



Institut National de Statistique
et d'Economie Appliquée



Centre des Etudes Doctorales
Sciences, Ingénierie
et Développement Durable

Avis de soutenance de thèse de Doctorat

Madame Meryem BENOTMANE

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat
le **Vendredi 22 décembre à 15h**
à la salle de conférence de l'INSEA

Intitulé de la thèse

« **Maturity Assessment of Information Systems in the Context of Digital/IoT Transformation** »

Laboratoire de recherche : SI2M

Spécialité : Systèmes d'information et systèmes intelligents

Devant le jury composé de :

Président :

Pr. Mohammed BOULMALF, Professeur et Doyen de la faculté ELIT, UIR

Directeur de thèse :

Pr. Adil Kabbaj, PES, INSEA

Co-directrice:

Pr. Kaoutar ELHARI, PH, INSEA

Membres du jury :

Pr. Rajaa SAIDI, PES, INSEA (*Examinatrice*)

Pr. Maryam RADGUI, PH, INSEA (*Rapporteur*)

Pr. Faissal OUARDI, PES, Université Mohammed V, Rabat (*Rapporteur*)

Pr. Najima DAOUDI, PES, ESI, Rabat (*Rapporteur*)

ABSTRACT

Nowadays, **D**igital **T**ransformation (DT) is drastically changing industries and societies. It accelerates the evolution of business strategies, models, activities, processes, skills, competencies, and **I**nformation **S**ystems (IS) across all sectors, driven by digital technologies. At the forefront of this transformation is **I**ndustry **4.0** (I4.0), introduced by the German government in 2011. Its goal is to use innovative technologies to make traditional industries intelligent, fully digitizing physical assets, and enhancing global competitiveness. The **I**nternet of **T**hings (IoT) plays a key role in advancing I4.0, connecting objects, sharing data, and enabling processes and services with or without human intervention. While IoT offers numerous opportunities, it also presents significant challenges.

The literature review shows that many researchers and practitioners have tried to create IoT solutions, but they often operate separately, resulting in disparate outcomes and results. This highlights the persistent issue of standardization in the complex IoT landscape. In the corporate context, evaluating IoT implementation status is challenging, making it difficult to address deficiencies and create action plans. This emphasizes the need for structured methodologies, tools, and approaches to assess IoT maturity.

This research aims to create a novel IoT **M**aturity **A**ssessment (MA) framework including a methodology and a **M**aturity **M**odel (MM). The methodology involves a literature review, gap analysis, model design, expert inputs analysis, and prototype development. The result is a well-structured IoT assessment framework with a four-step methodology and a five-level, five-dimensional MM. What sets it apart is its methodical, comprehensive, and holistic approach. The methodology promotes shared understanding, helping companies assess their IoT maturity systematically. The MM provides holistic evaluation criteria from business to technical aspects. It derives insights from experts, real-world implementations, and scientific sources, offering a valuable, practical framework tailored to business needs. The prototype, implemented within a business context across three cases, confirmed the practical significance of the framework by evaluating the current status, setting target objectives, and identifying crucial steps required for achieving IoT transformation objectives.

KEY WORDS

Digital Transformation (DT), Industry 4.0 (I4.0), Internet of Things (IoT), Maturity Assessment (MA), Maturity Model (MM).

RESUME

Actuellement, la Transformation Numérique (TN) modifie de manière significative les industries et les sociétés. Elle accélère l'évolution des stratégies commerciales, des modèles, des activités, des processus, des compétences et des systèmes d'information dans tous les secteurs, sous l'impulsion des technologies numériques. À la pointe de cette transformation se trouve l'Industrie 4.0 (I4.0), introduite par le gouvernement allemand en 2011. Son objectif est d'utiliser des technologies innovantes pour rendre les industries traditionnelles intelligentes, en numérisant pleinement les actifs physiques et en renforçant la compétitivité mondiale. L'Internet des Objets (IdO) joue un rôle clé dans la promotion de l'I4.0, en connectant des objets, en partageant des données et en activant des processus et des services avec ou sans intervention humaine. Bien que l'IdO offre de nombreuses opportunités, il présente également d'importants défis.

