. F. (2017), *Internet ne remplace pas encore le médecin*, Ipsos Affaires Publiques, Rapport d'étude, 119 p.
- Dumez, H., Minvielle, É. (2017), "L'e-santé rend-elle la démocratie sanitaire pleinement performative ?". *Systèmes d'information & management*, vol. 22, n°1, p. 9-37.
- Dutta-Bergman, M. J. (2004), "The Impact of Completeness and Web Use Motivation on the Credibility of E-Health Information", *Journal of Communication*, vol. 54, n°2, p. 253-269.
- Ebner, W., Leimeister, J. M., Krcmar, H. (2009), "Community Engineering for Innovations: The Ideas Competition as a Method To Nurture a Virtual Community for Innovations", *R&D Management*, vol. 39, n°4, p. 342-356.
- Erdem, S. A., Harrison-Walker, L. J. (2006), "The Role of the Internet in Physician–Patient Relationships: The Issue of Trust", *Business Horizons*, vol. 49, n°5, p. 387-393.
- Esquivel, A., Meric-Bernstam, F., Bernstam, E. (2006), "Accuracy and Self-Correction of Information Received From an Internet Breast Cancer List: Content Analysis", *BMJ*, vol. 332, n°7547, p. 939-942.
- Eysenbach G. (2008), "Medicine 2.0: Social Networking, Collaboration, Participation, Apomediation, and Openness", *Journal of medical Internet research*, vol. 10, n°3
- Eysenbach, G. (2007), "Credibility of Health Information and Digital Media: New Perspectives and Implications for Youth", in Digital Media, Youth, and Credibility, M. J. Metzger and A. J. Flanagin (Eds), The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation Series on Digital Media and Learning. Cambridge, MA: The MIT Press, p. 123–154.

- Eysenbach, G., Powell, J., Englesakis, M., Rizo, C., Stern, A. (2004), "Health Related Virtual Communities and Electronic Support Groups: Systematic Review of the Effects of Online Peer To Peer Interactions", *BMJ*, vol. 328, n°7449, p. 1166
- Feldman, J. M., Lynch, J. G. (1988), "Self-Generated Validity and Other Effects of Measurement on Belief, Attitude, Intention and Behavior", *Journal of applied Psychology*, vol. 73, n°3, 421-435.
- Fishbein, M. (1980), "A Theory of Reasoned Action: Some Applications and Implications", in H. Howe and M. Page (Eds), Nebraska Symposium on Motivation, Lincoln (NB): University of Nebraska Press, pp. 65-116.
- Fogg, B., Soohoo, C., Danielson, D. R., Marable, L., Stanford, J., Tauber, E. R. (2003), "How do users evaluate the credibility of Web sites? a study with over 2,500 participants", *Proceedings of the 2003 conference on Designing for user experiences*, San Francisco, California — June 06 - 07, p. 1-15
- Fornell, C., Larcker, D. F. (1981), "Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error", *Journal of marketing research*, vol. 18, n°1, p. 39-50.
- Fritch, J. W., Cromwell, R. L. (2001), "Evaluating Internet Resources: Identity, Affiliation, and Cognitive Authority in A Networked World", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 52, n°6, p. 499-507.
- Frost, J. H., Massagli, M. P. (2008), "Social Uses of Personal Health Information within Patientslikeme, An Online Patient Community: What Can Happen When Patients Have Access to One Another's Data", *Journal of Medical Internet Research*, vol. 10, n°3, e15.
- Gefen, D. (1997), "Building Users' Trust in Freeware Providers and The Effects of This Trust on Users' Perceptions of Usefulness, Ease of Use and Intended Use of Freeware", thèse de Doctorat, Georgia State University, 187 p.
- Granovetter, M. S. (1973), "The Strength of Weak Ties", *American journal of Sociology*, vol. 78, n°6, p. 1360-1380.
- Greaves, F., Ramirez-Cano, D., Millett, C., Darzi, A., Donaldson, L. (2013), "Harnessing the Cloud of Patient Experience: Using Social Media to Detect Poor Quality Healthcare", *BMJ quality & safety*, vol. 22, n°3, p. 251-255.
- Griffiths, F., Cave, J., Boardman, F., Ren, J., Pawlikowska, T., Ball, R., Cohen, A. (2012), "Social Networks—The Future for Health Care Delivery", *Social Science & Medicine*, vol. 75, n°12, p. 2233-2241.
- Gummerus, J., Liljander, V. M., Pura, M., van Riel, A. C. R. (2004), "Customer Loyalty to Content-Based Web Sites: The Case of an Online Health Care Service", *Journal of Services Marketing*, vol. 18, n°3, p. 175-186.
- Gupta, S., Kim, H.-W. (2004), Virtual community: Concepts, implications, and future research directions, Proceedings of the Tenth Americas Conference on Information Systems, New York (NY), August 2004, p. 2679-2687.
- Habib, J., Béjean, M., Dumond, J. (2017), "Appréhender les transformations organisationnelles de la santé numérique à partir des perceptions des acteurs". *Systèmes d'information & management*, vol. 22, n°1, p. 39-69.
- Hardey, M. (2004), "Internet et société : reconfigurations du patient et de la médecine ? ", *Sciences Sociales et Santé*, vol. 22, n°1, p. 21-43.
- Hesse, B. W., Hansen, D., Finholt, T., Munson, S., Kellogg, W., Thomas, J. C. (2010), "Social Participation in Health 2.0", *Computer*, vol. 43, n°11, p. 45-52.
- Higgins, O., Sixsmith, J., Barry, M. M., Domegan, C. (2011), "A Literature Review on Health Information Seeking Behaviour on the Web: A Health Consumer and Health Professional Perspective", *European Centre for Disease Control*, Oct, p.1-16.
- Hoffman, D. L., Novak, T. P. (1996), "Marketing in Hypermedia Computer-Mediated Environments: Conceptual Foundations", *Journal of marketing*, vol. 60, n°3, p. 50-68.
- Homer, P. M., Kahle, L. R. (1990), "Source Expertise, Time of Source Identification and Involvement in Persuasion: An Elaborative Processing Perspective", *Journal of Advertising*, vol. 19, n°1, p. 30-39.
- Hou, J., Shim, M. (2010), "The Role of Provider-Patient Communication and Trust in On-

- line Sources in Internet Use for Health-Related Activities”, *Journal of health communication*, vol. 15, n°3, p. 186-199.
- Hovland, C., Weiss, W. (1951), “The influence of source credibility on communication effectiveness”, *Public Opinion Quarterly*, vol. 15, n°4, p. 635-650.
- Hu, L.-t., Bentler, P. M. (1998), “Fit Indices in Covariance Structure Modeling: Sensitivity to Underparameterized Model Misspecification”, *Psychological methods*, vol. 3, n°4, p. 424-453.
- Huh, J. (2015).” Clinical Questions in Online Health Communities: The Case of “See your doctor” Threads”, *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing*, p. 1488-1499.
- Hung, K., Li, S. Y., Tse, D. K. (2011), “Interpersonal Trust and Platform Credibility in a Chinese Multibrand Online Community”, *Journal of Advertising*, vol. 40, n°3, p. 99-112.
- Iverson, S. A., Howard, K. B., Penney, B. K. (2008), “Impact of internet use on health-related behaviors and the patient-physician relationship: a survey-based study and review”, *Journal of the American Osteopathic Association*, vol. 108, n°12, p. 699-711.
- Johnston, A. C., Worrell, J. L., Di Gangi, P. M., Wasko, M. (2013), “Online Health Communities: an Assessment of The Influence of Participation on Patient Empowerment Outcomes”, *Information Technology & People*, vol. 26, n°2, p. 213-235.
- Jung, N. Y., Kim, S., Kim, S. (2014), “Influence of consumer attitude toward online brand community on revisit intention and brand trust”, *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 21, n° 4, p. 581-589.
- Kaufman, J. H., Edlund, S., Ford, D. A., Powers, C. (2005), “The Social Contract Core”, *Electronic Commerce Research*, vol. 5, n°1, p. 141-165.
- Kavanaugh, A. L., Reese, D. D., Carroll, J. M., Rosson, M. B. (2005), “Weak Ties in Networked Communities”, *The Information Society*, vol. 21, n°2, p. 119-131.
- Khechine, H., Pascot, D., Prémont, P. (2006), « Le rôle de l'information sur Internet dans la consommation médicale: le cas des patients canadiens francophones et anglophones », *Systèmes d'Information & Management*, vol. 11, n°3, p. 3-35.
- Kim, J., Kim, S. (2009), “Physicians’ perception of the effects of Internet health information on the doctor-patient relationship”, *Informatics for Health and Social Care*, vol. 34, n°3, p. 136-148.
- Kozinets, R. V. (2002), “The Field behind the Screen: Using Netnography for Marketing Research in Online Communities”, *Journal of marketing research*, vol. 39, n°1, p. 61-72.
- Krcmar, H., Arnold, Y., Daum, M., Leimeister, J. M. (2002), “Virtual Communities in Health Care: The Case of «krebsgemeinschaft.de»”, *ACM SIGGROUP Bulletin*, vol. 23, no 3, p. 18-23.
- Kreps, G. L., Neuhauser, L. (2010), “New Directions in eHealth Communication: Opportunities and Challenges”, *Patient education and counseling*, vol. 78, n°3, p. 329-336.
- Kriegel, J., Schmitt-Rüth, S., Güntert, B., Malloy, P. (2013), “New Service Development in German and Austrian Health Care—Bringing E-Health Services Into the Market”, *International Journal of Healthcare Management*, vol. 6, n°2, p. 77-86.
- Lee, F. S., Vogel, D., Limayem, M. (2003), “Virtual Community Informatics: A Review and Research Agenda”, *Journal of Information Technology Theory and Application*, vol. 5, n°1, p.47-61.
- Leimeister, J. M., Ebner, W., Krcmar, H. (2005), “Design, Implementation, and Evaluation of Trust-Supporting Components in Virtual Communities for Patients”, *Journal of Management Information Systems*, vol. 21, n°4, p. 101-131.
- Leimeister, J. M., Schweizer, K., Leimeister, S., Krcmar, H. (2008), “Do Virtual Communities Matter for the Social Support of Patients? Antecedents and Effects of Virtual Relationships in Online Communities”, *Information Technology & People*, vol. 21, n°4, p. 350-374.
- Lu, H.-Y., Shaw, B. R., Gustafson, D. H. (2011), “Online Health Consultation: Examining Uses of an Interactive Cancer Communication Tool by Low-Income Women with Breast Cancer”, *International Journal of Medical Informatics*, vol. 80, n°7, p. 518-528.

- Lu, Y., Zhao, L., Wang, B. (2010), "From Virtual Community Members to C2C E-Commerce Buyers: Trust in Virtual Communities and Its Effect on Consumers' Purchase Intention", *Electronic Commerce Research and Applications*, vol. 9, n°4, p. 346-360.
- Mahr, D., Lievens, A. (2012), "Virtual Lead User Communities: Drivers of Knowledge Creation for Innovation", *Research policy*, vol. 41, n°1, p. 167-177.
- Marangunic, N., Granic, A. (2015), "Technology Acceptance Model: A Literature Review From 1986 To 2013", *Universal Access in the Information Society*, vol. 14, n°1, p. 81-95.
- McCole, P., Ramsey, E. and Williams, J. (2010), "Trust considerations on attitudes towards online purchasing: the moderating effect of privacy and security concerns", *Journal of Business Research*, vol. 63, n°9/10, pp. 1018-1024.
- McMullan, M. (2006), "Patients Using the Internet to Obtain Health Information: How This Affects the Patient-Health Professional Relationship", *Patient Education and Counseling*, vol. 63, n°1, p. 24-28.
- McQuitty, S. (2004), "Statistical Power and Structural Equation Models in Business Research", *Journal of Business Research*, vol. 57, n°2, p. 175-183.
- Méadel, C., Akrich, M. (2011), « Internet, tiers nébuleux de la relation patient-médecin », *Les Tribunes de la santé*, n°4, p. 41-48.
- Méda, D. (2002), « Le capital social : un point de vue critique », *L'Économie politique*, vol. 14, n°2, p. 36-47.
- Menvielle, L., Menvielle, W., Audrain-Pontevia, A.-F. (2016), « Effets de la fréquence d'utilisation des communautés virtuelles de patients sur la relation patients-médecins », *Journal de gestion et d'économie médicales*, vol. 34, n°8, p. 431-452.
- Menvielle, L., Menvielle, W., Audrain-Pontevia, A.-F. [Eds], « The Digitalization of Healthcare, *New Challenges and Opportunities*, London, Palgrave MacMillan, 2017, 454 p.
- Morgan, R., Hunt, S. (1994), "The Commitment-Trust Theory of Relationship Marketing", *Journal of marketing*, vol. 58, July, p. 20-38.
- Nambisan, P., Nambisan, S. (2009), "Models of Consumer Value Cocreation in Health Care", *Health care management review*, vol. 34, n°4, p. 344-354.
- Nonnecke B., Preece J. (2003), "Silent Participants: Getting to Know Lurkers Bette", In Lueg C., Fisher D. (eds), *From Usenet to CoWebs. Computer Supported Cooperative Work*. Springer, London, p. 110-132
- Nunnally, J. C. (1978), *Psychometric theory*, 2nd ed., New York (NY): McGraw-Hill, 701 p.
- Oliver, R. L. (1980), "A Cognitive Model of the Antecedents and Consequences of Satisfaction Decisions", *Journal of marketing research*, vol. 17, July, p. 460-469.
- Ologeanu-Taddei, R., Paré, G. (2017), "Technologies de l'information en santé: un regard innovant et pragmatique", *Systèmes d'information & management*, vol. 22, n°1, p. 3-8.
- Ostrom, A. L., Parasuraman, A., Bowen, D. E., Patricio, L., Voss, C. A. (2015), "Service research priorities in a rapidly changing context", *Journal of Service Research*, vol. 18, n°2, p. 127-159.
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J.-Y., Podsakoff, N. P. (2003), "Common Method Biases in Behavioral Research: A Critical Review of the Literature and Recommended Remedies", *Journal of applied Psychology*, vol. 88, n°5, p. 879-903.
- Porter, C. E. (2004), "A Typology of Virtual Communities: A Multi-Disciplinary Foundation for Future Research", *Journal of Computer-Mediated Communication*, vol. 10, n°1
- Powell, J. A., Darvell, M., Gray, J. A. M. (2003), "The Doctor, The Patient and The World-Wide Web: How The Internet is Changing Healthcare", *Journal of the Royal Society of Medicine*, vol. 96, n°2, p. 74-76.
- Preece, J., Maloney-Krichmar, D., Abras, C. (2003), "History of emergence of online communities", In B. Wellman (Ed.), *Encyclopedia of Community*, Great Barrington (MA): Berkshire Publishing Group, Sage, p. 1-11.
- Proulx, S. (2006), « Les communautés virtuelles: ce qui fait lien », in S. Proulx, L. Poissant & M. Sénécal (Éds.), *Communautés virtuelles*:

