



**HAL**  
open science

# Barrières à l'adoption de l'IoT : une analyse par le business model

Rostand Affogbolo

► **To cite this version:**

Rostand Affogbolo. Barrières à l'adoption de l'IoT : une analyse par le business model. Congrès RRI - 8ème Forum Innovation, Jun 2018, Nîmes, France. hal-01982984

**HAL Id: hal-01982984**

**<https://hal.science/hal-01982984>**

Submitted on 16 Jan 2019

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

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

# **Barrières à l'adoption de l'IoT : une analyse par le business model**

*Rostand Affogbolo\**

\* Université de Nantes, IAE, LEMNA (Laboratoire d'Economie et de Management de Nantes Atlantique)

Mail : rostand.affogbolo@univ-nantes.fr

## **Résumé :**

L'internet des Objets (IoT) est aujourd'hui considéré comme une approche technologique clé dans le cadre de l'innovation et de la transformation numérique des entreprises. En raison des possibilités disruptives qui lui sont prêtées, notamment en termes de reconfiguration de business model (BM), les entreprises y prêtent de plus en plus attention. Cependant, pour tirer pleinement partie des bénéfices associés à l'IoT, elles doivent surmonter les challenges et barrières inhérents. Le but de cet article est d'examiner ces challenges et barrières à l'adoption de l'IoT. A travers une méta-analyse conduite sur un corpus empirique de 8 études d'instituts, cabinets conseil et ESN représentant un échantillon cumulé de 6237 répondants décisionnaires, nous mettons en évidence les dimensions du BM influencées par les challenges et barrières à l'adoption de l'IoT et à l'innovation par l'IoT.

## **Mots clés :**

IoT ; Business model ; Innovation ; Méta-analyse ; Barrière.

## **Abstract**

Nowadays, Internet of Things (IoT) is in spotlight as pertains firms' digital transformation. Due to supposedly disruptive capabilities, especially in terms of business model (BM), many companies close attention to this. However, to fully capture IoT benefits' they need to overcome related barriers and challenges. The central purpose of this paper is to examine these barriers and challenges to IoT adoption. Through a meta-analysis on a sample of 8 institutional surveys which interviewed 6237 C-level managers and executives, we have shown business model dimensions' which being more influenced by barriers and challenges to IoT adoption and IoT-enabled innovation.

## **Keywords**

IoT; Business model; Innovation; Meta-analysis; Barrier.

## 1. Introduction

L'internet des Objets (IoT) est une approche technologique aujourd'hui de plus en plus mobilisée par les entreprises dans le cadre de l'innovation et de la transformation numérique. Selon un rapport McKinsey<sup>1</sup>, près de 70% de la valeur commerciale de l'IoT proviendraient en effet des usages des entreprises et non du grand public. Une autre étude récente (Verizon<sup>2</sup>, 2017) indique que 73% des dirigeants d'entreprises à l'échelle mondiale évoquent des déploiements IoT, déjà en cours ou en projet. En France, le MEDEF, comme plusieurs parties prenantes institutionnelles (France Stratégie<sup>3</sup>, MMA<sup>4</sup>, Ministère de l'Economie<sup>5</sup>) incite également les entreprises à aller vers l'IoT car il permettrait « *de proposer des produits et services répondant à des besoins plus vastes que la fonction initiale du produit* » (MEDEF<sup>6</sup>, 2017, p.11). L'IoT semble donc être considéré comme une innovation ayant des implications en termes de business model (BM), une innovation ayant le potentiel de changer ou de créer de nouveaux BM (Bucherer & Uckelmann, 2011). Cependant, l'acquisition et l'intégration des technologies connectées dans les activités de l'entreprise ne s'effectuent pas sans difficultés ou sans risques. Comme c'est le cas pour toute innovation, l'adoption de l'IoT est par exemple sujette à des incertitudes (Bogers et al., 2018). Whitmore *et al.* (2015) indiquent également que les défis liés à l'émergence de l'IoT sont nombreux et qu'ils doivent être surmontés pour assurer son adoption et sa diffusion. Autrement dit, s'ils ne sont pas pris en compte ou sont mal examinés par les entreprises, ces difficultés, barrières et challenges peuvent entraver l'adoption des technologies connectées. Deux questions émergent alors. En premier lieu, quels sont les barrières et challenges perçus comme les plus importants par les entreprises dans le cadre de l'adoption de l'IoT ? Ensuite, quelles dimensions du BM concernent-ils ?

L'objectif de cet article est d'abord de proposer un état des lieux des barrières et challenges à l'adoption de l'IoT selon les perceptions des décideurs. A cet effet, il mobilise une approche méthodologique fondée sur une méta-analyse innovante. Il s'agit à notre connaissance de la première méta-analyse sur ce sujet.

Dans la suite de l'article, nous présentons dans un premier temps les éléments théoriques mobilisés. Nous explicitons ensuite l'approche méthodologique. Enfin nous présentons les résultats et la discussion.

## 2. Cadrage théorique

La conceptualisation de l'IoT date de la fin des années 1980 avec l'émergence de l'informatique ubiquitaire et les travaux de M. Weiser au Xerox Palo Alto Research Center (Datta, 2015). Il annonçait alors que les processeurs mobiles et embarqués peuvent communiquer entre eux et avec l'infrastructure environnante, en coordonnant de manière harmonieuse leurs opérations afin de fournir un support à une grande variété de pratiques

---

<sup>1</sup> "The Internet of Things: Mapping The Value Beyond The Hype", McKinsey Global Institute, Juin 2015

<sup>2</sup> "State of the Market: Internet of Things 2017", Verizon, Septembre 2017

<sup>3</sup> « La dynamique d'internet Prospective 2030 », France Stratégie, Février 2015

<sup>4</sup> « De l'internet des objets à l'automatisation des services », MMA (Mobile Marketing Association France), 2016

<sup>5</sup> « Nouvelle France industrielle – Construire l'industrie française du futur », Ministère de l'Economie, Mai 2016

<sup>6</sup> « Accélérer la transformation numérique de l'économie française : vision – propositions – actions du MEDEF », Mars 2017

quotidiennes du travail (Want, 2010). A cette époque, seule la RFID était le standard technologique dédié permettant un échange de données entre deux objets. L'appellation « Internet of Things » est introduite plus tard, à la fin des années 1990 par des chercheurs de l'Auto-ID Center du MIT. Dans un rapport paru en 2005, l'Union Internationale des Télécommunications formalise ensuite le concept en présentant l'IoT comme « *une révolution technologique représentant le futur de l'informatique et de la communication, et dont le développement dépend du dynamisme de l'innovation technique dans des domaines allant des capteurs sans fil à la nanotechnologie* »<sup>7</sup>. En ce qui concerne les champs d'application, Borgia (2014) distingue trois domaines dans lesquels l'IoT peut être notamment utilisé : l'industrie, la santé, la ville connectée. Le recours aux technologies connectées par l'entreprise soulève toutefois de nombreux questionnements tant d'ordre technique que managérial pouvant constituer des facteurs de réticence ou barrières à l'adoption.