- penser et agir en réseau*, Québec : Presses de l'Université Laval, p. 13-25.
- Putnam, R. D. (1995), "Bowling Alone: America's Declining Social Capital", *Journal of Democracy*, vol. 6, n°1, p. 65-78.
- Rheingold, H. (1993), *The Virtual Community: Finding Connection in a Computerized World*, Boston, (MA): Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 325 p.
- Ridings, C., Gefen, D., Arinze, B. (2002), "Some Antecedents and Effects of Trust in Virtual Communities", *The Journal of Strategic Information Systems*, vol. 11, n°3-4, p. 271-295.
- Safran, D. G. (2003), "Defining The Future Of Primary Care: What Can We Learn From Patients?", *Annals of Internal Medicine*, vol. 138, n°3, p. 248-255.
- Schlesinger, M., Grob, R., Shaller, D. (2015), "Using patient-reported information to improve clinical practice", *Health Services Research*, vol. 50, suppl. 2, p. 2116-2154.
- Shang, R.-A., Chen, Y.-C., Liao, H.-J. (2006), "The Value of Participation in Virtual Consumer Communities on Brand Loyalty", *Internet Research*, vol. 16, n°4, p. 398-418.
- Silber, D. (2009), « Médecine 2.0 : les enjeux de la médecine participative », *La presse médicale*, vol. 38, n°10, p. 1456-1462.
- Sillence, E., Briggs, P., Fishwick, L., Harris, P. (2004), "Trust and mistrust of online health sites", Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Vienna, Austria, April 24 - 29, 2004, p. 663-670.
- Spaulding, T.J. (2010), "How Can Virtual Communities Create Value for Business?", *Electronic Commerce Research and Applications*, vol. 9, n°1, p. 38-49.
- Sproull, L., Kiesler, S., Kiesler, S. B. (1992), *Connections: New Ways of Working in the Networked Organization*, Cambridge: MIT press, 212 p.
- Steenkamp, J.-B. E., Van Trijp, H. C. (1991), "The Use of LISREL in Validating Marketing Constructs", *International journal of research in marketing*, vol. 8, n°4, p. 283-299.
- Teas, R. K., Wong, J. K. (1996), "A Test Of The Effects of Retail Store Rating Context on the Stability of Alternative Multientity Scaling Methods", *International journal of research in marketing*, vol. 13, n°1, p. 17-28.
- Thoër, C. (2013), « Internet : un facteur de transformation de la relation médecin-patient ? », *Revue Internationale Communication sociale et publique*, vol. 10, p. 1-24.
- Thom, D. H., Campbell, B. (1997), « Patient-physician trust: an exploratory study », *Journal of Family Practice*, vol. 44, n°2, p. 169-177.
- Tung, L., Tan, P., Chia, P., Koh, Y., Yeo, H.-L. (2001), "An empirical investigation of virtual communities and trust", *Proceedings of the 22nd International Conference on Information Systems*, New Orleans, Louisiana, December 16-19th, paper 35, p. 1-15.
- Van der Eijk, M., Faber, M. J., Aarts, J. W. M., Kremer, J. A. M., Munneke, M., Bloem, B. R. (2013), "Using Online Health Communities to Deliver Patient-Centered Care to People With Chronic Conditions", *Journal of Medical Internet Research*, vol. 15, n°6, e115.
- Van Oerle, S., Mahr, D., Lievens, A. (2016), "Coordinating Online Health Communities for Cognitive and Affective Value Creation", *Journal of Service Management*, vol. 27, n°4, p. 481-506.
- Venkatesh V, Morris M., Davis G. (2003), «User Acceptance of Information Technology: Toward A Unified View», *MIS Quarterly*, vol. 27, n°3, p. 425-478.
- Venkatesh, V. (2000), "Determinants of perceived ease of use : Integrating control, intrinsic motivation, and emotion into the technology acceptance model", *Information systems research*, vol. 11, n°4, p. 342- 365.
- Wald, H. S., Dube, C. E., Anthony, D. C. (2007), "Untangling The Web--The Impact Of Internet Use on Health Care and The Physician-Patient Relationship", *Patient Education and Counseling*, vol. 68, n°3, p. 218-224.
- Wang, Y., Fesenmaier, D. R. (2004), "Modeling Participation in an Online Travel Community", *Journal of Travel Research*, vol. 42, n°3, p. 261-270.
- Wang, Z., Walther, J. B., Pingree, S., Hawkins, R. P. (2008), "Health Information, Credibility, Homophily, and Influence via the Internet:

- Web Sites versus Discussion Groups”, *Health Communication*, vol. 23, n°4, p. 358-368.
- Warnick, B. (2004), “Online Ethos: Source Credibility in an “Authorless” Environment”, *American Behavioral Scientist*, vol. 48, n°2, p.256-265.
- Wathen, C. N., Burkell, J. (2002), “Believe It or Not: Factors Influencing Credibility on The Web”, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 53, n°2, p. 134-144.
- Weber, J. C. (2012), « L'impact de l'Internet sur la relation médecin-malade », *Éthique & Santé*, vol. 9, n°3, p. 101-106.
- Wilkie, W.L., (1994), *Consumer Behavior*, 3rd. ed., New York: John Wiley & Sons, 784 p.
- Ybarra, M. L., Suman, M. (2006), « Help Seeking Behavior and the Internet: A National Survey”, *International journal of medical informatics*, vol. 75, n°1, p. 29-41.
- Zhang, G., Preacher, K. J. and Luo, S. (2010), “Bootstrap Confidence Intervals for Ordinary Least Squares Factor Loadings and Correlations in Exploratory Factor Analysis”, *Multivariate Behavioral Research*, vol. 45, p. 104–134.
- Zhao, J., Wang, T., Fan, X. (2015), “Patient Value Co-Creation in Online Health Communities: Social Identity Effects on Customer Knowledge Contributions and Membership Continuance Intentions in Online Health Communities”, *Journal of Service Management*, vol. 26, n°1, p. 72-96.

## ANNEXE : CONSTRUITS ET MESURES

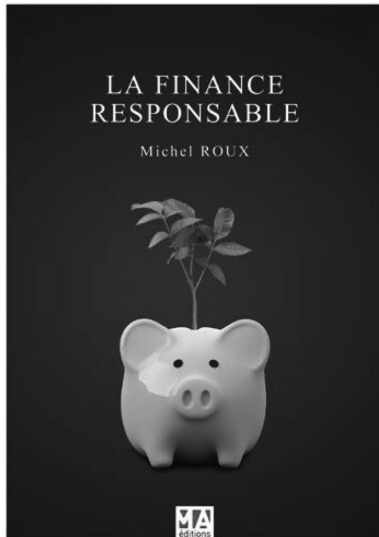
Items et construits	Source
<b>Crédibilité à l'égard de la communauté virtuelle (CVS)</b>	
Expertise : Les communautés en ligne de patients donnent des informations dont j'ai besoin Les informations fournies par les communautés en ligne de patients sont exactes Intégrité : Les communautés en ligne de patients ne font pas mauvais usage des informations personnelles Les communautés en ligne de patients agissent au nom de ses membres <sup>a</sup>	Hung et al. (2011)
<b>Confiance interpersonnelle à l'égard des informations postées sur les communautés virtuelles de santé (CVS)</b>	
Compétences : Les commentaires laissés par les membres des communautés en ligne de patients sont faciles à comprendre Les membres des communautés en ligne de patients donnent des réponses honnêtes et sincères aux questions posées Les membres des communautés en ligne de patients veulent partager leurs expériences vis-à-vis de la maladie Intégrité : Les membres des communautés en ligne de patients ont une expertise qui me permet de faire face à mes problèmes <sup>a</sup> Les membres des communautés en ligne de patients ont une bonne expertise des sujets traités <sup>a</sup>	Hung et al. (2011)
<b>Attitude à l'égard de la communauté virtuelle de santé (CVS)</b>	
Concernant les communautés de patients que vous consultez régulièrement, vous diriez que vous avez une attitude : Mauvaise // Bonne à l'égard de ces sites Concernant les communautés de patients que vous consultez régulièrement, vous diriez que vous avez une attitude : Négative // Positive à l'égard de ces sites Concernant les communautés de patients que vous consultez régulièrement, vous diriez : Je ne recommanderais pas ces sites // je recommanderais ces sites Concernant les communautés de patients que vous consultez régulièrement, vous diriez que vous avez une attitude : Favorable // Défavorable <sup>a</sup>	Bagozzi et Dholakia (2002)
<b>Attitude Médecin</b>	
Votre attitude à l'égard de votre médecin est : Défavorable // Favorable Votre attitude à l'égard de votre médecin est : Mauvaise // Bonne Votre attitude à l'égard de votre médecin est : je ne recommanderais pas mon médecin // je recommanderais mon médecin Votre attitude à l'égard de votre médecin est : Ne m'incite pas à retourner le consulter // M'incite à retourner le consulter	Oliver (1980)
<b>Confiance Médecin</b>	
Mon médecin tient ses promesses L'information fournie par mon médecin est crédible Mon médecin est réellement préoccupé par l'amélioration de mon état de santé Mon médecin sait évaluer ce qui est le mieux pour ma prise en charge Mon médecin est digne de confiance Lors de prises de décisions importantes, mon médecin considère à la fois mon bien-être et le sien <sup>a</sup> Il faut être critique, par rapport à ce que me dit mon médecin, car je ne lui fais pas confiance (item inversé) <sup>a</sup> Mon médecin n'est pas toujours honnête (item inversé) <sup>a</sup>	Doney et Cannon (1997)

<sup>a</sup>Item supprimé durant la procédure de purification du construit



**LA FINANCE RESPONSABLE - Michel Roux**

Préface de Jean-Louis BARCEL, Président du Crédit Coopératif


 MA  
éditions


Comment décrypter et mieux comprendre l'univers complexe et croissant de la finance responsable, cette pratique qui se présente comme une alternative ?

De la solidarité du XIX<sup>e</sup> siècle aux greens bonds et au crowdfunding aujourd'hui, en passant par l'Investissement Socialement Responsable du XX<sup>e</sup> siècle, la finance responsable a, parfois, été détournée de ses valeurs historiques. Néanmoins, elle est en capacité de compléter la panoplie du financement de l'économie dans une véritable quête de sens.

Destiné à un vaste public, de l'étudiant au chercheur et au manager, cet ouvrage démontre, avec l'apport des nouvelles technologies du numérique, que la finance responsable peut réconcilier économie et humain.

Structuré en trois parties et avec de nombreux exemples, ce nouvel opus traite de l'ensemble des aspects de la finance responsable. Il aborde, successivement, les risques et les incertitudes de cette pratique économique à travers sa mise en perspective, analyse ses différents acteurs, produits, outils et marchés, de la recherche à la promotion et à la distribution. Enfin, il s'interroge, dans la dernière partie, sur les défis et les enjeux de cette pratique et sur la possibilité d'une finance à la fois durable, responsable et rentable.

Ce livre, par son approche à la fois théorique et pratique, apporte aux lecteurs professionnels, étudiants en grandes écoles ou en masters universitaires, des outils et des pistes de réflexion aptes à développer leurs potentialités dans les domaines comportemental, commercial et de responsabilités managériales.

**Michel Roux** est doyen honoraire de l'Université Paris 13 – Sorbonne-Paris-Cité - ancien directeur de mention de masters en banque, finance, assurance et de la spécialité comptabilité-contrôle-audit. Il est également membre du Centre d'économie Paris-Nord (unité de recherche mixte – CNRS n° 7234). Il a été directeur de la valorisation de l'université Paris 13. Professionnel de la banque, il a publié de nombreux articles et ouvrages sur le management de la banque et la finance éthique. Il est cofondateur du Groupe international de recherche en éthique financière et fiduciaire basé à Montréal ([www.giref.uqam.ca](http://www.giref.uqam.ca)). Il est administrateur/responsable du Prix de thèse annuel de l'Association Nationale des Docteurs en Sciences Économiques et en Gestion (ANDESE). Il est membre du Centre des Professions Financières et membre du Comité de rédaction de sa revue « l'Année des Professions Financières » (Revue Banque Edition). Il est vice-président de l'Association Française de Gouvernement d'Entreprise (AFGE). Avocat, il enseigne toujours le droit bancaire, l'économie bancaire et l'éthique (au CNAM, à la Faculté de Droit de l'Université de Strasbourg, au Centre de Formation de la Profession Bancaire...).

**BON DE COMMANDE**

Je désire recevoir ..... exemplaire(s) de l'ouvrage : « **LA FINANCE RESPONSABLE** » par **Michel ROUX** - Code EAN 978-2-8224-0564-5

Prix : 24,90 € + 1,00 € de frais de port, soit ..... € x ..... exemplaire(s) = ..... €

Je joins mon règlement à l'ordre des Editions ESKA :  chèque bancaire

Carte Bleue Visa n° .....  Date d'expiration : .....

Signature obligatoire :

par Virement bancaire au compte des Editions ESKA

Etablissement BNP PARIBAS – n° de compte : 30004 00804 00010139858 36

IBAN : FR76 3000 4008 0400 0101 3985 836 BIC BNPAFRPPCE

Je souhaite recevoir une Convention de formation

**Société / Nom, prénom** : .....

**Adresse** : .....

**Code postal** : ..... **Ville** : ..... **Pays** : .....

**Tél.** : ..... **Fax** : ..... **E-mail** : .....

Veillez retourner votre bon de commande accompagné de votre règlement à l'adresse suivante :

MA Editions - ESKA – Contact : [adv@eska.fr](mailto:adv@eska.fr)

12, rue du Quatre Septembre – 75002 Paris - France - Tél. : 01 42 86 55 75 - Fax : 01 42 60 45 35

# “Too Fast, Too Furious” ? Trading algorithmique et instabilité des marchés financiers

Lise Arena\*, Nathalie Oriol\* & Iryna Veryzhenko\*\*

\* Université Côte d’Azur, CNRS, GREDEG

\*\* Labex Réfi, LIRSA, CNAM, France

## RÉSUMÉ

*En quoi les stratégies de trading algorithmique peuvent-elles expliquer la propagation de flash crashes sur le marché financier ? L’originalité de traiter cette question réside dans le besoin de croiser deux champs disciplinaires : la finance de marché et la gestion des systèmes d’information. Cet article se fonde sur une approche de simulation multi-agents construite à partir d’une catégorisation réaliste des stratégies des traders, de leurs recours aux systèmes de trading algorithmique et du rôle des systèmes transactionnels d’appariement au niveau du marché. Parmi les résultats exposés, nous montrons qu’en favorisant les stratégies fondées sur la vitesse, l’usage des nouvelles technologies peut porter atteinte à la résilience et à la stabilité des marchés face à de potentiels chocs opérationnels intra journaliers. Nous montrons également, à travers l’illustration de la décimalisation, les conséquences d’un changement de règle sur l’anatomie du crash, et le rôle des systèmes de traitement transactionnels dans la propagation de ces crises financières d’un genre nouveau.*

**Mots-clés :** *Stratégies de trading haute fréquence, Flash crash, Systèmes d’information, Approche multi-agents.*

## ABSTRACT

*To what extent can algorithmic trading-based strategies explain the propagation of flash crashes on financial markets? This question has to be discussed at the intersection of two disciplinary fields: management of information systems and finance. Built on realistic assumptions on traders’ strategies, on their use of algorithmic information systems and considering the role of transactions systems at the market level, an agent-based approach is presented. Final results show that speed-oriented trading strategies and the increasing use of new trading technologies can arm markets’ stability and resiliency, facing intraday operational shocks. The article also shows the central role played by transactions systems in the propagation of flash crashes, when a new regulation based on the principle of decimalization is introduced.*

**Keywords:** *High frequency trading strategies, Flash crash, Information technologies, Agent-based approach.*

## INTRODUCTION

L'informatisation des services d'investissement et l'adaptation des technologies des intermédiaires sur les marchés financiers ont engendré de profonds changements organisationnels. Cette informatisation croissante ne s'est pas faite sans heurts, initiant une course aux armements technologiques sans précédent de la part des entreprises d'investissement. Les stratégies – en particulier celles dites de « faible latence » ou « haute-fréquence » – fondées sur des nouvelles formes de systèmes d'information d'aide à la décision – sont devenues légions depuis une dizaine d'années. Utilisant de puissants algorithmes, ces stratégies consistent à exploiter des micro-variations de marché sur un laps de temps très court, de l'ordre de la milliseconde. De manière concomitante, les marchés financiers internationaux ont observé l'apparition de phénomènes d'instabilité aux caractéristiques inédites : les flash crashes, un plongeon violent suivi d'une remontée quasi instantanée du niveau d'un indice ou d'un panier de titres. Le premier répertorié a été observé le 6 mai 2010. A cette date, aux environs de 14h, le Dow Jones a plongé de 10% avant de retrouver quasiment son niveau d'origine, le tout en l'espace de vingt minutes. Cet événement extrême est, depuis, loin d'être un cas isolé. A chaque événement, l'élément déclencheur supposé n'a jamais été commun : *fat finger*, annonces macroéconomiques, fausses rumeurs, emballement opérationnel d'un opérateur, ordre de trop grande taille... Cette hétérogénéité en termes d'origine et la disparité des événements ont rendu difficile une définition et une circonscription générique du phénomène. Cependant, les initiatives réglementaires qui ont vu le jour à la suite du 6 Mai 2010, notamment en ce qui concerne la mise en place de coupe-circuit, portent sur un seuil d'au moins 5% de perte *intraday* sur un titre ou un panier

de titres. Au-delà de ces seuils délimitant implicitement la notion de flash crash, le phénomène de mini-flash crash, bien que médiatiquement et quantitativement plus confidentiel, s'est également démultiplié depuis 2007. Chaque jour ou presque, sur un marché, un titre et pendant quelques secondes ou minutes, les dynamiques de prix, vacillent pour revenir rapidement à la normale.

Dans cette nouvelle mécanique de formation des prix, les régulateurs jouent une place centrale et délicate en étant à la fois juges assumés et partis involontaires. En favorisant ouverture et décentralisation des marchés, ainsi que la décimalisation des prix, les anciens chantiers réglementaires ont ouvert la porte, courant des années 2000, à l'expansion massive de ces stratégies (MacGowan, 2010). Alors qu'il est aujourd'hui question de réguler ces comportements et de juguler l'instabilité qui semble en découler, la difficulté de la tâche repose à la fois sur le fait de choisir la règle adaptée, mais également dans la faculté à en appréhender l'effet papillon. Les marchés financiers peuvent être, en effet, définis comme des systèmes sociotechniques à la fois complexes et adaptatifs (Somerville *et al.*, 2012, Cliff & Northrop, 2011), où les dynamiques de prix sont induites par la combinaison des composantes humaines, technologiques et architecturales. Ainsi l'originalité – mais aussi la difficulté – de traiter la place de la régulation réside dans le besoin de croiser deux champs disciplinaires qui se développent encore trop souvent de manière isolée : la gestion des systèmes d'information et la finance de marché. Il ne s'agit donc pas ici, dans une perspective exclusive de finance de marché, d'analyser la formation des prix ou de nous concentrer, au contraire, dans une perspective de gestion des SI, uniquement sur les nouveaux logiciels algorithmiques, en réduisant l'analyse à leurs usages. Il s'agit surtout de mieux comprendre l'anatomie (propagation et

résorption) des flash crashes sous l'angle de micro-phénomènes ancrés dans les attitudes, les comportements et les usages technologiques des traders et de leurs stratégies. Nous utilisons dans cet objectif les simulations multi-agents, offrant à la fois une capacité de reproduction et donc d'analyse d'un choc en *intraday*, mais également de tests réglementaires.

L'article s'articule en trois parties. La première partie rend compte de l'évolution contemporaine des systèmes d'information sur les marchés financiers. Cette partie décrit les tendances récentes des stratégies des traders, en retraçant le passage de la finance humaine à la finance algorithmique, avant d'exposer les nouvelles pratiques technologiques du métier de trader puis, plus particulièrement, l'anatomie des flash crashes et du trading automatisé. La deuxième partie de l'article explicite une tentative de rapprochement entre les domaines de la gestion des systèmes d'information et de la finance de marché en dressant un état des lieux des travaux existants et en justifiant le recours à une approche multi-agents. La troisième partie de la réflexion présente le modèle multi-agents et les résultats de la recherche. Les simulations impliquent une reproduction d'un choc opérationnel *intraday* avec différentes populations d'agents, ainsi qu'un changement de règle transactionnelle permettant d'en apprécier l'impact sur la profondeur du choc et la résilience du marché.

## 1. TENDANCES RÉCENTES DE L'INFORMATISATION DES MARCHÉS FINANCIERS

L'appréhension des caractéristiques sociotechniques des marchés financiers passe par une meilleure compréhension de l'évolution des innovations technologiques et informationnelles, de leurs usages et

ainsi de leurs rôles dans les stratégies de trading. Trois niveaux d'analyse participent à cette meilleure compréhension : (1.1) le recours aux SI pour organiser l'appariement sur le marché, d'une part, et pour assister les décisions de trading, d'autre part ; (1.2) l'émergence de nouvelles stratégies fondées sur l'usage des outils d'aide aux décisions de trading et (1.3) l'analyse des dynamiques de prix contemporaines consécutives à ces tendances technologiques, institutionnelles et comportementales, particulièrement les phénomènes d'instabilité.

### 1.1. SI transactionnels et SI d'aide à la décision

La dynamique des marchés financiers fait apparaître deux formes de systèmes d'information qui concourent à l'articulation entre nouvelles stratégies de trading et instabilité des marchés. Il s'agit d'une part de systèmes opérationnels (qualifiés ici de « systèmes de traitement transactionnels » – STT) qui participent à l'opérationnalisation des transactions au niveau macro et donc à l'appariement des marchés. D'autre part, le recours à des systèmes d'information d'aide à la décision (SAD) se multiplie comme aide externe aux décisions de trading. Dans les deux cas, nous sommes face à deux formes de changement technologique distincts qui méritent d'être décrits ici : des marchés en réorganisation sur la base de marchés virtuels avec des carnets d'ordre devenus électroniques (STT) et des investisseurs utilisant des systèmes algorithmiques d'aide à la décision pour automatiser leurs pratiques de trading (SAD) (Jain, 2005).

#### 1.1.1. Emergence des algorithmes de marchés, organisateurs d'appariement

Les premières formes d'organisation d'échanges d'actifs financiers ont vu le jour au XVII<sup>e</sup> siècle au sein des Provinces

Unies (Pays-Bas actuels). L'agencement d'origine, dont le schéma a ensuite été dupliqué en Europe et outre-Atlantique, s'est voulu conduit par la nécessité de centralisation physique des échanges. Les achats et ventes sur titres devenant rapidement une activité quotidienne et continue, il fut nécessaire d'établir un lieu dédié de cotation et de négociation – les Bourses de Valeur – appelé parquet. S'y retrouvaient des professionnels dédiés qualifiés alors d'agents de change et dont le statut s'est rapidement institutionnalisé. Les traders historiques étaient alors caractérisés par leur appartenance à une caste d'exception, dont le roulement très réglementé sur la base d'un *numerus clausus* stricte, s'effectuait par cooptation ou par héritage familial (Godechot, Hassoun, Muniesa 2000). La véritable rupture avec cette organisation historique ne s'est instruite qu'au XX<sup>e</sup> siècle, à partir des années soixante, induisant sur un demi-siècle une transformation radicale du paysage boursier et de l'activité du trader. Cette dernière résulte de la conjonction d'une vague d'innovations technologiques majeures et d'une réglementation favorable au développement et au décloisonnement des marchés financiers. L'information essentielle à l'échange de titres (actions, obligations, dérivés...) s'est développée, complexifiée, rendant nécessaire l'industrialisation de son traitement.

Les années 2000 ont marqué un véritable tournant, notamment sur le plan des marchés européens et américains. Avec l'introduction d'un nouveau cadre réglementaire (*National Market System Regulation* aux Etats-Unis, 2005 et Directive Marchés d'Instruments Financiers en Europe, 2007), la concurrence entre les plateformes d'appariement des ordres a été introduite. Dans ce contexte, les pratiques se sont modifiées : impossible pour un être humain de gérer un portefeuille sur des places démultipliées, fragmentées et interconnectées tout en analysant toute l'information disponible

en continu. Parmi les facteurs de différenciation, la vitesse a donc été une arme concurrentielle de taille, surtout lorsque l'on sait que les plus-values appartiennent toujours à ceux qui ont détecté les futures tendances les premiers. La réduction des pas de cotation (nombre de décimales maximum caractérisant le prix d'un titre) chez certains opérateurs est allée de pair avec un gain de parts de marché, forçant toute concurrence à un alignement et permettant aux traders de réaliser des gains sur la base de mouvements de prix de plus en plus fins. D'autres opérateurs – y compris les opérateurs historiques comme le Nasdaq ou le NYSE – ont développé des services d'« ordres flashes » (service premium payant, autorisant leur souscripteur de voir les ordres en provenance d'autres participants une fraction de seconde avant que ceux-ci ne deviennent publics). Certains courtiers, bénéficiant d'accès directs au marché (par exemple le carnet d'ordre d'Euronext) du fait de leur statut de membre, ont proposé à leurs propres clients de leur faire bénéficier de cet accès (sous la forme d'un service DMA – *Direct Market Access*) afin de gagner en vitesse. A noter également le développement du phénomène de « colocation », c'est-à-dire le déménagement des serveurs des principales sociétés d'investissement juste à côté des serveurs des bourses, afin de réduire au maximum les délais de transmission.

### 1.1.2. SI d'aide aux décisions de trading – d'un usage support à un usage substitut

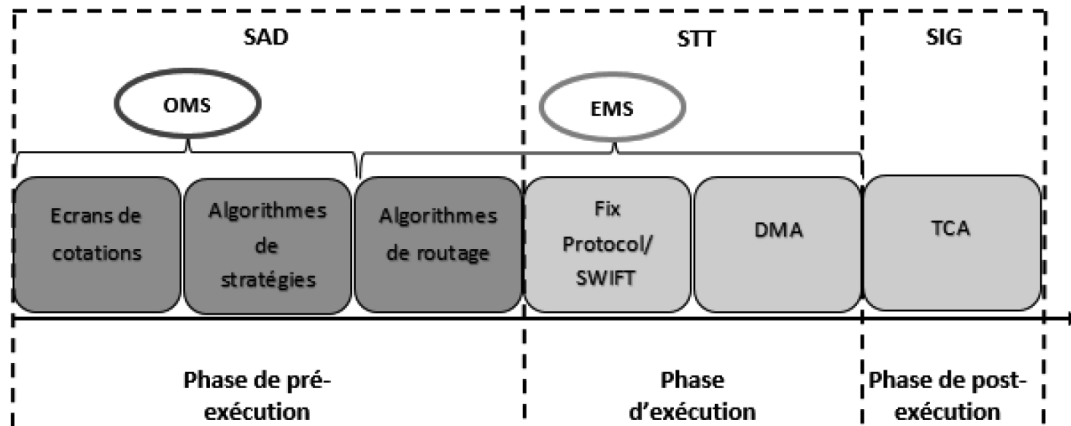
Cette évolution vers une finance institutionnelle hyper connectée et fondée sur la vitesse ne s'est pas faite sans modifier considérablement les pratiques des utilisateurs directs de ces services, et en particulier celles des traders. L'adoption de nouveaux outils d'informatique décisionnelle a non seulement profondément changé l'organisation opérationnelle de l'activité de

trading, mais également les croyances des traders. Sur le plan opérationnel, l'activité du trader consiste à prendre des positions d'achat ou de vente sur le marché. Il doit réaliser des transactions en optimisant un portefeuille de titres financiers – celui de son employeur ou celui de son client. Il détermine en continu le couple rendement-risque lié aux titres détenus. Plus sa position induit une exposition au risque de perte en capital importante, plus les possibilités de performance en cas de réussite sont élevées afin de rémunérer le risque pris. Formellement et historiquement, le trading a toujours reposé sur 4 phases : 1/ la collecte de l'information financière (*scanning*), 2/ son analyse, 3/ la décision de prise de position en découlant (passage d'ordre), puis 4/ la phase de *feedback* où l'on obtient les résultats de sa transaction (Arena, Oriol, Pastorelli, 2013). A l'origine des marchés financiers, l'intervention humaine était exclusive sur chacune de ces tâches. Sur la base des quotidiens économiques, des rumeurs et de quelques graphiques griffonnés sur un bout de papier (puis enrichis de quelques tendances avec le développement des calculatrices), les traders passaient leurs ordres sur le parquet (ou corbeille), salle emblématique où tout se déroulait de manière physique et où les émotions, frayeurs, emballements, étaient palpables et non retenus. La numérisation des échanges a permis d'industrialiser le traitement de volumes d'ordres et de données de plus en plus importants au sein des *desks*. L'adoption globale de la messagerie standardisée SWIFT ou le protocole FIX et les partenariats avec des diffuseurs de données de marchés comme Reuters, ont conduit à automatiser le traitement des phases routinières pré- (envoi des ordres aux *brokers*) et post-transaction (*feedback* et règlement/livraison de l'opération). En 1979, le premier logiciel de programmation de trading, CompuTrac, développé à partir des capacités calculatoires et de stockage

d'un des tous premiers micro-ordinateurs Apple II fut lancé, marquant le début de l'ère du trading algorithmique (*i.e.* achat/vente automatisé d'actifs en bourse par le biais de programmes codés). Les années 80, puis 90 ont démocratisé ce business d'un nouveau genre avec la commercialisation de *program trading* toujours plus innovants, autorisant l'industrialisation de stratégies statistiques de plus en plus évoluées.