## **2.1 Les challenges et barrières à l'adoption de l'IoT**

La littérature académique théorique se focalise pour l'essentiel sur les aspects techniques des challenges et barrières auxquels peuvent se confronter les entreprises optant pour une mobilisation des technologies connectées dans le cadre de leurs activités. Atzori *et al.* (2010) par exemple évoquent les problèmes d'adressage unique des objets, de stockage des données échangées par les objets, de représentation et de visualisation des données comme challenges induits par l'IoT. Lee & Lee (2015) se focalisent pour leur part sur les problèmes de confidentialité et de sécurité des données, ainsi que le risque de déraillement du système qui n'est pas à l'abri de défaillances résultant de données erronées ou désuètes. Quant à Borgia (2014), Mattern & Floerkemeier (2010), ils évoquent des problèmes de scalabilité, d'interopérabilité et de conception système.

Porter & Heppelmann (2015, 2014), en ce qui les concerne, attirent davantage l'attention sur les aspects autres que techniques. Ils font partie des très rares auteurs de publications théoriques à le faire, et sont d'ailleurs les seuls à proposer une focalisation sur des incidences plus économiques et sociales, parmi les auteurs dont nous avons pu consulter les travaux théoriques. Ils mettent notamment l'accent sur les investissements requis par l'adoption des technologies connectées ainsi que les nouvelles compétences nécessaires et les challenges correspondants en termes de ressources humaines, pas seulement au sein de l'entreprise, mais sur toute la chaîne de valeur.

S'il existe une littérature théorique qui commence à être importante en ce qui concerne les challenges et barrières que devront surmonter les entreprises dans le cadre de l'adoption de l'IoT, il existe à l'inverse très peu de publications empiriques sur le sujet. Nous évoquerons ici les travaux récents de Haddud *et al.* (2017) et Kiel *et al.* (2017) qui proposent une analyse approfondie et une hiérarchisation des challenges et barrières auxquels sont confrontés les entreprises dans le cadre de l'adoption de l'IoT. Les premiers ont interrogé un échantillon d'académiques spécialistes de la logistique. Il ressort de leurs résultats que les trois plus importants challenges et barrières concernant l'adoption de l'IoT, outre le classique risque de sécurité, sont le manque d'une compréhension claire des bénéfices de l'IoT, les difficultés à constituer une équipe de collaborateurs ayant les connaissances et compétences nécessaires, les risques associés au déploiement d'un nouveau business model. Pour le même échantillon

---

<sup>7</sup> ITU Internet Reports 2005 – The Internet of Things, Executive summary, p.3

de répondants, les challenges les moins importants concernent la disponibilité des ressources financières pour effectuer l'implémentation et assurer le support en termes de maintenance, le développement d'applications, le déplacement des ressources humaines. Quant à Kiel *et al.* (2017), ils ont interrogé au moyen d'une étude de cas multiples des entreprises industrielles selon lesquelles les challenges et barrières les plus importants concernent l'intégration technique (par exemple l'implémentation de technologies immatures affaiblissant la qualité des process et produits de même que la robustesse de la production), la transformation organisationnelle nécessaire (par exemple la mise en place d'une culture d'entreprise et une structure hiérarchique flexibles et adaptables), la sécurité de la donnée (le long de la chaîne de valeur par exemple). Pour les entreprises interrogées par ces auteurs, les challenges secondaires concernent les ressources humaines, le contexte institutionnel (par exemple la régulation en ce qui concerne la propriété et la sécurité de la donnée), l'orientation client (par exemple la traduction de la demande client en solutions efficaces).

	Haddud <i>et al.</i> (2017)	Kiel <i>et al.</i> (2017)
Les challenges et barrières les plus importants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manque d'une compréhension claire des bénéfices de l'IoT</li> <li>- Difficultés à constituer une équipe qualifiée</li> <li>- Risques associés au déploiement d'un nouveau BM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intégration technique</li> <li>- Transformation organisationnelle</li> <li>- Sécurité de la donnée</li> </ul>
Les challenges et barrières les moins importants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilité des ressources financières pour effectuer le déploiement et assurer le support en termes de maintenance</li> <li>- Développement d'applications</li> <li>- Déplacement des ressources humaines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ressources humaines</li> <li>- Contexte institutionnel</li> <li>- Orientation client</li> </ul>

**Tableau 1 : Quelques challenges et barrières à l'adoption de l'IoT ; Haddud *et al.* (2017) ; Kiel *et al.* (2017)**

Dans leurs résultats, ces deux publications empiriques pointent le lien, en termes de risques, entre l'adoption de l'IoT et le business model. Haddud *et al.* (2017) font notamment référence à des risques associés au déploiement d'un nouveau BM (centré sur l'IoT). Kiel *et al.* (2017) s'interrogent pour leur part sur la viabilité de ce type de BM.

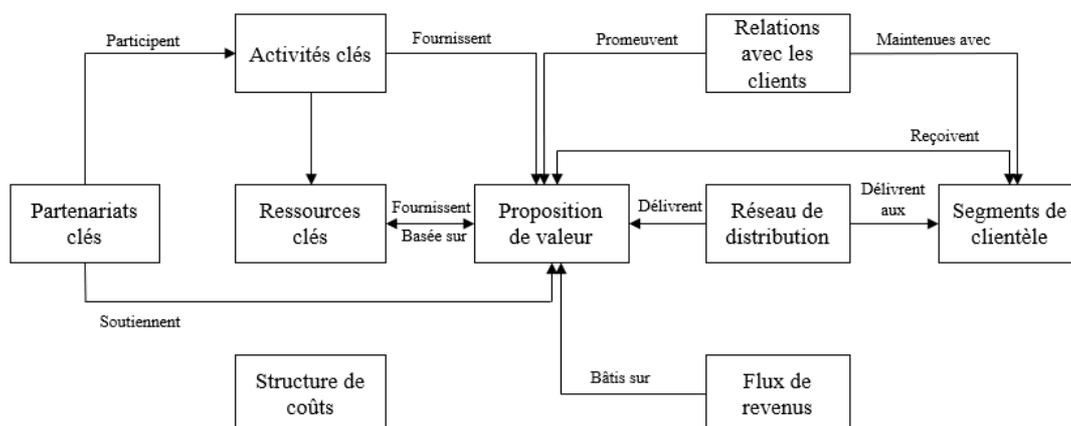
## 2.2 L'IoT et le BM

Dans cette section, nous présentons la notion de BM et le cadre d'analyse choisi pour la suite de l'article, ainsi que quelques travaux consacrés spécifiquement aux liens entre adoption de l'IoT et évolution du BM.