La démultiplication de l'information, des instruments et des transactions financières a rapidement rendu la première et la dernière phase humainement ingérables. L'intégration progressive des automates de trading a été en premier lieu destinée à couvrir les tâches routinières de *scanning* et de *feedback*, permettant ainsi au trader de se concentrer sur son cœur de métier : l'analyse de l'information et la prise de position (phases 2 et 3). Mais le développement des capacités calculatoires des micro-ordinateurs et des potentialités des logiciels de programmation, permettant de sophistication au maximum des stratégies de *trading* sur la base d'une analyse statistique élaborée, ont rendu possible le pilotage automatique des deux dernières phases à intervention humaine. Ainsi, formellement, les systèmes d'aide à la décision représentent une partie substantielle du processus de meilleure exécution des ordres. Ces outils sont regroupés sous différentes applications qui constituent l'OMS (*Order Management Systems*), qui a pour but d'aider le *trader* à allouer ses ordres de manière optimale (cf. Figure 1). Les outils de trading algorithmique avec leur possibilité de paramétrage automatique, ainsi que les systèmes d'alerte, sont des composantes de l'OMS. Une fois la stratégie déployée, les ordres sont gérés par l'EMS (*Execution Management Systems*) dont le rôle est d'analyser l'ensemble des STT potentiels et d'identifier le meilleur moment, le meilleur lieu et la meilleure manière d'exécuter les ordres. Ces systèmes regroupent l'ensemble des technologies

**Figure 1 : Systèmes d'aide à la décision, systèmes de traitement et systèmes d'information de gestion utilisés dans les différentes phases d'exécution des ordres.**



de connectivité entre les services, comme par exemple le DMA (qui permet un accès direct au marché – Cf. *supra*), et le Fix Protocol. Les systèmes d'information de gestion (SIG) sont largement incarnés, pendant la période post-exécution, dans la phase de *feedback* (TCA – *Transaction Cost Analysis*). L'évaluation des coûts implicites et explicites de la transaction passe par le recours à un logiciel de gestion qui génère des résultats quotidiens en identifiant, mesurant et analysant ces coûts *a posteriori*. Des rapports peuvent ensuite être produits et mis à disposition des clients.

Jusqu'à la dernière décennie, le trader avait alors le choix entre le trading totalement automatique ou semi-automatique (Francis *et al.*, 2000 p.122). L'avantage était souvent donné à la version semi-automatique (l'algorithme produisant alertes et points d'entrées intéressants en suggestion, mais laissant toujours le soin au trader d'appuyer sur le bouton). En effet, la complémentarité était alors idéale entre l'humain et le robot : l'humain gardant la main, mais laissant le robot canaliser ses émotions, en

le guidant, l'avertissant et lui permettant de « *backtester* » sa stratégie (*i.e.* faire des essais virtuels pour en éprouver la réussite). Mais l'explosion du trading haute fréquence, imposant un temps de réaction de très faible latence et humainement inatteignable a initié le passage d'un usage-support, à un usage-substitut. Le trader haute-fréquence se situe aujourd'hui en dehors du processus, à son origine, en programmant l'intégralité des paramètres de l'algorithme qui deviendra alors autonome sur la base des instructions qu'on lui aura données. Ces stratégies de trading sont aujourd'hui estimées à près de 60 à 70% des volumes aux Etats-Unis, et en Europe.

#### • Innovations technologiques et innovations stratégiques

Ces usages technologiques n'ont pas évolué sans considérablement modifier la conception même des métiers et des pratiques par les traders. L'analyse fondamentale repose sur l'idée que l'évolution des prix est conforme aux mécanismes tirés de la théorie économique. Elle s'est développée dès les toutes premières formes

d’organisation des transactions financières. Ses fondements modernes remontent aux travaux de Graham et Dodd (1934), soulignant les facteurs et indices qu’un investisseur doit analyser avant de prendre position. Une évolution de paires de devise va, par exemple, s’anticiper sur la base de l’observation des taux d’intérêts ou d’inflation, comme le préconisent la parité des taux d’intérêts (PTI) ou la parité des pouvoirs d’achats (PPA). Le prix d’une action va reposer sur les rendements futurs actualisés de son entreprise émettrice. L’objectif de l’analyse fondamentale va donc être d’estimer la valeur intrinsèque d’un titre en examinant une combinaison de facteurs qualitatifs (qualité du management de la firme, gouvernance, éthique...) et quantitatifs (trésorerie, taux de croissance, fonds propres...). Une fois cette valeur de référence déterminée, elle est comparée à la valorisation des marchés. Les titres surévalués sont alors vendus, et surévalués, achetés. Le rôle des fundamentalistes est donc essentiel dans la convergence du processus de formation des prix des actifs vers leur valeur intrinsèque.

A l’inverse, le concept d’analyse technique (ou chartisme) s’est développé plus lentement à partir du début du XX<sup>e</sup>, limité par un tracé à la main des graphiques, un calcul tout aussi manuel des tendances et moyennes et la diffusion elliptique des livres des cotations passées. L’analyse technique diffère de l’analyse fondamentale dans sa finalité : celle d’identifier plutôt

des tendances ou régularités dans les cours passés qui pourraient suggérer des mouvements de prix futurs. La prise de position ne s’effectue donc pas suite à une information nouvelle et économique, mais en fonction de la croyance que les performances passées d’un titre sont des indicateurs de la performance future. Cette pratique réflexive peut engendrer une déconnexion avec les besoins de financement de l’économie réelle. L’arrivée des algorithmes aux puissantes capacités de calcul a radicalement changé la donne, permettant la production d’analyses statistiques de tendances autrement plus sophistiquées et générant un intérêt grandissant. La distinction entre les deux pratiques de trading est résumée dans le tableau 1 ci-dessous.

De nombreux articles empiriques attestent de la montée en puissance de cette population et de la démocratisation des stratégies d’analyse technique depuis les années 70 (Frankel, Froot 1987 ; Taylor, Allen 1992 ; Menkhoff *et al.*, 2012). Sur cette seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, les technologies ont donc profondément modifié et diversifié les écoles stratégiques, impliquant la mobilisation d’inputs informationnels réflexifs. Se pose alors la question des transformations des pratiques et des stratégies des traders qui ont été initiées par le THFs. Peut-on réellement parler de changement paradigmatique des stratégies déployées ?

La littérature a souligné l’important degré d’hétérogénéité des stratégies

**Tableau 1 : Distinction entre stratégies fundamentalistes et techniques.**

Pratiques d’analyse fondamentale	Pratiques d’analyse technique
<p><b>Principe</b> : Le prix d’une action repose sur les flux nets de trésorerie future (dividendes, bénéfices, cash-flows...)</p> <p><b>Objectif</b> : Estimer la valeur intrinsèque d’une action en examinant des facteurs qualitatifs et quantitatifs</p>	<p><b>Principe</b> : Le prix d’une action repose sur les performances passées de ce titre</p> <p><b>Objectif</b> : Identifier des tendances/ régularités dans les cours passés qui pourraient suggérer des mouvements de prix futurs</p>



algorithmiques et à haute fréquence (Foucault 2016). Cependant et de manière récurrente, elle propose une classification fondée sur trois catégories : la tenue de marché (afficher des prix acheteurs et vendeurs sur un actif), l'arbitrage (position à l'achat et à la vente sur plusieurs marchés ou plateformes) et les stratégies directionnelles (positions à l'achat ou à la vente sur plusieurs actifs). Ces dernières exigent de sélectionner et d'implémenter au niveau de l'algorithme un ensemble de signaux aidant à la prédiction de mouvements de prix futurs. Ces signaux peuvent être directement liés à la dynamique de prix et à l'état du carnet d'ordre (par exemple, une déviation des prix d'une moyenne mobile) et sont donc fondés sur une analyse technique. Ces signaux peuvent également se fonder sur les informations en provenance de l'économie réelle via l'analyse textuelle (Shabbir 2015). Selon Foucault (2016), ces stratégies ne sont pas nouvelles. Ce qui est nouveau est « le recours intensif aux technologies de l'information pour l'exécution de ces stratégies et la façon dont elles sont mises en œuvre ».

Il est ainsi possible de distinguer deux types d'input sur lesquels sont fondées les stratégies à haute fréquence : ceux reposant sur les données circulaires (historiques) du marché impliquant une forme de réflexivité des prix, et ceux impliquant une alimentation en données extérieures au marché (annonces macroéconomiques). Les simulations proposées dans la section 3 vont ainsi permettre la distinction de ces sous-ensembles stratégiques associés à l'usage de certaines technologies : ceux fondés sur des inputs de données de marché, et ceux fondés sur des inputs de données de l'économie réelle. La distinction particulière entre les THFs, et les autres populations sera donc quant à elle, fondée essentiellement sur les capacités des agents à concrétiser des positions à une fréquence et une vitesse supérieure aux

autres. Selon le site [zerohedge.com](http://zerohedge.com) : « Le trading sur certains titres s'opère à une latence si faible qu'ils ne peuvent être la conséquence d'une pensée humaine. [...] Certaines entités ont les capacités de poster ou annuler des ordres à la microseconde et de prendre la priorité simplement en additionnant ou réduisant une décimale de leur ordre. Les titres échangés par les humains ont tendance à s'effectuer selon une temporalité plus ample qui va de la minute à la journée ».

## 1.2. Trading algorithmique et flash crashes

L'engouement croissant pour ces automates de trading ne s'est pas fait sans effets pervers. Au sein de la littérature purement financière, de nombreux articles ont étudié l'impact du trading haute fréquence sur les différents aspects de la qualité des marchés, qu'il s'agisse de leur efficacité informationnelle, de leur liquidité ou de leur volatilité/stabilité (Dodd 2010 ; Hendershott *et al.*, 2011 ; Hendershott et Riordan, 2012 ; Hagstromer et Norden, 2013 ; Brogaard *et al.*, 2014 ; Veryzhenko *et al.*, 2016). Ces marqueurs de la qualité des marchés financiers sont intimement reliés au nombre mais également aux comportements des contreparties en présence dans le cadre de processus interactifs et cumulatifs. Bien que certaines études prouvent que ce type de stratégie améliore la liquidité et la fluidité des échanges (Hendershott *et al.*, 2011), d'autres montrent qu'une partie non négligeable de la liquidité deviendrait inaccessible aux acteurs n'étant pas dotés d'une rapidité calculatoire et d'exécution suffisante (Dodd, 2010). Au-delà de ces distorsions entre acteurs, le trading haute fréquence serait également à l'origine d'importants crashes boursiers « éclairs », fondés sur une mécanique tout à fait singulière si l'on observe les faits générateurs historiques des crashes boursiers (cf. Tableau 2).

**Tableau 2 : Tendances récentes de l'informatisation des marchés financiers.**

Période	Principaux crashes répertoriés	Caractéristiques technologiques des échanges
1900-1950	29 Octobre 1929	Telex, parquet et interactions humaines
1950-1980	28 Mai 1962	Ordinateurs, marchés électroniques et trading réflexif
Fin XX <sup>e</sup>	19 Octobre 1987	Automates, dématérialisation et trading algorithmique
Début du XIX <sup>e</sup>	6 Mai 2010	Fibre noire, colocation et trading haute fréquence

Jusqu'à la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, la technologie était faiblement intégrée au sein des activités boursières. Les différents épisodes historiques de crashes (Tulipomanie, bulle des Mers du Sud, crash de 1847 ou crash de 1929 pour les plus connus) étaient issus de défaut d'évaluation des acteurs sur une période d'ajustement assez longue. La période d'après-guerre est celle de la globalisation et de l'explosion de la finance directe. Les crashes reposent sur des mécanismes de propagation beaucoup plus importants, mais fondent toujours leurs origines sur des éléments géopolitiques ou d'évaluation (1962). Le profil des crashes commence à se modifier à partir des années 80, lorsque la technologie s'implante plus massivement. Le crash d'octobre 1987 (marchés américains d'actions) et celui de 1994 (marchés américains obligataires), bien que portant sur une mécanique et un produit différent, ont tous deux fait émerger de nouveaux responsables aux côtés des problématiques historiques des bulles et de l'évaluation erronée : les programmes de trading automatique. Ces derniers n'auraient certes pas provoqué, mais contribué à largement amplifier le phénomène de rupture en réagissant automatiquement à

une situation inédite pour leur paramétrage (Jorion, 2010).

Avec l'avènement du trading haute fréquence, des stratégies de faible latence et du haut-débit, de nouvelles situations extrêmes sont apparues, certes de courtes durées, mais à la fréquence bien plus élevée. Le plus connu à ce jour est le flash crash du 6 mai 2010 aux Etats-Unis. A l'origine de ce crash, un ordre de vente de 75000 E-mini contrats sur S&P500. Plus tard, en août 2012, le courtier américain Knight Capital perd 440 millions de dollars et provoque dans la foulée un flash crash à la bourse de New York. Une erreur opérationnelle, lors de la mise en place d'un nouvel algorithme, a provoqué l'envoi d'ordres par centaines pendant 40 minutes. Si ces deux crashes sont les plus emblématiques, ces cas sont loin d'être isolés selon l'étude menée par Nanex (société spécialisée dans la fourniture des données de marché) sur le nombre d'incidents enregistrés depuis 2007 (2576 en 2007 contre 254 en 2006 sur le Nyse). Notre objectif est donc ici d'analyser le lien entre l'instabilité croissante des marchés et l'automatisation des stratégies induites par les nouvelles pratiques technologiques.

## 2. RAPPROCHER LA RECHERCHE EN FINANCE DE MARCHÉ ET EN SI À L'AIDE DE LA MODÉLISATION MULTI-AGENTS

Depuis l'émergence de ces nouvelles formes de crash, les pratiques technologiques émergentes des traders haute-fréquence et leur conséquence sur l'organisation des marchés financiers ont été largement documentées par différentes littératures en sciences sociales ; chaque contribution ambitionnant d'y apporter un éclairage spécifique. D'une part, des travaux émergents en sociologie de la finance ("*social studies of finance*") ont commencé à s'intéresser aux pratiques professionnelles des traders au-delà de leurs techniques de trading ; l'esprit de ces contributions étant de développer une approche plus « culturelle » des marchés financiers. Certains travaux témoignent de l'existence d'écologies de pratiques de trading haute-fréquence (MacKenzie, 2014). D'autres utilisent l'analyse de discours pour montrer que le trading automatisé est davantage un arrangement de différentes communautés épistémiques qui diffèrent selon le secteur appréhendé et dont les pratiques dépendent largement de la partie prenante considérée (régulateurs, firmes de trading haute fréquence, analystes de marchés, etc.) (Seyfert, 2016). L'appréhension d'une construction de sens opérée par les acteurs des marchés financiers apparaît alors comme dénominateur commun à ces approches. Dans le même temps et plus particulièrement depuis le flash crash de 2010, les contributions en finance de marché se sont surtout traduites par des approches standards fondées sur l'évaluation du prix des actifs et les comportements des investisseurs (Beaufils *et al.*, 2009). Les approches les plus empiriques qui considèrent la vitesse associée aux nouvelles technologies de trading sont très contrastées dans leurs résultats. Par exemple, l'impact de stratégies de colocation

est évalué par certains comme ayant des effets positifs sur la liquidité (Boehmer, Fong, Wu, 2015) ; alors que d'autres travaux empiriques y associent des effets négatifs (Gai, Yao, Ye, 2013 ; Hendershott, Moulton, 2011). A ce titre, Foucault (2016) nous invite à la prudence quant à l'interprétation de résultats empiriques concernant le trading haute-fréquence. Il souligne qu'« il est rare que des chercheurs aient accès à des séries de données dans lesquelles les ordres placés par les tables de négociation de trading haute-fréquence portent une marque qui les distingue des ordres des autres acteurs du marché », les conduisant à « recourir à des méthodes indirectes afin de repérer ces ordres ».