### 2.2.1 Un cadre d'analyse pour le BM

Le concept de BM a véritablement pris son essor dans la littérature vers le milieu des années 1990 (Zott *et al.*, 2016) avec le développement des technologies de l'information et de la communication – TIC (DaSilva & Trkman, 2014) et l'avènement d'Internet et du commerce électronique (Wirtz *et al.*, 2016). Toutefois, en dépit de l'intérêt des chercheurs, marqué par la profusion de publications académiques sur le concept, il n'existe pas d'acceptation univoque du construit. En revanche, un consensus semble se dégager en ce qui concerne ses trois principales dimensions : la création de valeur (les ressources internes et externes mobilisées dans le cadre

de la construction de l'offre), la délivrance de la valeur (la présentation de l'offre aux clients) et la capture de la valeur (les revenus tirés de la commercialisation de l'offre). A partir de ce triptyque, les auteurs déclinent une multitude de cadres d'analyse proposant divers ensembles de blocs constitutifs. Dans leur état de l'art des cadres d'analyse proposés dans la littérature entre 1996 et 2003, Morris *et al.* (2005) et Shafer *et al.* (2005) montrent que le nombre de blocs varie de 3 à 15 selon le degré de granularité choisi par le chercheur. Dans le cadre de cet article, nous nous appuyons sur le cadre d'analyse en 9 blocs proposé par Osterwalder & Pigneur (2011). Il est reconnu par la littérature récente comme l'un des plus holistiques et complets (Díaz-Díaz *et al.*, 2017 ; Arnold *et al.*, 2016 ; Dijkman *et al.*, 2015 ; Sinkovics *et al.*, 2014). Les 9 blocs qui le constituent sont : la *proposition de valeur* (propose un aperçu complet de l'offre de produits et services), le *segment de clientèle* (les clients auxquels l'entreprise adresse sa proposition de valeur), le *réseau de distribution ou canaux* (décrit les divers moyens mobilisés par l'entreprise pour entrer en contact avec les clients), la *relation client* (explique le lien tissé par l'entreprise avec les clients du segment ciblé), les *activités clés ou configuration de valeur* (décrit la configuration, l'arrangement des activités et ressources), les *ressources et compétences clés* (présentent les ressources et compétences nécessaires à la mise en œuvre du BM), le *réseau de partenaires ou réseau de valeur* (décrit le réseau d'acteurs extérieurs avec lesquels l'entreprise coopère pour créer et commercialiser efficacement la valeur qu'elle propose), la *structure de coûts* (présente les conséquences financières des moyens mobilisés par le BM), le *modèle de revenus* (décrit la façon dont l'entreprise génère une variété de flux de revenus). La figure 2 rappelle ces différents blocs.



**Figure 1 : Modèle d'Osterwalder & Pigneur (2011) ; adapté de Arnold et al. (2016)**

Selon Porter & Heppelmann (2015), l'IoT permet aux entreprises de faire évoluer leur BM pour passer des modèles de vente transactionnelle aux modèles de vente de service. Autrement dit, l'adoption de l'IoT équivaut pour l'entreprise à changer de business model.

### 2.2.2 Le changement du BM

En général, il ne peut y avoir de certitude quant à la durabilité d'un BM, les multiples changements intervenant sur le marché (innovations, nouveaux concurrents, nouvelles réglementations, etc.) pouvant très rapidement le rendre obsolète ou moins profitable (Sosna *et al.*, 2010). Les mutations externes forcent en effet les entreprises à repenser plus souvent et fondamentalement leur BM puisque l'innovation basée exclusivement sur le produit, accompagnée d'un ciblage précis, ne suffisent plus pour soutenir une compétitivité et une

survie durables (Ttaran *et al.*, 2015). Il faut innover de façon plus holistique, c'est-à-dire l'ensemble du BM (Venkatraman & Henderson, 2008, p.260).

Evoquer le concept de BM revient alors à aussi évoquer celui de changement. Il adresse une importante capacité à développer par toute entreprise en quête de succès sur le long terme (Sosna *et al.*, 2010). Son signe le plus observable est l'apparition d'un changement substantiel dans la structure des coûts ou revenus (apparition d'un nouveau type de revenu, développement d'une nouvelle source de revenus, redéfinition des processus organisationnels, externalisation d'une activité de la chaîne de valeur), qu'il soit délibéré ou subséquent à de nouvelles conditions environnementales (Demil & Lecocq, 2010). Evoquer le changement du BM correspond à évoquer deux notions sous-jacentes que sont l'adaptation et l'innovation. Lorsque l'entreprise est amenée à répondre aux contingences environnementales et autres externalités (Sosna *et al.*, 2010) en transformant son BM, cela correspond à de l'adaptation, de l'évolution. Elle est précisément le processus par lequel les dirigeants de l'entreprise alignent activement le BM sur les changements intervenus dans l'environnement – changements dans les préférences des clients, changements technologiques, renforcement du pouvoir de négociation des fournisseurs, etc. (Saebi *et al.*, 2017). L'innovation, quant à elle, est le processus suivant lequel les dirigeants innovent activement le BM en vue de disrupter les conditions de marché (Saebi *et al.*, 2017). En un mot, l'alignement est subi, importé de l'extérieur de l'organisation (Besson & Rowe, 2012), alors que l'innovation est voulue, délibérée, impulsée en interne. Les antécédents du premier relèvent des contingences environnementales – les parties prenantes externes, l'environnement concurrentiel, les opportunités offertes par les TIC (Saebi *et al.*, 2017). En revanche, l'innovation du BM émane de facteurs internes comme le caractère psychologique et émotionnel des dirigeants ainsi que leurs répertoires de connaissances antérieures (Saebi *et al.*, 2017), les résultats de leurs processus de décision, mais également les conséquences de la dynamique au sein ou entre les composantes du BM (Demil & Lecocq, 2010).

Le changement du BM peut ainsi prendre plus d'une forme. Il peut être holistique ou ne concerner que quelques blocs, planifié ou non, épisodique ou continu, radical ou incrémental, réalisé seul ou en alliance, récurrent ou sans précédent, rapide ou lent, prescrit ou construit (Ttaran *et al.*, 2015 ; Velu, 2015 ; Besson & Rowe, 2012 ; Walsh & Renaud, 2010). Il est cependant loin d'être aisé car l'inertie à surmonter pour effectuer par exemple le réalignement de l'organisation (Besson & Rowe, 2012) est susceptible d'être importante (Teece, 2010). De même, l'expérience passée et la dépendance de sentier, les routines y associées, ainsi que l'incertitude du résultat peuvent constituer des barrières au changement (Saebi *et al.*, 2017). En effet, le BM actuel peut générer une logique dominante, une forme de barrière cognitive<sup>8</sup> (Chesbrough, 2010) influençant le processus de décision concernant le changement. Il peut en outre entrer en conflit avec le nouveau BM voulu en ce qui concerne la réallocation des ressources et actifs. Par ailleurs, les managers, par craintes des conséquences sur leurs sphères d'influence au sein de l'entreprise, peuvent faire de la résistance (Sosna *et al.*, 2010). Toutes choses pouvant générer du *lock-in*<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Lecocq *et al.* (2006) citent l'exemple de Polaroid qui a mis plusieurs années à exploiter un BM différent de celui de type razor/blade de leurs appareils photo argentiques + pellicules. Les ingénieurs, les plus anciens, rechignaient à lancer un appareil numérique, sans pellicule, parce qu'ils ne percevaient pas la pertinence et la durabilité d'un BM fondé exclusivement sur la commercialisation d'appareils photo

<sup>9</sup> Rester sur le BM et l'organisation actuels

Il n'en demeure pas moins que pour de nombreux académiques et praticiens, l'intégration de l'IoT dans les activités de l'entreprise est de nature à influencer le BM opéré par celle-ci, par innovation dans la manière dont elle aborde son marché.

### 2.2.3 L'influence de l'adoption de l'IoT sur le BM

Selon les résultats de l'étude de cas multiples de Arnold *et al.* (2016), la *proposition de valeur* est l'un des blocs les plus influencés<sup>10</sup> dans le cadre de l'adoption de l'IoT. Dijkman *et al.* (2015) obtiennent le même type de résultat, avec la *proposition de valeur* identifiée comme le bloc le plus impacté du BM par les entreprises qu'ils ont interrogées. En dehors de ce bloc central, ces deux groupes d'auteurs mobilisant le cadre d'analyse suggéré par Osterwalder & Pigneur (2011, 2010) convergent également en ce qui concerne la *relation client* et le *réseau de distribution*. Pour Dijkman *et al.*, (2015), la *relation client* fait en effet partie des 3 blocs (avec les *partenariats clés*) les plus influencés dans le cadre de l'adoption de l'IoT. Il en est de même avec Arnold *et al.* (2016) dont le trio de tête est complété par les *ressources clés*. A l'inverse, et comme Dijkman *et al.*, (2015), ils relèvent que le *réseau de distribution* est l'un des blocs les moins influencés par l'adoption de l'IoT.

D'autres auteurs présentent eux aussi des résultats de nature à conforter ceux de Dijkman *et al.*, (2015) et Arnold *et al.*, (2016) en ce qui concerne les blocs du BM les plus influencés par l'adoption des technologies connectées, en l'occurrence en ce qui concerne la *proposition de valeur*. de Senzi Zancul *et al.* (2016) montrent par exemple que l'adoption d'une approche *product-service system* soutenue par l'IoT permet de proposer des services connectés (prise de contrôle à distance, maintenance prédictive, paiement à la performance, rapport de productivité) venant en supplément (servicisation) du produit principal, notamment sur des marchés industriels. L'intérêt de cette approche est qu'elle institue un système de ventes récurrentes alors que le produit principal est cédé en une fois. Le même constat ressort de l'étude de cas multiples de Rymaszewska *et al.* (2017) qui relèvent que l'introduction de technologies IoT dans les opérations de trois entreprises industrielles aboutit à une offre de services supplémentaires monétisés sous la forme d'un abonnement mensuel pour l'une, ou comme une option intégrée à une offre globale pour les autres.

Ives *et al.*, (2016) convergent aussi vers les précédents auteurs en montrant que l'intégration de technologies connectées dans les opérations de l'entreprise influence la *relation client* en ce sens qu'elle permet de créer une relation directe en temps réel avec le client. Laudien & Daxböck (2016) pour leur part, mettent en évidence une typologie des business model mobilisés par les entreprises adoptant l'internet des objets.

Pour les praticiens aussi, l'IoT influence le BM de l'entreprise. Selon Olivier Midière<sup>11</sup> par exemple, chargé du numérique auprès du Président du MEDEF, « *l'enjeu c'est de repositionner les entreprises françaises ... c'est de faire en sorte qu'elles changent leur business model en allant vers l'IoT, en intégrant de l'intelligence numérique et en basant leur business model sur la donnée et non plus sur la vente de produit, sur la vente d'un service ou de données*

---

<sup>10</sup> Dans l'article de Arnold *et al.* (2016), la proposition de valeur ressort comme le bloc le plus influencé par l'intégration de l'IoT, devant tous les autres, dans 4 des 5 secteurs industriels étudiés par les auteurs.

<sup>11</sup> Olivier Midière nous accordé un entretien téléphonique le 07/03/2017

*permettant finalement de générer des revenus récurrents, sous forme d'abonnements, etc., de location ou paiement à l'usage ».*

Dans les sections précédentes, nous avons rappelé à partir de la littérature les challenges et barrières pouvant freiner l'adoption de l'IoT par les entreprises. Nous avons ensuite présenté des travaux récents mettant en évidence les dimensions du BM influencées par l'adoption de l'IoT. Ces dimensions (proposition de valeur, relation client, réseau de valeur, etc.) représentent en conséquence des points d'innovation explorés par les entreprises grâce à l'IoT, à la condition de surmonter les challenges et barrières inhérents.

Dans la suite de l'article, nous approfondissons l'analyse des challenges et barrières à l'adoption. Nous avons à cet effet effectué une méta-analyse sur un corpus de huit études interrogeant au total 6237 répondants décisionnaires.

### **3. Méthodologie de la méta-analyse**

D'une façon générale, les procédures méta-analytiques sont des méthodes agrégatives visant à combiner des résultats quantitatifs d'études indépendantes (Revelli & Viviani, 2013). Dans leur schéma classique issu des travaux historiques initiés par des problématiques médicales, elles visent essentiellement à estimer le degré de relation entre des variables d'intérêt en tenant compte des variations observées entre différentes études. Cependant, les définitions de la littérature offrent un cadre plus large qui met l'accent sur l'intérêt de la combinaison de résultats quantitatifs de multiples recherches pour produire une connaissance empirique sur un sujet donné (Littel et al., 2008). Nous avons ainsi développé une nouvelle approche, inspirée des travaux sur la recherche de consensus développés en *Agrégation des préférences et en Théorie du choix social* (Monjardet, 1973), qui vise à établir un ordre sur les modalités relatives aux challenges et barrières à l'adoption de l'IoT. La démarche globale se décompose en trois grandes phases : (i) la collecte et la sélection des études retenues pour l'analyse, (ii) le codage des items de réponses, et (iii) le calcul d'un ordre consensus.