Enfin, la littérature en gestion des systèmes d'information est beaucoup plus embryonnaire sur la question malgré une série de travaux publiés par Bruce W. Weber dès la fin des années 90. Si ces travaux se sont intéressés à l'adoption des nouvelles technologies de trading (Clemons, Weber, 1996) ; ils proposent également de comparer un système de cotation à la criée avec un système d'appariement électronique (Weber, 1999). Sur la base d'un modèle de simulation, ces travaux montraient déjà que l'utilisation d'un carnet d'ordres électronique améliorerait la qualité d'un marché financier ainsi que la satisfaction du client, en diminuant les coûts de transaction des investisseurs. Ainsi, si Weber attirait déjà l'attention sur l'importance d'étudier avec soin l'impact de systèmes alternatifs de trading par rapport à la cotation à la criée et leurs rôles dans la création d'incitations à apporter de la liquidité, peu de travaux ont continué à se développer sur cette thématique, malgré l'intérêt récent pour le domaine des Fintech. Si ces contributions initient des avancées sur la compréhension des innovations en matière de technologies de trading, elles ambitionnent un peu moins de lier la nature de ces technologies, avec les stratégies des traders et des phénomènes plus macroscopiques de type flash crash.

Kauffman et al. (2015) insistent pourtant sur la nécessité d'appréhender les trajectoires historiques d'émergence des structures et des pratiques face à la technologie. Appréhender les usages et les interactions inhérentes au processus d'adoption technologique est, selon ces auteurs, une étape méthodologique incontournable. Elle permet de dépasser des approches purement technologiques ou purement financières tronquant une partie de la réalité institutionnelle des marchés financiers. Dans une perspective de rapprochement entre des approches qui tiennent compte de l'hétérogénéité des stratégies (de type approches « culturelles ») et d'autres, plus financières, s'intéressant à l'évolution des prix, nous proposons d'utiliser la modélisation multi-agents comme méthode d'analyse. Cette forme de modélisation présente la spécificité de se construire sur des hypothèses réalistes issues de la littérature empirique et sur l'observation des stratégies des traders et de leurs usages technologiques. Au sein de ces simulations, les agents peuvent être plus ou moins dotés de capacités leur permettant de réagir plus vite que les autres (donc à forte fréquence), mais également de capacités calculatoires permettant l'élaboration de stratégies plus quantitatives (donc algorithmiques). L'utilisation du logiciel ATOM, reproduisant les règles de fonctionnement actuelles du système NSC (Nouveau Système de Cotation) d'Euronext est représentatif d'un fonctionnement classique de carnet d'ordre électronique. Ici, la problématique d'évolution des prix n'est pas exclue de l'analyse mais ne constitue qu'une conséquence des stratégies des traders. En filigrane de la discussion, la question de la règle est soulevée, avec un questionnement sur la nécessité d'orienter les traders vers une utilisation plus éthique de la technologie, stabilisatrice pour le marché financier (objectif de sécurité), sans dégrader l'efficacité des décisions de trading (objectif de performance).

Malgré l'utilisation de plus en plus fréquente de ce type d'approches en gestion, son caractère récent justifie d'en apporter ici quelques éléments de définitions et de clarification. La simulation est un outil de modélisation, qui dépasse la fonction de prédiction d'un modèle standard, et qui est assimilable à une « expérience virtuelle » (Carley, 2001), à une « carte » de la réalité qui permet de faire apparaître des éléments non-observables *a priori* (Cartier, 2003) ou encore à une « caricature » de la réalité qui donne une meilleure représentation au chercheur qu'une photographie (Roy, 2002). Pour Davis et al. (2007, p. 481), il s'agit d'une « méthode fondée sur un logiciel informatique qui permet de modéliser des opérations des processus, des systèmes et des événements du 'monde réel' » et qui « permet de créer une représentation computationnelle de la logique théorique sous-jacente qui lie les différents construits à l'intérieur de ces mondes simplifiés. Ces représentations sont ensuite codées au sein du logiciel qui est généré de manière répétitive sous des conditions expérimentales variables [...] afin d'obtenir une série de résultats ». La simulation se distingue des modèles mathématiques plus traditionnels qui sont souvent associés à une démarche réductionniste, qui impose un ensemble d'hypothèses restrictives et irréalistes (exemples : linéarité des équations de comportement, hypothèse réductrice de rationalité parfaite des agents, ou encore homogénéité des comportements humains). Les modèles de simulation présentent l'avantage de réduire ces limites de la formalisation, en acceptant la complexité inhérente d'un système, et en permettant une démarche dans laquelle des agents hétérogènes prennent des décisions qui peuvent s'éloigner de l'optimum (Cartier, 2003, p. 81). En d'autres termes, la simulation consiste en une forme artificielle d'expérimentation qui serait souvent difficile à mettre en œuvre à l'échelle d'une dynamique ou de pratiques réelles.

C'est dans cet esprit que les hypothèses de notre modèle ne sont pas pensées de manière indépendante des réalités observées. Si toute théorie doit se fonder sur des abstractions, le type d'abstraction choisi ne peut pas se décider *in vacuo* et il doit être cohérent avec un résumé des faits que le modélisateur considère pertinents pour sa problématique. Contrairement à certains modèles mathématiques traditionnels, les hypothèses n'ont pas de portée intemporelle et universelle, mais dépendent d'une durée et d'une régularité jugées suffisantes. Si les règles et les hypothèses du modèle s'appuient sur des arguments formulés par la littérature existante, le modèle doit s'articuler à la réalité pour ensuite fournir un nouvel éclairage et de nouvelles propositions à la recherche. Pour reprendre les termes de McKelvey (2002, p. 24-25), un modèle de simulation doit répondre aux principes d'adéquation analytique et ontologique. L'adéquation analytique (ou validité interne), concerne la coïncidence entre les résultats du modèle et les fondements conceptuels qui ont permis la construction du modèle (notamment par l'introduction de règles et d'hypothèses réalistes). Ainsi, d'un point de vue analytique, le modèle sera considéré comme valide s'il reproduit les résultats mis en exergue à partir d'un examen critique de la littérature. D'autre part, l'adéquation ontologique (ou validité externe) consiste à évaluer la validité d'explication de la réalité par le modèle, en comparant « les termes principaux de la structure du modèle à la portion de réalité qui se trouve au centre du modèle » (Cartier, 2003, p. 141). L'idée est ainsi de tester si la dynamique principale exprimée par le modèle de simulation peut se retrouver dans le phénomène réel venant alimenter la problématique de départ.

La littérature tend à distinguer trois grandes familles de modèles (Dooley, 2002 ; Cartier, Forgues, 2006) : les modèles multi-agents, les modèles de simulation d'événements discrets et les modèles de dynamique des

systèmes. Pour mieux comprendre les pratiques de trading algorithmique à haute fréquence par le prisme des usages technologiques, une approche multi-agents s'avère être la plus pertinente. En effet, les modèles multi-agents analysent un système composé d'agents hétérogènes qui fondent leurs choix sur ceux des autres agents, sur leurs propres croyances et sur l'évolution de leur environnement. L'un des enjeux de ce type de modèles est de permettre une simulation sociale qui clarifie le lien entre des phénomènes observés au niveau du système dans son ensemble (émergence de macro-propriétés comme les phénomènes de flash crashes) et les phénomènes locaux envisagés au niveau de l'individu (micro-interactions comme les pratiques de trading algorithmique par des traders hétérogènes). L'approche multi-agents est donc considérée comme une approche 'bottom-up' ou 'centrée-individus' qui considère que l'émergence d'un phénomène observé au niveau global est liée aux comportements et aux interactions des acteurs à un niveau local. Cette approche s'oppose à des modèles construits sur une approche 'top-down' ou 'centrée-groupe' qui ne s'attache pas à simuler des acteurs hétérogènes proches de leurs comportements réels mais qui s'intéresse davantage aux dynamiques globales de population (incluant les tendances d'évolution de prix ou de titres). L'approche multi-agents est donc préférée ici à des approches 'top-down' qui n'éclairent pas les parties constituantes du système global en réduisant ainsi *ex-ante* la complexité inhérente aux dynamiques des marchés financiers.

### 3. TRADING HAUTE-FRÉQUENCE ET FLASH CRASHES : UNE SIMULATION MULTI-AGENTS

La démarche exposée ici consiste à construire un modèle de simulation multi-

agents pour mieux comprendre le rôle des nouvelles pratiques de trading haute-fréquence, dans l'apparition de crashes *intra-day* et de mouvements extrêmes de prix suite à un choc de liquidité. Dans cette optique, nous proposons deux séries de simulation qui reproduisent un marché financier artificiel. Ces deux marchés artificiels intègrent des systèmes d'information opérationnels (STT) qui participent à l'opérationnalisation des transactions au niveau global et donc à l'appariement.

- La première série de simulations consiste à reproduire des conditions normales de marchés et constitue donc un premier benchmark (section 3.2.). Il s'agit plus particulièrement d'analyser dans quelle mesure la présence de THFs conditionne l'apparition de mouvements extrêmes de prix dans ces conditions normales.

- La deuxième série de simulations reproduit un flash crash causé par un choc opérationnel (un ordre de vente de grande taille), au sein d'une microstructure également fondée sur un carnet d'ordre électronique (section 3.3.).

Il s'agit ici de mettre au centre de l'analyse la présence de pratiques hétérogènes de trading, différenciées par leurs usages de systèmes d'aide aux décisions de trading. La vitesse d'exécution des ordres est considérée comme une conséquence directe de l'utilisation de technologies de connectivité et de routage à haute-fréquence. A cette vitesse, l'action cognitive humaine n'a pas la capacité suffisante de traitement de l'information ; ce qui implique donc des décisions de trading automatisées (usage substitut) (McGowan 2010). Au sein des simulations, le trading haute fréquence se traduit donc par un temps de parole prioritaire et une systématisation des positions à chaque pas de temps. Dans une deuxième série de simulations, c'est donc l'effet des pratiques de trading haute fréquence sur l'ampleur du crash qui est plus particulièrement

analysé. Cette deuxième série de simulations contient deux scénarios.

Le premier scénario consiste à reproduire un flash crash à la suite d'un choc de liquidité sur un marché uniquement peuplé par des agents aux mêmes capacités technologiques et inputs stratégiques (accès équivalent aux nouvelles économiques, interrogation et réaction aléatoires, et stratégies uniquement fondées sur les fondamentaux). Ce scénario a pour objectif de servir de benchmark en reflétant les conditions plus équitables et les stratégies exemptes de réflexivité qui existaient sur les marchés avant le boom technologique post-deuxième guerre mondiale. Le second scénario permet d'intégrer une hétérogénéité à la fois en termes de recours aux systèmes d'aide à la décision de trading (plus ou moins automatisés), de pratiques de trading et donc de temporalité d'exécution. Cette hétérogénéité permet d'appréhender l'influence de populations d'agents dotés de capacités de traitement de l'information et calculatoires, mais également de réactions supérieures. La microstructure est ici stabilisée entre les deux scénarios afin d'isoler et d'étudier l'impact des pratiques technologiques d'une part, et d'autre part de nous intéresser à l'impact de changement de règle si l'un des curseurs micro structurels est modifié (section 3.4.). Une simulation similaire a déjà été proposée par Brewer *et al.* (2013), mais elle repose sur un marché uniquement composé de fondamentalistes. Nous partons ici du principe que le flash crash est essentiellement relié à une caractéristique opérationnelle et que sa propagation repose sur l'activité d'agents à haute fréquence qui ne peuvent donc être exclus de l'analyse.

### 3.1. Environnement artificiel et caractéristiques transactionnelles

Nous utilisons une plateforme de simulations multi-agents **ArTificial Open Market**

(**ATOM**) (Brandouy *et al.*, 2013) offrant une grande souplesse dans l'individualisation des procédures, aussi bien au niveau de la microstructure qu'au niveau des pratiques de trading. La plateforme est alimentée par trois univers (*cf.*, Beaufilets *et al.*, 2009).

- Le monde extérieur (évolution des agrégats macroéconomiques et de la valeur intrinsèque des titres échangés) ;
- Les agents – ici, les traders – dont le profil hétérogène intégrant le recours à des systèmes d'aide à la décision plus ou moins automatisés génère différentes pratiques de trading ;
- La microstructure du marché, c'est-à-dire le choix des mécanismes permettant l'exécution des ordres.

La plateforme d'appariement est paramétrée selon un principe de double enchère continue. L'usage de systèmes de traitements transactionnels explicité dans la première partie de l'article est pris en compte dans la considération d'un carnet d'ordre ou feuille de marché électronique qui synthétise les positions prises par l'ensemble des acheteurs et vendeurs. Le système de traitement transactionnel confronte les ordres d'achat et de vente en les triant par ordre de prix et d'arrivée. Au cours de la séance, les agents peuvent être interrogés aléatoirement ou prioritairement (haute-fréquence) et choisir de se positionner avec une rythmicité plus (haute fréquence) ou moins importante, en fonction du système d'aide à la décision qu'ils utilisent. Ils peuvent choisir la quantité désirée, le sens (achat ou vente), le type d'ordre et de procéder à certaines annulations de positions en attente. Selon Hagströmer et Norden (2013), les ordres les plus utilisés par les THFs étant les ordres au marché (exécutés au meilleur prix disponible) et les ordres à cours limités (comprenant une limite maximum/minimum de prix acceptés), les agents ont la possibilité d'utiliser ces deux options. Nos

simulations sont ainsi fidèles au principe du rasoir d'Occam défendu par Beaufilets *et al.* (2009) et qui invite à élaborer un modèle de simulation économe dans ses spécifications afin d'isoler le phénomène que l'on souhaite étudier. Le marché artificiel est ici consolidé, permettant l'échange d'un titre et fondé sur un carnet d'ordre. Seule la spécification des agents THFs répond ici à une précision reflétant un certain état de la complexité stratégique.

Le temps est ici considéré avec une granularité de 30,600,000 millisecondes, ce qui correspond à une séance de trading en continu de 8h30. Plus spécifiquement, l'apparition d'un flash crash suite à un choc opérationnel est simulé selon deux scénarios : (i) un marché peuplé par 1200 fundamentalistes aux mêmes capacités d'accès, de traitement de l'information et de réaction, utilisé comme benchmark, et (ii) un marché peuplé par 1050 traders fundamentalistes aux mêmes caractéristiques que précédemment, et par 150 traders haute-fréquence hétérogènes. Chaque scénario a été réitéré 100 fois et les statistiques extraites représentent la moyenne de ces 100 répétitions.

### 3.2. Les agents

Nous introduisons plusieurs stratégies d'investissement. Nous avons vu au sein de la section 1.2. que la littérature évoquait une classification des THFs selon trois catégories : la tenue de marché, l'arbitrage et les stratégies directionnelles.

Nous avons spécifiquement paramétré nos THFs selon cette dernière catégorie, excluant les teneurs de marché, d'une part, car nous avons choisi de ne pas différencier les agents THFs et non THFs de par leur dotation initiale en cash et en actifs. D'autre part, dès lors que nos simulations sont des simulations sur un marché unique, cela exclut également de fait les stratégies

d'arbitrage. De plus, comme le montre la littérature empirique (Bernile *et al.*, 2016 ; Kurov *et al.*, 2016), certains agents détiennent un avantage d'accès à l'information fondamentale avant qu'elle soit accessible au grand public. Nous intégrons également les agents (*news traders*) qui basent leur stratégie sur l'accès rapide aux annonces ou sur leurs capacités d'analyser cette information et de prendre rapidement la décision. L'objectif de nos simulations est donc de comprendre essentiellement le comportement et l'influence de THFs à stratégie directionnelle, fondamentaliste ou non, contra-cycliques ou suiveurs de tendances, sur la dynamique des prix après un choc opérationnel.