#### **3.1 La collecte et la sélection des études**

Il n'existe pas de mode opératoire unique pour la collecte des études pouvant faire partie du corpus empirique de la méta-analyse (Laroche, 2015). Dans le cadre de cette recherche, nous avons retenu non pas les études issues d'articles académiques mais celles issues de publications d'institutionnels (e.g. World Economic Forum), de cabinets conseil (e.g. Bain & Company) et d'ESN<sup>12</sup> (e.g. HPE Aruba) de premier plan. Ce choix s'explique par plusieurs considérations. Premièrement, les articles académiques comportant une démarche empirique sur le sujet sont rares. Deuxièmement, les travaux empiriques académiques sont hétérogènes : certains procèdent par étude de cas, d'autres par questionnaires. Il est donc difficile de réaliser une méta-analyse dans ces conditions. Enfin, la base empirique représentée par ces études est restreinte (un seul pays par exemple, faible nombre d'observations) alors que les enquêtes menées par les cabinets internationaux couvrent un périmètre géographique large offrant une base empirique dense. Aussi, elles mobilisent toutes une approche quantitative par questionnaire. Naturellement, ces données ne sont pas exemptes de limites liées notamment au

---

<sup>12</sup> Entreprise de Services Numériques

caractère déclaratif des réponses (qui cependant ne diffèrent en rien des enquêtes académiques) ainsi qu'aux instructions et consignes auxquelles nous n'avons pas eu accès. L'explicitation des aspects méthodologiques de collecte a donc aussi constitué un critère de sélection des études outre ceux qui sont décrits plus loin.

Pour la constitution d'une première base d'études, nous avons convoqué trois approches : (i) une recherche systématique par mots clés<sup>13</sup> une fois par mois entre décembre 2016 et juin 2017 sur Google.com, (ii) une veille par alertes Google mise en place en février 2017 avec les mêmes mots clés, et (iii) une veille directe mensuelle sur des sites de médias professionnels (Zdnet.com, Forbes.com, CIO.com, Zdnet.fr, Cbronline.com, Channelworld.com, Venturebeat.com, Cnet.com, Techrepublic.com, Businessinsider.com). La collecte, clôturée fin juin 2017, compte quatorze études significatives proposant un tri à plat des items de réponses de sondages interrogeant des décisionnaires d'entreprises via des questionnaires à choix multiples. Huit études ont ensuite été sélectionnées selon le critère de la disponibilité de l'exhaustivité de l'ensemble des items et des fréquences associées. Ces études couvrent les cinq continents et elles ont interrogées des entreprises de multiples secteurs d'activités (e.g. énergie et ressources naturelles, transport et logistique, agriculture industrielle, transformation manufacturière, machinerie industrielle, produits de consommation, etc.). Le cumul de leurs échantillons représente 6237 répondants décisionnaires, positionnés à des niveaux supérieurs dans la chaîne hiérarchique (e.g. directeur de département, directeur général, membre de conseil d'administration, directeur du système d'information, etc.).

### 3.2 Le codage

Les études ayant été menées de façon indépendante, un codage homogène des items de réponses s'est avéré nécessaire pour pouvoir effectuer des comparaisons. Le codage ici se fonde sur le cadre d'analyse du BM proposé par Osterwalder & Pigneur (2011) que nous avons adapté au contexte de la recherche. Chaque item de réponse de chaque étude a été assigné (Clauss, 2017)<sup>14</sup> à l'un des blocs du modèle Osterwalder & Pigneur (2011). L'item devient ainsi une composante ou modalité<sup>15</sup> d'un bloc. Lorsqu'au sein d'un bloc, il existe des items jugés similaires, il leur est attribué, sous conditions une modalité uniforme. Par exemple, les items « réaliser de la croissance sur des marchés connexes » et « adresser de nouveaux clients » sont tous deux transformés en la modalité « pénétrer un nouveau marché » assignée au bloc « segment de clientèle ». Il ressort du corpus 45 modalités correspondant à l'ensemble des challenges et barrières exprimés par les répondants des huit études.

### 3.3 Un algorithme innovant pour le calcul d'un ordre consensus

Une fois le codage effectué, on dispose, pour chaque étude  $e_k$ , de la fréquence observée  $f(m_i, e_k)$  de la modalité  $m_i$  lorsqu'elle est présente. Cette distribution permet de déduire un ordre sur les modalités de chaque étude :  $m_i$  est préférée à  $m_j$  dans l'étude  $e_k$  si  $f(m_i, e_k) > f(m_j, e_k)$ . Pour

---

<sup>13</sup> Les mots clés utilisés pour la recherche Google : ["IoT" AND "Research"], ["IoT" AND "Survey"], ["IoT" AND "Etude"], ["IoT" AND "Drivers"], ["IoT" AND "Challenges"], ["IoT" AND "Concerns"]

<sup>14</sup> Clauss (2017) a développé une échelle de mesure de l'innovation du BM. Avant de générer les items de son échelle de mesure, l'auteur a d'abord récolté l'ensemble des composantes du BM proposées par la littérature. Il a ensuite assigné chaque composante identifiée à l'une des trois dimensions du BM (création de valeur, proposition de valeur, capture de la valeur) pour faire émerger dix sous-dimensions souches auxquelles seront adossés les items, eux-mêmes issus de la littérature académique et professionnelle.

<sup>15</sup> L'intervention d'un deuxième codeur a permis de consolider le codage

les comparer à l'échelle du corpus, l'objectif est d'établir un ordre consensus sur l'ensemble de toutes les modalités qui permet d'obtenir une cartographie globale des opinions des plus aux moins approuvées. Cependant, les études ayant été conduites de façon indépendante sur des échantillons de tailles différentes, et les modalités n'étant pas toutes présentes dans chacune des études, nous ne pouvions nous contenter de l'ordre induit par les sommes de fréquences sur l'ensemble des études. Les modalités ont donc été comparées deux à deux sur l'ensemble des études : pour chaque paire  $\{m_i, m_j\}$  de modalités on a calculé la différence  $\text{diff}(m_i, m_j)$  des fréquences d'approbation sur les études où  $m_i$  et  $m_j$  ont été proposées. Ces comparaisons peuvent se représenter de façon globale par un graphe orienté dont les sommets sont les modalités, et pour lequel il existe un arc entre la modalité  $m_i$  et la modalité  $m_j$  si  $\text{diff}(m_i, m_j) > 0$ . Les arcs sont pondérés par la différence  $\text{diff}(m_i, m_j)$ . Le problème consiste alors à trouver dans ce graphe un chemin qui respecte l'orientation des arcs : l'ordre des sommets rencontrés dans le parcours du chemin est un ordre consensus. On sait qu'un tel ordre existe s'il n'existe pas de circuit dans le graphe. Cependant, dans notre cas, le graphe contient des circuits et le problème revient à trouver les arcs à retourner pour éviter les circuits de somme de poids minimale. Ce problème est connu comme étant un problème combinatoire difficile (Hudry, 1989) et nous avons récemment proposé une adaptation (Affogbolo *et al.*, 2017) d'une approche de Branch & Bound (Guénoche, 2017) pour pouvoir calculer une solution en temps raisonnable sur les données de notre étude. Nous avons ainsi calculé l'ordre associé à l'ensemble des modalités. Dans l'analyse présentée ci-dessous nous avons retenu les extrémités des ordres (modalités pas ou peu dominées, ressortant donc comme les plus importantes ; les modalités très dominées, ressortant comme secondaires).

## 4. Résultats

### 4.1 Les challenges et barrières les plus importants

Selon les résultats de la méta-analyse, les trois premiers challenges et barrières évoqués comme les plus importants par les dirigeants décisionnaires interrogés au sein de notre corpus empirique concernent la faiblesse de l'infrastructure publique, la non ouverture de la technologie (non open source) et la sécurité des données personnelles. Ils ne convergent quasiment en aucun point avec les trois premiers challenges et barrières ressortant des travaux de Haddud *et al.* (2017) ou Kiel *et al.* (2017) en dehors de l'aspect sécurité. Cela dit, une analyse plus globale (le tableau 2 présente les challenges et barrières ressortant en début d'ordre, dans le premier quartile) révèle que comme les publics interrogés par ces auteurs, les répondants décisionnaires au sein de notre corpus empirique évoquent parmi les challenges et barrières les plus importants (le premier quartile) l'absence de stratégie ou de volonté de la hiérarchie, les barrières internes. Ces aspects convergent avec le manque de compréhension claire des bénéfices de l'IoT relevé par Haddud *et al.* (2017) ou la transformation organisationnelle évoquée par Kiel *et al.* (2017). Il apparaît également au sein de notre corpus que l'insuffisante qualification des salariés est une barrière importante. Cet aspect est aussi relevé par Haddud *et al.* (2017) lorsqu'ils évoquent les difficultés à constituer une équipe qualifiée. A l'inverse, Kiel *et al.* (2017) présentent les ressources humaines comme un challenge secondaire (voir tableau 1).

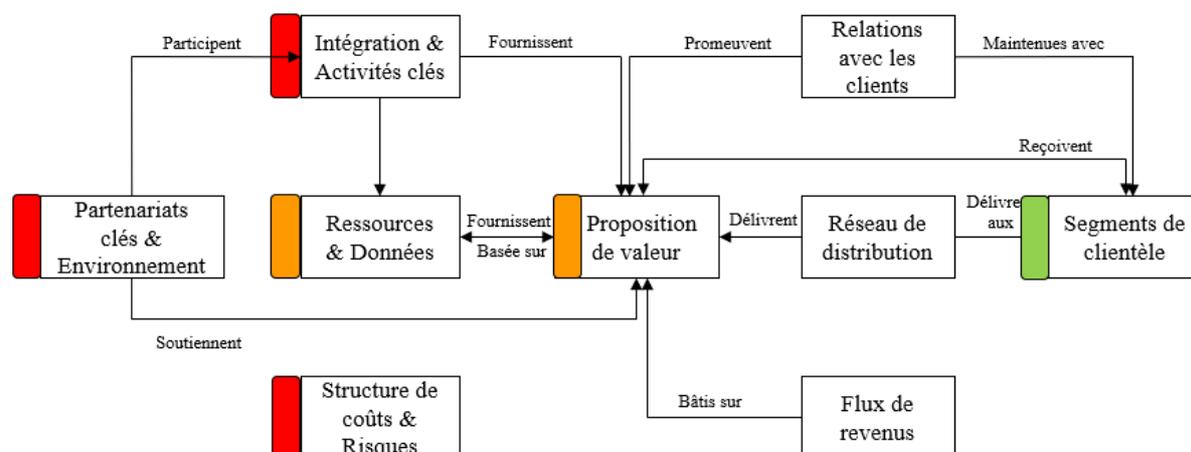
### 4.2 Les dimensions du BM les plus influencées

Le corpus pris dans son ensemble révèle que les challenges et barrières à l'adoption de l'IoT concernent six des neuf blocs proposés par le cadre d'analyse d'Osterwalder & Pigneur (2011).

	Modalités	Blocs du BM assignés
1	Faiblesse de l'infrastructure publique	Partenariats clés & environnement
2	Absence de standard ouvert en ce qui concerne la technologie	Partenariats clés & environnement
3	Problèmes de brèches donnant accès à des données personnelles	Structure coûts & risques
4	Qualification insuffisante des salariés	Ressources & données
5	Barrières internes	Intégration & activités clés
6	Interrogation sur stabilité des partenaires	Partenariats clés & environnement
7	Absence de stratégie, manque de volonté de la direction	Intégration & activités clés
8	Problèmes de sécurité	Structure coûts & risques
9	Immaturité des normes & standards	Partenariats clés & environnement
10	Incertitudes de l'environnement économique	Partenariats clés & environnement
11	Problèmes de confidentialité	Structure coûts & risques

**Tableau 2 : Les challenges et barrières à l'adoption de l'IoT les plus importants**

Toutefois ce sont les blocs *partenariats clé & environnement* (ou *réseau de valeur*) et *ressources & données* qui réunissent les plus grands nombres de modalités avec respectivement 31% et 27% de l'ensemble des modalités du corpus. Ces résultats convergent avec ceux de Arnold *et al.* (2016) et Dijkman *et al.* (2015) qui indiquent aussi que ces blocs du BM figurent parmi les plus influencés par l'adoption de l'IoT.