*L'agent fondamentaliste.* Ces agents utilisent les informations exogènes au marché pour prendre leurs décisions. Cette pratique de trading est la plus ancienne observable sur les marchés financiers et ne repose sur aucun système d'aide à la décision particulier, bien que ces derniers puissent faciliter la collecte et le traitement de l'information (*cf.* les traders haute-fréquence *infra*). Dans nos simulations, nous intégrons donc des agents prenant leurs décisions de manière indépendante de technologies d'aide à la décision en les considérant d'emblée comme fondamentalistes (car les stratégies chartistes nécessitent à minima des artefacts de calcul) et à une temporalité de réaction humaine (entre 30 secondes et 1 heure). Ces agents ont toutefois recours aux STT (*cf.* Figure 1) pour faciliter la phase d'exécution des ordres.

Les fondamentalistes suivent un signal de « juste prix » intégrant l'ensemble des informations disponibles. La valeur fondamentale  $V_t$  est déterminée comme suit :

$$\begin{aligned} V_t &= V_{t-1} + \delta_t \\ \delta_t &\sim N(0, \sigma^\delta) \end{aligned}$$

Les agents sont soumis à une rationalité limitée : la valeur fondamentale perçue des

titres  $W_t$  est biaisée par  $\epsilon_i$  qui détermine la précision avec laquelle chaque agent interprète les fondamentaux.

$$\begin{aligned} W_t &= V_t + \epsilon_i \\ \epsilon_i &\sim N(0, \sigma^\epsilon) \end{aligned}$$

Si  $P_t > W_t$ , les agents émettent un ordre de vente. Si  $P_t < W_t$ , ils émettent un ordre d'achat. Dans nos simulations la valeur fondamentale initiale est de 44.00 avec le signal de variation  $\sigma^\delta = 0.01$  et la précision de prévision de cette valeur  $\sigma^\epsilon = 0.01$ .

*Les traders haute-fréquence.* Les traders haute-fréquence sont hétérogènes, mais leur point commun est d'utiliser des systèmes d'aide à la décision les plus performants possibles pour tirer profit d'une stratégie fondée sur la vitesse. A ce titre, nous distinguons les THFs en possession d'un avantage informationnel de court terme (donc tournés vers les fondamentaux du monde extérieur) et ceux travaillant sur les historiques de prix pour formuler leurs anticipations (donc tournés vers les séries de prix émanant du carnet d'ordre). Ainsi, la première catégorie des stratégies de THFs considérées au sein des simulations est de type trading de *news*. Ces agents fondamentalistes fondent leur stratégie sur les mêmes mécanismes que ceux décrits *supra*. Mais ils se différencient des précédents par leur utilisation de l'analyse textuelle leur permettant d'être systématiquement plus réactifs (réaction à la milliseconde).

Le deuxième groupe d'agents a un comportement plutôt spéculatif ou directionnel : ces agents cherchent à détecter et anticiper des tendances dans les prix afin d'en tirer un bénéfice à court terme. Ils sont donc représentatifs de l'analyse technique dont les prises de positions sont fondées sur une règle prédéterminée à l'avance et par l'utilisation de SAD leur fournissant les capacités calculatoires nécessaires à cette pratique. Leur réaction est immédiate suite aux changements de tendances



facilement détectés par leurs logiciels de trading algorithmique. De manière générale, les chartistes ne sont pas homogènes. Selon Brogaard *et al.*, 2016, certains agissent en apporteurs de liquidité tandis que d'autres, au contraire, ont tendance à la consommer. Les stratégies directionnelles au sein de nos simulations sont donc scindées entre celles qui accélèrent les tendances (*trend followers*) et celles qui les contrebalancent (*contrarians*). Ainsi, les THFs de type directionnel vont essayer d'exploiter les prix historiques et d'en anticiper les variations :

$$\left| \frac{P_t - P_{t-n}}{P_{t-n}} \right| > \Delta_i$$

Ces agents sont hétérogènes également selon le paramètre  $\Delta_i$  qui détermine la variation de prix minimum qui va induire une réaction de la part de l'agent. Si les agents sont de type modérateur de tendance, ils vont acheter (vendre) les titres dont les prix ont décliné (augmenté) pendant l'intervalle des 10 à 100 dernières secondes. S'ils sont de type accélérateur de tendance, ils achèteront (vendront) lorsque le prix du titre aura augmenté (décliné) sur la même période.

*Les paramètres de la simulation.* Nous posons trois hypothèses nous permettant d'établir les principaux paramètres de la simulation :

- Le temps est discret et indexé par  $t = 1, 2 \dots$ . Cela détermine les tours de trading, quand les agents sont interrogés d'une manière aléatoire pour prendre leurs positions sur le marché (Brock *et al.* 1997, Challet *et al.* 2005). Le processus de trading est continu. Les agents émettent les ordres à n'importe quel moment en produisant le flux des ordres, et le prix est actualisé instantanément (Shatner *et al.*, 2000).

- Toutes les informations concernant les distributions de rentabilités des titres et les prix sont gratuitement disponibles à tous les agents.

- La question de détermination de prix limite des ordres joue un rôle principal dans la liquidité et par conséquent dans la dynamique de prix. Nous appliquons les principes proposés par Jacobs *et al.* (2004).

Prix d'Achat (*Bid*)

$$P_{Bid,t} = P_{Bid,t-1} + \beta_t$$

où  $P_{Bid,t-1}$  est la meilleure proposition d'achat au moment  $t-1$ . Et  $\beta_t$  est tiré au hasard dans un intervalle  $[1,5]$  : cela signifie que la meilleure demande sera augmentée d'une valeur entre 1 et 5 centimes.  $P_{Bid,0}$  est le prix de fermeture le jour précédent.

Prix de Vente (*Ask*)

$$P_{Ask,t} = P_{Ask,t-1} - \alpha_t$$

où  $P_{Ask,t-1}$  est la meilleure offre au moment  $t-1$ ,  $\alpha_t$  est tiré au hasard dans un intervalle  $[1,5]$  : cela signifie que la meilleure offre sera diminuée d'une valeur entre 1 et 5 centimes.  $P_{Ask,0}$  est le prix de fermeture le jour précédent. Cette règle permet de garantir la liquidité au marché et de diminuer le *bid-ask spread* (BAS – la fourchette représentant l'écart entre le prix de vente et le prix d'achat).

Dans une structure d'échange caractérisée par une double enchère continue, un acheteur recherchant un bénéfice envoie l'ordre au prix moins élevé que sa limite. Ce trader espère trouver un vendeur qui acceptera son ordre *bid* à très bas prix. De la même manière, un acheteur envoie l'ordre *ask* au prix plus élevé que sa limite en espérant qu'un vendeur acceptera son offre. En condition de marché compétitif, les vendeurs sont obligés de légèrement diminuer le prix de leur meilleure offre (*best ask*) pour augmenter leurs chances de conclure les transactions de volume souhaité dans la journée, si ce prix leur permet de battre des concurrents et de dégager toujours du bénéfice. Les acheteurs motivés de leur côté par l'achat d'un certain volume de titres dans la journée augmentent

légèrement le meilleur prix d'achat (*best bid*). Cette logique de la formation des offres et des demandes garantit la réduction de *bid/ask spread*, ainsi que la liquidité et la stabilité de marché.

### 3.3. SAD et dynamiques de prix en conditions normales de marché

Comme évoqué en introduction de cette troisième partie, une première série de simulations consiste à mieux comprendre dans quelle mesure le recours à des SAD par des traders haute-fréquence modifie la dynamique des prix en provoquant des variations extrêmes. Sur la base de Brogaard *et al.* (2016), nous calculons d'abord des séries de rentabilités sur des intervalles réguliers de 10 secondes. Ensuite, tous les intervalles appartenant au 99.9<sup>e</sup> percentile de rentabilité absolue sont considérés comme des variations extrêmes de prix. Il convient alors de sélectionner les périodes produisant les variations de prix les plus

importantes. Le tableau 3 résume les statistiques de cette série de simulations pour les deux scénarios déjà évoqués : 1) un marché peuplé uniquement de fundamentalistes humains ; 2) un marché peuplé par des fundamentalistes humains et des THFs hétérogènes. Chaque scénario est répété 100 fois pour le test de significativité des observations.

Le premier résultat, relativement intuitif et attendu, indique que l'activité transactionnelle est substantiellement plus élevée au sein du scénario 2 (9,95 transactions toutes les 10 secondes dans le scénario 1 contre 103,51 avec les THFs), ainsi que le nombre d'ordres. Le volume exprimé en dollar ou en pourcentage est également plus important avec l'introduction des THFs. Cette activité transactionnelle plus élevée dans la population de THFs est directement liée à leur usage de technologies d'aide à la décision (SAD) qui leur permettent de traiter l'information historique et surtout d'exécuter leurs ordres de manière prioritaire sur les autres. Un second résultat, probablement

**Tableau 3 : Statistiques descriptives des variations extrêmes de prix dans des conditions normales de marché avec et sans THF.**

	Scénario 1 : sans THF			Scénario 2 : avec THFs			Diff. (p-value)
	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Moyenne	Médiane	Ecart-type	
Rentabilités absolues	0.017	0.016	0.004	0.008	0.008	0.003	(< 2.2e-16)***
Total des transactions	9.956	9.333	5.484	103.508	103.000	39.406	(< 2.2e-16)***
Total des ordres	22.469	20.667	12.666	222.356	230.000	58.345	(< 2.2e-16)***
Volume \$	6.1e+05	5.9e+05	2.3e+05	9.8e+05	1.1e+05	3.1e+05	(< 2.2e-16)***
Volume d'échange	141.773	134.642	54.437	222.907	231.773	68.678	(< 2.2e-16)***
Fourchette affichée \$	0.030	0.028	0.017	0.082	0.078	0.030	(< 2.2e-16)***
Fourchette relative %	0.070	0.065	0.040	0.185	0.174	0.070	(< 2.2e-16)***
Déviations des fondamentaux %	8.380353e-03	8.098788e-03	4.300526e-03	3.859805e-04	2.923596e-07	2.208733e-03	(< 2.2e-16)***

moins intuitif, concerne l'impact des pratiques de THF sur l'ampleur des variations extrêmes de prix, toujours dans des conditions normales de marché. Notamment, il semble important de noter le déclin significatif de la moyenne des rentabilités absolues dans le scénario 2 (en présence de THFs). Dans le détail et sur le marché peuplé uniquement de fundamentalistes, la majorité (79,23%) des variations extrêmes de prix est positive, ce qui démontre la participation active des fundamentalistes à la résilience du marché. L'étendue de ces variations est de -0.03219829 et 0.03561222. A l'inverse, au sein du scénario 2, les mouvements extrêmes de prix négatifs et positifs sont à peu près équivalents. Leur étendue est de -0,04663956 et 0,04258339. Les résultats ont ainsi tendance à montrer qu'en moyenne les THFs n'aggravent pas les variations extrêmes de prix. Parallèlement, les résultats montrent que les THFs réduisent les déviations des fondamentaux et ont donc plutôt tendance à améliorer l'efficacité du marché. Enfin, les spreads (donc les coûts de transaction) s'avèrent plus larges

comparés au marché peuplé uniquement de fundamentalistes. Globalement, nous constatons que dans les conditions normales les THFs consomment autant de liquidité, qu'ils en offrent. Ces premiers résultats, issus de conditions normales de marché, correspondent aux observations empiriques de Brogaard *et al.* (2016) sur le marché américain NASDAQ.

### 3.4. SAD et dynamiques de prix en situation de flash crash

Comme indiqué dans l'introduction de cette partie, cette deuxième série de simulations permet d'introduire un flash crash. Il s'agit ici de soumettre un important ordre de vente au marché (20 fois plus important que le volume moyen, suite à une erreur opérationnelle), qui est immédiatement exécuté. L'introduction de ce choc opérationnel nous permet de mesurer son impact sur la liquidité, sur la dynamique de prix, et surtout, sur la réaction des stratégies haute-fréquence décrites *supra* à cette chute brutale des

**Tableau 4 : Statistiques descriptives du flash crash.**

	Scénario 1 : sans THF			Scénario 2 : avec THF			Diff. (p-value)
	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Moyenne	Médiane	Ecart-type	
Profondeur de crash, %	-0.455	-0.454	0.108	-1.230	-1.311	0.618	(< 2.2e-16)***
Total de transactions	151	144	64	363	353	73	(< 2.2e-16)***
Total des ordres	228	277	98	643	654	56	(< 2.2e-16)***
Volume \$	1.3e+06	1.2e+06	0.12e+06	4e+06	3.9e+06	0.78e+06	(< 2.2e-16)***
Volume d'échange	3.1e+04	2.9e+04	1.4e+04	9.1e+04	8.8e+04	1.7e+04	(< 2.2e-16)***
Fourchette affichée \$	0.439	0.426	0.059	0.847	0.889	0.255	(< 2.2e-16)***
Fourchette relative %	0.998	0.966	0.137	1.918	2.004	0.577	(< 2.2e-16)***
Déviations des fondamentaux %	0.038	0.007	0.082	0.081	0.059	0.098	(0.8e-03)***

cours. L'analyse porte plus particulièrement sur les 10 secondes qui suivent ce choc opérationnel (soit 10,000 millisecondes dans notre simulation).

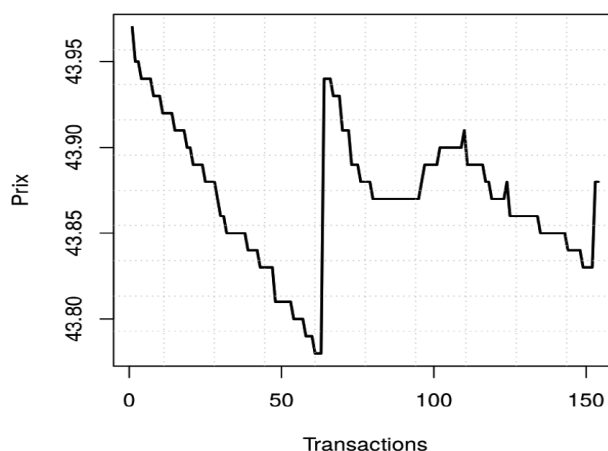
Les résultats du tableau 4 montrent que, dans le deuxième scénario, le nombre d'ordres et de transactions augmente de manière significative suite à l'introduction d'un choc opérationnel. Cela implique un flash crash deux fois plus profond. Dans le premier scénario, la chute s'arrête quand le volume du choc opérationnel est complètement exécuté et les fondamentalistes réalisent que le titre est sous-évalué.