**Figure 2 : Les blocs du BM influencés par les challenges et barrières à l'adoption de l'IoT**

Légende : Rouge = blocs réunissant les plus importants challenges et barrières (au moins deux modalités ressortant dans le premier quartile) à l'adoption de l'IoT et à l'innovation grâce à l'IoT ;

Orange = blocs réunissant les challenges et barrières de moyenne importance ;

Vert = bloc d'importance secondaire ; une seule modalité ressortant comme barrière

En ce qui concerne les blocs réunissant les challenges et barrières les plus importants (blocs ayant au moins deux modalités présentes dans le premier quartile de l'ordre de consensus), le *réseau de valeur* ressort à nouveau en tête avec cinq modalités. Vient ensuite le bloc *structure*

*de coûts & risques* avec 3 modalités positionnées dans le premier quartile des challenges et barrières évoqués au sein du corpus empirique. Le troisième bloc réunissant d'importants challenges et barrières à l'adoption de l'IoT est *intégration & activités* clés. Deux de ses modalités ressortent au sein du premier quartile. La figure 2 présente l'importance des différents blocs en termes de challenges et barrières.

## 5. Discussion

Deux points majeurs méritent d'être discutés. Le premier concerne le réseau de valeur comme première source de challenges et barrières à l'adoption de l'IoT. Le deuxième concerne l'importance des ressources et de la donnée.

### 5.1 Le réseau de valeur comme première source de barrières

Selon l'ordre de consensus ressortant de la méta-analyse, le *réseau de valeur* apparaît comme le bloc du business model réunissant les challenges et barrières les plus importants selon les répondants décisionnaires interrogés au sein du corpus. Il semble constituer la première source d'entraves possibles à l'adoption de l'IoT. Laudien & Daxböck (2016), dans leur étude de cas multiples, relèvent par exemple que les entreprises peinent à convaincre leurs fournisseurs pour mettre en place une connexion inter-organisationnelle par l'IoT entre les chaînes de production, ces derniers craignant l'accès à des informations sensibles en ce qui concerne leurs processus de production, ainsi qu'une forme de dépendance (Velu, 2015) envers leurs clients. Le coût de mise en place d'un tel système inter-organisationnel constituerait aussi un frein (Laudien & Daxböck, 2016). Par déduction, cela entrave également les formes d'innovation possibles grâce à l'IoT, le réseau de partenaires (sous-traitants, entreprises proposant des services pouvant être pacakagés, etc.) devant participer à leur réalisation.

En mobilisant les théories de la dépendance envers les ressources (Pfeffer & Salancik, 1978) et des parties prenantes (Freeman *et al.*, 2004), il sera intéressant d'analyser comment les entreprises surmontent cette difficulté.

### 5.2 Les barrières induites par les ressources

Le bloc *ressources & données* n'a certes qu'une modalité présente au sein du premier quartile de l'ordre de consensus. Il n'est cependant pas moins important puisqu'il constitue le deuxième bloc en termes de modalités à l'échelle du corpus. Les challenges et barrières mentionnés ici par les répondants portent exclusivement sur trois facteurs : les ressources humaines, la donnée, le legacy<sup>16</sup>. Sur les ressources humaines, ils évoquent une insuffisance de qualification. En ce qui concerne la donnée, ils expriment des inquiétudes concernant la propriété, la portabilité et la capacité à l'analyser. Enfin sur le legacy, ils évoquent essentiellement des problèmes d'incapacité à être connecté. Chacun de ces facteurs est de nature à rendre plus difficile l'intégration des technologies connectées dans les activités de l'entreprise et à innover ou changer de business model (Saebi *et al.*, 2017). En outre, la conjonction de ces facteurs peut induire une forme de barrière cognitive (Chesbrough, 2010) chez les dirigeants.

---

<sup>16</sup> Système (équipement et/ou logiciel) patrimonial dont parfois la criticité rend le remplacement difficile

## 6. Conclusion

En dépit de la nature secondaire des données mobilisées pour la méta-analyse, cet article propose un éclairage nouveau sur les challenges et barrières à l'adoption de l'IoT par les entreprises. Appuyée sur un algorithme nouveau, sa démarche permet d'extraire un ordre consensus reflétant les principales tendances exprimées et, en particulier, de distinguer les dimensions et blocs du BM *a priori* les plus influencés par les challenges et barrières évoqués. En termes d'implications, les résultats suggèrent aux praticiens et institutionnels, d'aller au-delà d'un discours général en concentrant les efforts d'accompagnement managérial sur les points les plus saillants. D'autre part, ce travail exploratoire invite à ré-examiner les approches théoriques actuellement proposées concernant l'adoption de l'IoT.

## Références

Affogbolo R., Gauzente C., Guénoche A., Kuntz P. (2018), Méta-analyse ordinaire d'enquêtes d'opinion, Actes de la Conférence Extraction et Gestion des Connaissances, *Revue des Nouvelles Technologies de l'Information*, vol. RNTI-E-34, p.11-22.

Arnold C., Kiel D., Voigt K-I. (2016), How the Industrial Internet of Things Changes Business Models in Different Manufacturing Industries, *International Journal of Innovation Management*, vol. 20, n°8, 1640015.

Atzori L., Iera A., Morabito G. (2010), The Internet of Things: A Survey, *Computer Networks*, vol. 54, n°15, p.2787-2805.

Besson P., Rowe F. (2012), Strategizing Information Systems-Enabled Organizational Transformation: A Transdisciplinary Review and New Directions, *Journal of Strategic Information Systems*, vol. 21, n°2, p.103-124.

Bogers M., Chesbrough H., Moedas C. (2018), Open Innovation: Research, Practices, and Policies, *California Management Review*, vol. 60, n°2, p. 5-16.

Borgia E. (2014), The Internet of Things Vision: Key Features, Applications and Open Issues, *Computer Communications*, vol. 54, p.1-31.

Bucherer E., Uckelmann D. (2011), 10 Business Models for the Internet of Things in D. Uckelmann, M. Harrison and F. Michahelles (eds), *Architecting the Internet of Things*, Springer, Berlin, Germany, p. 253-276.

Chesbrough H. (2010), Business Model Innovation: Opportunities and Barriers, *Long Range Planning*, vol. 43, n°2-3, p. 354-363.

DaSilva C.M., Trkman P. (2014), Business Model: What It Is and What It Is Not, *Long Range Planning*, vol. 47, n°6, p. 379-389.

Datta S.P.A. (2015), L'Internet des objets : la troisième révolution industrielle, *Logistique & Management*, vol. 23, n°3, p.29-33.