Comme constaté par le régulateur français (AMF, 2017) et comme implémenté dans notre modèle, 90% du temps, les montants proposés par les THFs se situent au niveau de meilleures offres et les demandes et les autres 10% de volume sont des ordres consommateurs de liquidité. De cette manière, il augment leurs chances de réaliser une transaction au prix limite souhaité. Dans le deuxième scénario, au départ, les ordres des THFs sont donc parmi les premiers à absorber l'ordre de grande taille

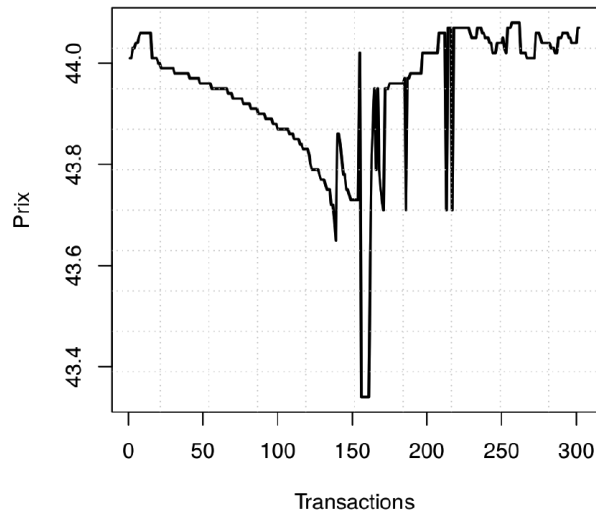
et à lui fournir la liquidité nécessaire. En revanche, dès que la tendance baissière est détectée, les THFs de type *trend followers* commencent à exploiter cette tendance en devenant de grands consommateurs de liquidité. La tendance s'inverse dès lors que l'ampleur de la déviation active suffisamment de fondamentalistes (THFs et non THFs) qui facilitent la correction des prix et donc leur résilience. Les Figures 1 et 2 illustrent ces différentes réactions. La baisse de prix progressive sur le marché de fondamentalistes correspond à la « consommation » de la liquidité dans le carnet d'ordres, suivie par une correction de prix (le retour au niveau fondamental) quasi-immédiate une fois le volume de l'ordre agressif complètement exécuté.

La Figure 2, nous montre qu'en présence de THFs sur le marché, la baisse progressive est suivie par une série d'épisodes de grande volatilité (les variations haussières et baissières de grande ampleur). Ce phénomène est le résultat combiné du déséquilibre dans le carnet d'ordre fragilisé par la grande destruction de la liquidité, et des interactions entre les différentes

**Figure 2 : Evolution de prix sur la période de 10 secondes qui suit l'introduction d'un choc opérationnel (avec un volume 20 fois plus important que la moyenne) sur un marché peuplé par les agents fondamentalistes uniquement.**



**Figure 3 : Evolution de prix sur la période de 10 secondes qui suit l'introduction d'un choc opérationnel (avec un volume 20 fois plus important que la moyenne) sur un marché peuplé par les agents fondamentalistes et THFs.**



populations. Pour résumer, les THFs n'amplifient pas les mouvements extrêmes de prix en temps normal, mais ils aggravent la chute lors d'un événement extrême, comme un choc de liquidité. De plus, ils compliquent la correction et la stabilisation de marché post-événement.

### 3.5. Réguler le THF par le contrôle des STT

Face à des marchés de plus en plus interconnectés, la solution réglementaire de premier ordre serait bien sûr d'adopter une surveillance et une régulation supranationale. Mais en l'absence de coordination internationale des régulations de marché, cette solution s'avère difficile à envisager. Différentes initiatives ont vu le jour depuis l'épisode du 6 Mai 2010. Elles ont porté sur les comportements supposés des THFs (taxation des ordres annulés, interdiction de vente à découvert...) mais également sur la modification des STT. L'une des réflexions a notamment concerné

un retour à une décimalisation moins fine. Dans cette section, nous analysons l'effet de la décimalisation de la cotation. Notre approche correspond ici à des solutions envisagées par les régulateurs plutôt de type « second best », c'est-à-dire la mise en place au sein d'un environnement localisé de règles nationales ou européennes ciblées, comme une action sur la décimalisation sur le territoire européen (AMF, 2011). La possibilité de fixer les variations de prix sur les marchés financiers à un pas de cotation plus ou moins fin a fait l'objet de nombreux débats tant chez les régulateurs qu'au sein de la littérature financière. D'un côté, une décimalisation plus fine (i.e. augmentant le nombre de décimal après la virgule sur la base duquel les prix peuvent varier) peut encourager les prises de position sur les marchés car représente autant d'opportunités supplémentaires de réaliser des profits. Cela favorise donc le volume sur les marchés financiers et permet de réduire les coûts de transaction en réduisant la fourchette. D'un autre côté, cela conduit aussi à augmenter la volatilité,

**Tableau 5 : Statistiques descriptives du flash crash après changement de décimalisation.**

	Scénario 1 : pas de cotation très fin			Scénario 2 : pas de cotation large			Diff. (p-value)
	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Moyenne	Médiane	Ecart-type	
Profondeur de crash, %	-0.243	-0.219	0.108	-2.470	-2.386	0.874	(< 2.2e-16)***
Total de transactions	339	340	93	418	428	74	(< 2.2e-16)***
Total des ordres	503	552	181	690	722	147	(< 2.2e-16)***
Volume \$	3.5e+06	3.4e+06	1.1e+06	4.8e+06	4.8e+06	9.4e+05	(< 2.2e-16)***
Volume d'échange	8.1e+04	7.8e+04	2.3e+04	1.1e+05	1.1e+05	2.1e+04	(< 2.2e-16)***
Fourchette affichée \$	0.186	0.166	0.076	1.751	1.636	0.487	(< 2.2e-16)***
Fourchette relative %	0.422	0.376	0.176	3.964	3.711	1.163	(< 2.2e-16)***
Déviations des fondamentaux %	0.015	0.016	0.031	0.286	0.273	0.175	(0.8e-03)***

les stratégies fondées sur la priorité et l'annulation des ordres et peut donc atteindre l'équité et la stabilité du marché (SEC, Report to Congress on Decimalization 2012). Nous avons choisi de tester sur la base de nos scénarios originels (où le pas de cotation est de 2 décimales après la virgule) l'impact d'une décimalisation moins fine (1 décimale après la virgule) ainsi qu'une décimalisation plus fine (3 décimales après la virgule). Le tableau 5 présente les statistiques calculées sur chaque intervalle de 10 secondes après l'introduction d'un choc opérationnel.

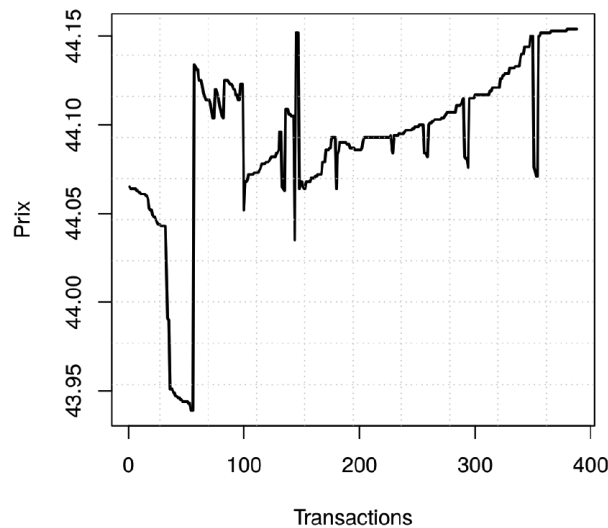
Nous pouvons constater que le flash crash provoqué dans un marché à la décimalisation fine est 10 fois moins profond que dans le marché où la décimalisation est plus large. Dans le scénario de la fine décimalisation, la moyenne des baisses de prix est de -0.243%. En revanche, dans le marché avec un pas de cotation large, la même pression de liquidité provoque une chute brusque de 2.470%. Dans ce dernier scénario, les fourchettes

sont aussi 10 fois plus larges, alors que la différence dans le volume échangé n'est pas significative, ce qui implique une grande volatilité et une fragilité de marché bien plus importante. Après avoir analysé les échantillons entiers, nous constatons qu'en moyenne le marché au pas de cotation large est extrêmement volatile : son écart-type est de 0.01843596 et son kurtosis (mesure de risques extrêmes et donc de l'épaisseur des queues) est de 64.52194. Quant au marché au pas de cotation fin, son écart-type est de 8.69841e-06 et son kurtosis est de 30.55197. De manière générale, le marché subit une onde de choc plus importante et peine à revenir à ses fondamentaux lorsque la décimalisation est large (cf. figures 4 et 5). Au-delà de ces constatations quant à l'évolution des proxys de la qualité du marché, ce qui a éveillé notre intérêt a été la comparaison des réactions des différentes populations face au choc. Il était intuitif de partir de l'hypothèse qu'un changement de décimalisation allait obligatoirement conduire à changer les comportements

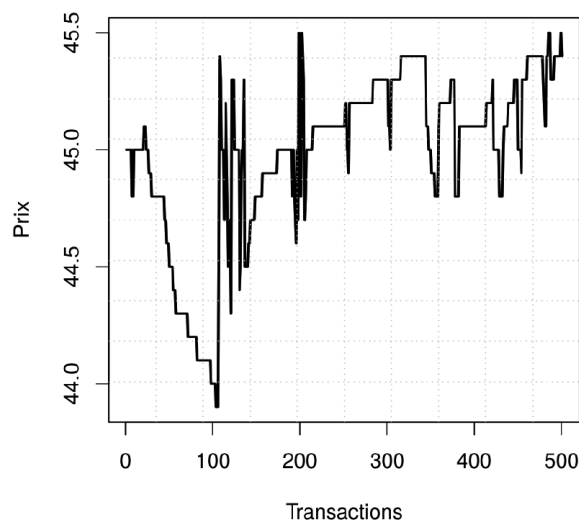
des différentes populations au moment du crash. Mais de manière surprenante, nous n'avons pas constaté une différence significative dans la composition de la population des acteurs de marché qui ont participé au crash : en moyenne, 46 suiveurs de tendances, 45 contra-cycliques, 18 news traders, 202 fundamentalistes humains. Ce sont ces agents qui réalisent les transactions pendant les 10 secondes qui suivent l'introduction du choc sur le marché de pas

de cotation large. Lorsque la décimalisation est fine, nous notons la réaction de 41 suiveurs de tendances, 40 contra-cycliques, 21 news traders et 194 fundamentalistes. Ce qu'implique cette conclusion est que les différences d'anatomie du crash entre les deux décimalisations ne sont donc pas la conséquence de changements de comportements stratégiques, mais sont liées directement à la microstructure du marché en elle-même.

**Figure 4 : Zoom de 10 secondes sur le flash crash (décimalisation fine).**



**Figure 5 : Zoom de 10 secondes sur le flash crash (décimalisation large).**



## CONCLUSION

L'objectif de cet article était de mieux comprendre les liens entre les usages des nouvelles technologies de trading, la multiplication récente des phénomènes de flash crashes et leur persistance (i.e. le délai de retour à la moyenne). L'intégration progressive des algorithmes de trading et l'effet combiné des innovations des services d'appariement des ordres à forte intensité concurrentielle, ont conduit à l'explosion des stratégies de trading algorithmique et à haute fréquence. L'utilisation du logiciel ATOM, reproduisant les règles de fonctionnement d'un carnet d'ordre électronique, permet d'abriter et d'étudier les interactions de traders hétérogènes au sein d'un marché artificiel. Par le biais de simulations multi-agents fondées sur l'observation des évolutions des stratégies des traders à travers l'histoire et l'usage des SI, nous avons reproduit des dynamiques de prix correspondant à un flash crash provoqué par une erreur opérationnelle. Cette reproduction a fait l'objet de deux scénarios : un scénario où les agents ont suivi des stratégies purement fondamentales et où chacun était doté des mêmes capacités d'intervention ; et un scénario où des traders suivant d'autres formes d'inputs stratégiques et aux capacités d'intervention supérieures ont été intégrés, représentant le trading haute-fréquence. Les résultats des séries de simulation montrent que, dans un marché consolidé aux conditions normales de trading (i.e. hors périodes de tensions et de chocs), les THFs n'amplifient pas les mouvements de prix. *A contrario*, ils détériorent l'efficacité informationnelle et la résilience du marché face à un choc en alimentant sa propagation et en ralentissant la correction. La raison principale est ici la tendance des populations de THFs à consommer de la liquidité en période de déséquilibre, élargissant ainsi les fourchettes de prix.

Nous avons choisi de compléter l'analyse des flash crashes en intégrant aux scénarios originels un changement de règle fondé la variation du pas de cotation. Notre objectif à travers cet exemple était d'étudier la modification des STT – systèmes d'information d'appariement – par la régulation, afin d'en étudier les conséquences sur l'anatomie du choc. Nos résultats ont permis d'alimenter les débats réglementaires à double titre : en premier lieu, les résultats montrent sans ambiguïté que la décimalisation la plus fine permet de réduire la volatilité et d'augmenter la résilience au crash. Ces résultats contredisent l'argumentaire actuel selon lequel la décimalisation peut être désignée comme l'une des régulations vectrices d'instabilité. En second lieu, les simulations montrent également la faible sensibilité des réactions des différentes populations – à haute fréquence ou non – aux variations de la décimalisation. Les différentiels de crash sont donc uniquement fondés sur les règles de fonctionnement des STT et non sur l'usage différencié des traders sur ces modes d'organisation (et donc aux SAD).

C'est par la distinction entre deux formes de systèmes d'information que nous avons pu mieux comprendre (et ainsi isoler) le rôle des technologies et de leurs usages dans l'amplification des nouveaux phénomènes de flash crashes. Si notre contribution n'est pas directement liée aux approches 'culturelles' du trading haute fréquence, elle participe toutefois aux réflexions posées par les 'social studies of finance'. Nos résultats soulignent d'abord la performativité des technologies de trading (Knorr-Cetina, Preda, 2012), dans la mesure où l'usage de SAD n'est pas neutre en raison de son impact sur la résilience des marchés. D'autre part, nos résultats montrent l'importance d'appréhender les marchés financiers comme des systèmes sociotechniques dans lesquels le niveau de l'agence (stratégies technologiques et informationnelles des traders) alimente directement les structures et les



dynamiques de marché (flash crashes). En ce sens, nos résultats confirment la nécessité de considérer les marchés financiers comme des assemblages matériels d'agents humains et non-humains qui vont co-déterminer la dynamique du système (Preda, 2006).

Ces conclusions peuvent être complétées par plusieurs pistes d'extension. En premier lieu, les simulations se concentrent ici sur un environnement de marché consolidé, à carnet d'ordre, avec deux types d'ordres disponibles, afin de respecter le principe du rasoir d'Occam. Il serait intéressant de réaliser des simulations sur un marché fragmenté impliquant des stratégies d'arbitrage. En second lieu, l'analyse pourrait être complétée par une étude des impacts sur une structure fondée sur la présence de dealers.

## RÉFÉRENCES

- Arena L., Oriol N. et Pastorelli I., (2013), « Systèmes d'information et gestion du couple performance/ sécurité : Trajectoires comparées de trois situations extrêmes », *Systèmes d'Information et Management*, Vol. 18, n°1, p. 87-123.
- Autorité des Marchés Financiers, (2017), « Comportement des traders à haute fréquence sur Euronext Paris », [<http://www.amf-france.org>]
- Beaufils B., Brandouy O., Ma L. et Matthieu P., (2009), « Simuler pour comprendre : un éclairage sur les dynamiques de marchés financiers à l'aide des systèmes multi-agents », *Systèmes d'Information et Management*, Vol. 14, n°4, p. 51-70.
- Bérard C., (2009), *Le processus de décision dans les systèmes complexes : Une analyse d'une intervention systémique*, Thèse de Doctorat en Sciences de Gestion, Université Paris-Dauphine et Université du Québec à Montréal.
- Bernile G., Hu J., Tang Y., (2016), « Can Information be Locked-up ? Informed Trading Ahead of Macro-News Announcements », *Journal of Financial Economics*, n°121, p. 496-520.
- Boehmer E., Fong K. Y. L., Wu, J., (2015), "International Evidence on Algorithmic Trading", AFA San Diego Meetings Paper. Disponible sur SSRN: [<https://ssrn.com/abstract=2022034>]
- Brandouy O., Mathieu P. et Veryzhenko I., (2013), « On the Design of Agent-Based Artificial Stock Markets », *Communications in Computer and Information Science*, Vol. 271, p.350-364
- Brewer P., Cvitanic J. et Plott C.R., (2013), « Market Microstructure Design and Flash Crashes: A Simulation Approach », *Journal of Applied Economics*, Vol. 16, n°2, p. 223-250.
- Brock W. et Hommes C., (1997), « A Rational Route to Randomness », *Econometrica*, n°65, p. 1059-1095.
- Brogaard J., Carrion A., Moyaert T., Riordan R., Shkilko A., Sokolov K., (2016), *High-Frequency Trading and Extreme Price Movements*, working paper.
- Brogaard J., Hendershott T. et Riordan R., (2014), "High-Frequency Trading and Price Discovery", *Review of Financial Studies*, Vol. 27, n°8, p. 2267-2306.
- Cartier M., (2003), *La dynamique de l'adaptation d'industries : Simulation par algorithme génétique*, Thèse de Doctorat en Sciences de Gestion, Université Paris-Dauphine.
- Cartier M. et Forgues B., (2006), « Intérêt de la simulation pour les sciences de gestion », *Revue Française de Gestion*, Vol. 6, n°165, p. 125-137.
- Challet, D., Marsili, M. et Zhang, Y-C., (2005), *Minority Games: Interacting Agents in Financial Markets*, Oxford University Press.
- Clemons, E.K. et Weber B.W., (1996), "Alternative securities trading systems: tests and regulatory implications of the adoption of technology", *Information Systems Research*, Vol. 7, n°2, p. 163-188
- Cliff D., Northrop L. (2011), "The Global Financial Markets: An Ultra-Large-Scale Systems Perspective", UK Government Office for Science, 2011. 47 p.
- Davis, J.P., Eisenhardt K.M., Bingham C.B., (2007), "Developing Theory through Simulation Methods", *Academy of Management Review*, Vol. 32, n°2, p. 480-499.

- Derveeuw J., Beaufile B., Mathieu P, Brandouy O., (2007), « Un modèle d'interaction réaliste pour la simulation de marchés financiers », *Annales du Lamsade*, n°8.
- Dodd R., (2010), « Opaque Trades », *Finance and development*, p. 26-28.
- Dooley K.J., (2002), « Simulation Research Methods », in Baum (ed.), *Companion to Organizations*, p. 829-848.
- Foucault T., (2016), « Quels sont les risques du trading haute-fréquence ? », *Revue de la stabilité financière*, n°20, p. 63-78.
- Francis, J. C., Toy, W. W., Whittaker, J. G. (2000). *The Handbook of equity derivatives*. Revised Edition. Wiley. 720p.
- Frankel, J. A., Froot K.A., (1987), "Using Survey Data to Test Standard Propositions Regarding Exchange Rate Expectations", *American Economic Review*, Vol. 77, n°1, p. 133-153.
- Godechot O., Hassoun, J-P, Muniesa, F., (2000), « La volatilité des postes. Professionnels des marchés et informatisation », *Actes de la recherche en Sciences Sociales*, Vol. 134, p. 45-55.
- Graham B. et Dodd D., (1934), *Security Analysis*, McGraw-Hill.
- Hagströmer B. et Nordén L., (2013), "The Diversity of High-Frequency Traders", *Journal of Financial Markets*, Vol.16, n°4, p. 741-770.
- Hendershott T., Jones C., Menkveld A. J., (2011), "Does Algorithmic Trading Improve Liquidity?", *The Journal of Finance*, Vol. 66, p. 1-33
- Hendershott, T., Moulton P.C., (2011), "Automation, speed, and stock market quality: The NYSE's Hybrid", *Journal of Financial Markets*, Vol. 14, n°4, p.568-604
- Hendershott, T., Riordan, R. (2013), "Algorithmic Trading and the Market for Liquidity", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 48, n°4, p. 1001-1024
- Jain, P., (2005), "Financial Market Design and the Equity Premium: Electronic versus Floor Trading." *Journal of Finance*, 60, 2955–2985.
- Kauffman R.J., Liu J., Ma D., (2015), "Innovations in financial IS and technology ecosystems: High-frequency trading in the equity market", *Technological Forecasting & Social Change*, n° 99, p. 339–354.
- Knorr-Cetina K., Preda A., (2012), *The Oxford Handbook of the Sociology of Finance*, Oxford University Press.
- Kurov A., Sancetta A., Strasser G., (2016), "Price drift before U.S. macroeconomic news: Private information about public announcements?", Working paper series, n°1901, European Central Bank, Eurosystem.
- Liarte S., (2005), *Stratégies d'implantation et interactions concurrentielles : le cas des entreprises multi-unités multi-marchés*, Thèse de Doctorat en Sciences de Gestion, Université Paris-Dauphine.
- McGowan M. J., (2010), « The Rise of Computerized High Frequency Trading : Use and Controversy », *Duke Law and Technology Review*, n°16, p. 1-24.
- MacKenzie D., (2014), *A Sociology of Algorithms: High-Frequency Trading and the Shaping of Markets*, Preprint. School of Social and Political Science, University of Edinburgh.
- McKelvey B., (2002), « Model-Centered Organization Science Epistemology », in Baum, (ed.), *Companion to Organizations*, p. 752-780.
- Menkhoff, L., Sarno L., Schmeling M., Schrimpf A., (2012): "Currency Momentum Strategies", *Journal of Financial Economics*, Vol. 106, n°3, p. 660-684.
- Nassirtoussi A.K., Aghabozorgi S., Wah T.Y., Ling Ngo D.C., (2014) « Text Mining for Market Prediction: A Systematic Review », *Expert Systems with Applications*, Vol. 41, n° 16, p. 7653-7670.
- Preda, A., (2006), "Socio-technical Agency in Financial Markets: The Case of the Stock Ticker", *Social Studies of Science*, Vol. 36, n°5, p. 753-782.
- Roy B., (2002), « L'aide à la décision aujourd'hui : que devrait-on attendre ? », in David, Hatchuel, Laufer, *Les nouvelles fondations des sciences de gestion*, p. 141-174.
- Seyfert R., (2016), "Bugs, Predations or Manipulations? Incompatible Epistemic Regimes of High-Frequency Trading", *Economy & Society*, Vol. 45, n°2, p. 251-277.
- Shabbir T., (2015), "High-Frequency Trading: Implications for Market Efficiency and Fairness, In The Handbook of High Frequency Trading,

- édité par Greg N. Gregoriou, Academic Press, San Diego, p. 113-122
- Shatner M., Muchnik, L. et Solomon, S. (2000). «A Continuous Time Asynchronous Model of the Stock Market; Beyond the LLS Model». arXiv.org, Quantitative Finance Papers.
- Sommerville I., Cliff D., Calinescu R., Keen J., Kelly T., Kwiatkowska M., McDermid J., Paige R., (2012), "Large-scale complex IT Systems", in *Communications of the ACM*, Vol. 55, n°7, p. 71-77.
- Taylor, M., Allen H., (1992), "The Use of Technical Analysis in the Foreign Exchange Market", *Journal of International Money and Finance*, Vol. 11, n°3, p. 304-314.
- Veryzhenko I., Arena L., Harb E., Oriol N., (2016), "A Reexamination of High Frequency Trading Regulation Effectiveness in an Artificial Market Framework" in Trends in Practical Applications of Scalable Multi-Agent Systems, the PAAMS Collection, F. de la Prieta, M.J. Escalona, R. Corchuelo, P. Mathieu, Z. Vale, A.T. Campbell, S. Rossi, E. Adam, M.D. Jiménez-Lopez, E.M. Navarro, M.N. Moreno (Eds), *Advances in Intelligent Systems and Computing Series*, Springer, Vol. 473, p. 15-25.
- Weber B.W., (1999), "Next-generation trading in futures markets: A comparison of open outcry and order matching systems", *Journal of Management Information Systems*, Vol. 16, n°2, p. 29-45.
- Ye M., Yao C., Gai, J., (2013), "The Externalities of High Frequency Trading", Disponible sur SSRN: [<https://ssrn.com/abstract=2066839>]

**Lise Arena** est Maître de Conférences en sciences de gestion, spécialisée en management des systèmes d'information, au GRE-DEG (UMR 7321) à l'Université Côte d'Azur. Ses travaux portent sur les transformations organisationnelles et les nouvelles formes de coordination induites par le digital, tant au niveau d'un marché, que d'une communauté ou d'une équipe. Elle s'attache particulièrement à situer ces transformations au sein d'un processus de longue durée, mobilisant des méthodes historiques pour mieux les analyser.

**Anne-Françoise Audrain-Pontevia** est Professeur de Marketing à l'École des Sciences de la Gestion (ESG) de l'Université du Québec à Montréal (UQÀM). Elle a obtenu son Doctorat à l'école des Hautes Études Commercial de Paris (HEC-Paris). Elle a été Professeur Associé à NEOMA Business School où elle a été Directrice de la majeure marketing produits. Ses recherches portent principalement sur le marketing des services, les problématiques de satisfaction-fidélité et l'étude de ces relations dans le domaine médical, notamment au sein des communautés de patients en ligne. Elle a publié dans *Journal of Retailing and Consumer Services*, *International Journal of Retail & Distribution Management*, *Dissatisfaction and Complaining Behavior*, *International Journal of Technology*. Anne-Françoise intervient par ailleurs régulièrement auprès d'entreprises.

**Kevin C. Desouza** is a professor in the School of Management at Queensland University of Technology. He is a Nonresident Senior Fellow in the Governance Studies Program at the Brookings Institution and is a Distinguished Research Fellow at the China Institute for Urban Governance at Shanghai Jiao Tong University. He has held tenured faculty appointments at the University of Washington, Virginia Tech, and Arizona State University. In addition, he has held visiting appointments at the London School of Economics and Political Science, Università Bocconi, University of the Witwatersrand, and the University of Ljubljana. Desouza has authored, co-authored, and/or edited nine books. He has published more than 130 articles in journals across a range of disciplines including information systems, information science, public administration,

political science, technology management, and urban affairs. A number of outlets have featured his work including *Sloan Management Review*, *Stanford Social Innovation Research*, *Harvard Business Review*, *Forbes*, *Businessweek*, *Wired*, *Governing*, *Slate.com*, *Wall Street Journal*, *USA Today*, *NPR*, *PBS*, and *Computerworld*. Desouza has advised, briefed, and/or consulted for major international corporations, non-governmental organizations, and public agencies on strategic management issues ranging from management of information systems, to knowledge management, innovation programs, crisis management, and leadership development. Desouza has received over \$1.8 million in research funding from both private and government organizations. For more information, please visit: <http://www.kevindesouza.net>.

**Isabelle Fagnot** is an Associate Professor of Management of Information Systems and the Director of Quality, Accreditations, Rankings at Audencia Business School. She received her Ph.D. (2011) in Information Science and Technology from Syracuse University School of Information Studies. Her research interests lie in behavioral issues in Information Systems, particularly related to organizational security and to the culture of the information profession. Her research has been published in journals such as *Systèmes d'Information et Management* and *International Journal of Human-Computer Studies* and in proceedings of leading scholarly conferences such as AMCIS, HICSS and the Security Conference.

**Loïck Menvielle** est professeur de marketing à l'EDHEC Business School depuis 2006. Il a été *visiting professor* à HEC Genève. Spécialiste du domaine de la santé et de l'e-santé, le professeur Menvielle a été l'auteur de nombreuses contributions dans des ouvrages collectifs et articles scientifiques traitant de ces thèmes, soulevant de véritables questions de société avec une forte portée éthique et sociale. Il a été sollicité en qualité d'expert pour la Haute Autorité de Santé (HAS) et a contribué à l'élaboration de référentiels de bonnes pratiques pour l'usages des solutions de santé connectée. Il est depuis 2014 membre du comité scientifique de E-Health World. Il a co-édité un ouvrage de référence

sur la santé connectée : « *The digitalization of Healthcare : New Challenges and Opportunities* », avec la contribution d'entreprises et d'institutions prestigieuses telles que IBM, NHS, Ivey University, Mont Sinai, Columbia University, INSEAD.

**William Menvielle**, D.B.A, est professeur de marketing à l'Université du Québec à Trois-Rivières depuis 2004, où il enseigne les fondements du marketing, le marketing international, et le marketing des services. Il est aussi le premier diplômé du DBA de cette université. Ses champs d'intérêt de recherche concernent le comportement du consommateur dans sa recherche d'information ou de consommation de soins de santé. Le professeur Menvielle est auteur et coauteur d'une douzaine d'ouvrages, d'articles et de nombreuses communications scientifiques. Il est aussi lauréat de prix, de bourses et de distinctions, dont le deuxième accessit pour le Prix d'innovation pédagogique en sciences de la gestion 2008, sous l'égide de l'Agence universitaire de la Francophonie. Il a été le directeur du programme de doctorat en administration de l'UQTR.

**Nathalie Oriol**, Maître de Conférences en sciences de gestion, est spécialisée dans la finance digitale et la régulation financière. Après un passage en tant que consultante à l'Autorité des Marchés Financiers, puis en tant qu'enseignant-chercheur au Conservatoire National des Arts et Métiers, elle a intégré l'Université Côte d'Azur au sein du laboratoire pluridisciplinaire GREDEG (UMR 7321). Elle

s'intéresse particulièrement aux transformations des systèmes de traitement des transactions financières, ainsi qu'à l'émergence de nouveaux comportements d'investissement face au digital.

**Iryna Veryzhenko**, Maître de Conférences au Conservatoire National des Arts et Métiers et docteur en finance de marché de l'IAE de Paris, est l'auteur de plusieurs articles scientifiques en gestion de portefeuille, régulation financière, et microstructure des marchés financiers. Ses travaux portent principalement sur l'effet de la technologie sur l'organisation et la qualité de marchés financiers.

**Chen Ye** is an Associate Professor of Management of Information Systems at Purdue University Northwest College of Business. He received his Ph.D. in Management Information Systems from University of Illinois at Chicago in 2009. Chen's primary research area is human factors in technology usage. He is also interested in the business value of IT, supply chain management, and knowledge management. He has published his research in *Communications of the ACM*, *Communications of the AIS*, *Decision Support Systems*, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, *Information Resources Management Journal*, *International Journal of Product Development*, and *Online Information Review*, among others. His work has also appeared in proceedings of AOM, AMCIS, CHI, DSI, HICSS, and ICIS, among others.