- de Senzi Zancul E., Takey S.M., Barquet A.P.B., Kuwabara L.H, Miguel P.A.C, Rozenfeld H. (2016), "Business Process Support for IoT Based Product-Service Systems (PSS)", *Business Process Management Journal*, vol. 22, n°2, p.305-323.
- Demil B., Lecocq X. (2010), Business Model Evolution : In Search of Dynamic Consistency, *Long Range Planning*, vol. 43, n°2-3, p.227-246.
- Díaz-Díaz R., Muñoz L., Pérez-González D. (2017), Business Model Analysis of Public Services Operating in the Smart City Ecosystem: The Case of SmartSantander, *Future Generation Computer Systems*, vol. 76, p. 198-214.
- Dijkman R.M., Sprenkels B., Peeters T., Janssen A. (2015), Business Models for The Internet of Things, *International Journal of Information Management*, vol. 35, n°6, p. 672-678.
- Freeman R.E., Wicks A.C., Parmar B. (2004), Stakeholder Theory and “The Corporate Objective Revisited”, *Organization Science*, vol. 15, n°3, p.364-369.
- Guénoche A. (2017), Analyse des préférences et tournois pondérés, *Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Sciences*, vol. 2, (Eds. R. Figueiredo & V. Labatut).
- Haddud A., DeSouza A., Khare A., Lee H. (2017), Asset Transformation and the Challenges to Servitize a Utility Business Model, *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 28, n°8, p. 1055-1085.
- Hudry O. (1989), *Recherche d'ordres médians : complexité, algorithmique et problèmes combinatoires*, Thèse de doctorat, ENST Paris.
- Ives B., Rodriguez J.A., Palese B. (2016), The Internet of Things Has the Potential to Reshape Businesses, *MIS Quarterly Executive*, vol. 15, n°4, p.279-297.
- Kiel D., Müller J.M., Arnold C., Voigt K-I. (2017), Sustainable Industrial Value Creation: Benefits and Challenge of Industry 4.0, *International Journal of Innovation Management*, vol. 21, n°8, 1740015.
- Laroche P. (2015), Introduction à la méthodologie méta-analytique in P. Laroche (ed), *La méta-analyse – Méthodes et applications en sciences sociales*, De Boeck, Louvain-la-Neuve, Belgique, p. 17-58.
- Laudien S.M., Daxböck B. (2016), The Influence of the Industrial Internet of Things on Business Model Design: A Qualitative-Empirical Analysis, *International Journal of Innovation Management*, vol. 20, n°8, 1640014.
- Lee I., Lee K. (2015), The Internet of Things (IoT): Applications, Investments, and Challenges for Enterprises, *Business Horizons*, vol. 58, n°4, p.431-440.
- Littell J.H., Corcoran J., Pillai V. (2008), *Systematic Reviews and Meta-analysis*, Pocket Guide to Social Work Research Methods, New-York: Oxford University Press.

- Mattern F., Floerkemeier D. (2010), From the Internet of Computers to the Internet of Things in K. Sachs, I. Petrov and P. Guerrero (eds), *From Active Data Management to Event-Based Systems and More*, Springer, Berlin, Germany, p. 242-258.
- Monjardet B. (1973), Tournoi et ordre médian pour une opinion, *Mathématiques et Sciences Humaines*, vol. 43, p.55-73
- Morris M., Schindehutte M., Allen J. (2005), The Entrepreneur's Business Model: Toward a Unified Perspective, *Journal of Business Research*, vol. 58, n°6, p. 726-735.
- Osterwalder A., Pigneur Y. (2011), *Business Model : Nouvelle génération*, Pearson, France.
- Pfeffer J., Salancik G.R. (1978), *The External Control of Organizations*, Harper & Row, New York.
- Porter M.E., Heppelmann J.E. (2015), How Smart, Connected Products Are Transforming Companies, *Harvard Business Review*, vol. 93, n°10, p. 97-114.
- Porter M.E., Heppelmann J.E. (2014), How Smart, Connected Products Are Transforming Competition, *Harvard Business Review*, vol. 92, n°11, p. 64-88.
- Revelli C., Viviani J-L. (2013), Performance financière de l'investissement socialement responsable (ISR) : une méta-analyse, *Finance Contrôle Stratégie*, vol. 15, n°4, p. 2-32.
- Rymaszeskwa A., Helo P., Gunasekaran A. (2017), IoT Powered Servitization of Manufacturing – an Exploratory Case Study, *International Journal of Production Economics*, vol. 192, p. 92-105.
- Saebi T., Lien L., Foss N.J. (2017), What Drives Business Model Adaptation? The Impact of Opportunities, Threats and Strategic Orientation, *Long Range Planning*, vol. 50, n°5, p.567-581
- Sinkovics N., Sinkovics R.R., Yamin M. (2014), The Role of Social Value Creation in Business Model Formulation at the Bottom of the Pyramid – Implications for MNEs, *International Business Review*, vol. 23, n°4, p. 692-707.
- Shafer S.M., Smith H.J., Linder J.C. (2005), The Power of Business Models, *Business Horizons*, vol. 48, n°3, p. 199-207.
- Sosna M., Trevinyo-Rodriguez R-N., Velamuri S.R. (2010), Business Model Innovation through Trial-and-Error Learning, *Long Range Planning*, vol. 43, n°2-3, p. 383-407.
- Ttaran Y., Boer H., Lindgren P. (2015), A Business Model Innovation Typology, *Decision Sciences*, vol. 46, n°2, p.301-331.
- Teece D.J. (2010), Business Models, Business Strategy and Innovation, *Long Range Planning*, vol. 43, n°2-3, p. 172-194.

Velu C. (2015), Business Model Innovation and Third-party Alliance on the Survival of New Firms, *Technovation*, vol. 35, p.1-11.

Venkatraman N., Henderson J.C. (2008), Four Vectors of Business Model Innovation: Value Capture in a Network ERA in D. Pantaleo and N. Pal (eds), *From Strategy to Execution*, Springer, Berlin, Germany, p. 259-280.

Walsh I., Renaud A. (2010), La théorie de la traduction revisitée ou la conduite du changement traduit. Application à un cas de fusion-acquisition nécessitant un changement de Système d'Information, *Management & Avenir*, vol. 9, n°39, p. 283-302.

Want R. (2010), An Introduction to Ubiquitous Computing in J. Krumm (ed), *Ubiquitous Computing Fundamentals*, Taylor and Francis Group, Boca Raton, USA, p. 1-35.

Whitmore A., Agarwal A., Xu L.D (2015), The Internet of Things – A Survey of Topics and Trends, *Information Systems Frontiers*, vol. 47, n°2, p. 261-274.

Wirtz B.W., Pistoia A., Ullrich S., Göttel V. (2016), Business Models: Origin, Development and Future Research Perspectives, *Long Range Planning*, vol. 49, n°1, p. 36-54.

Zott C., Amit R., Massa L. (2016), The Business Model: Recent Developments and Future Research, *Journal of Management*, vol. 37, n°4, p. 1019-1042.