La revue de littérature montre que de nombreux chercheurs et praticiens ont tenté de créer des solutions IdO, mais celles-ci ont été développées en parallèle, ce qui a donné lieu à des résultats disparates. Cela met en évidence le problème persistant de la normalisation dans l'écosystème de l'IdO. Dans le contexte des entreprises, l'évaluation de l'état de mise en œuvre de l'IdO est complexe, ce qui rend difficile la résolution des lacunes et la création de plans d'action. Cela souligne la nécessité de méthodologies, d'outils et d'approches structurés pour évaluer la maturité de l'IdO.

Les contributions de cette recherche visent à créer un nouveau cadre d'évaluation de la maturité de l'IdO combinant une approche méthodologique avec un modèle de maturité. La méthodologie comprend une revue de littérature, une analyse des écarts, la conception d'un modèle, une analyse des apports d'experts et le développement d'un prototype. Le résultat est un cadre d'évaluation de l'IdO bien structuré, comprenant une méthodologie en quatre étapes et un modèle de maturité à cinq niveaux et à cinq dimensions. Ce qui le distingue, c'est son approche méthodique, complète. La méthodologie favorise la compréhension partagée, aidant les entreprises à évaluer systématiquement leur maturité en matière d'IdO. Le modèle de maturité fournit des critères d'évaluation holistiques, couvrant les aspects métiers et techniques. Il tire des enseignements des experts, des mises en œuvre dans le monde réel et des sources scientifiques, offrant, ainsi, un cadre précieux et pratique adapté aux besoins des entreprises. Le prototype, déployé dans un contexte d'entreprise à travers trois cas d'études, a validé la pertinence pratique du cadre en évaluant l'état actuel, en définissant des objectifs cibles et en identifiant les étapes cruciales requises pour atteindre les objectifs de transformation de l'IdO.

MOTS CLES

Industrie 4.0 (I4.0), Internet des Objets (IdO), Modèle d'assessment (MA), Modèle de maturité (MM), Transformation Numérique (TN).

ملخص

في وقتنا الحالي، قام التحول الرقمي بتغيير كيفية عمل الصناعات والمجتمعات بشكل جذري. هذا التحول المستمر يعجل من تطوير استراتيجيات نماذج وأنشطة وعمليات خاصة بالأعمال ومهارات وكفاءات وأنظمة المعلومات عبر جميع قطاعات الصناعة، وذلك تحت تأثير التقنيات الرقمية. في مقدمة هذه التطورات الرقمية توجد الصناعة 4.0، وهي تكنولوجيا رقمية محورية تم تقديمها من قبل الحكومة الألمانية في عام 2011. ويكمن الهدف الرئيسي لهذه التكنولوجيا في استخدام التكنولوجيات المبتكرة لتحويل الصناعات التقليدية إلى صناعات ذكية، مما يسهل الرقمنة الكاملة ويزيد من التنافسية العالمية. يلعب إنترنت الأشياء دورًا مركزيًا في تطوير الصناعة 4.0، حيث يقوم بربط أشياء أو عناصر متنوعة، ومشاركة البيانات، وتمكين العمليات والخدمات سواء بتدخل بشري أو بدون. يقدم إنترنت الأشياء مجموعة واسعة من الفرص وإمكانيات التطبيق في عدد شاسع من المجالات. لكنه، من جهة أخرى، يطرح أيضًا تحديات كبيرة ويتطلب حلولاً مبتكرة.

تظهر مراجعة الأدبيات أن عددًا من الباحثين والممارسين بذلوا جهدًا لإنشاء حلول ومنصات إنترنت الأشياء لمعالجة هذه التحديات. ومع ذلك، كانت هذه المبادرات في كثير من الأحيان متشعبة في مسارات متوازية، مما أدى إلى نتائج متباينة ومختلفة. وهذا ما يبرز مشكلة التوحيد في نظام إنترنت الأشياء، ولا سيما ضمن المشهد المعقد والمتنوع لهذا المجال. في سياق الشركات، تواجه جهود اعتماد إنترنت الأشياء تحديات بسبب عدم وجود ممارسات موحدة وعدم التيقن بشأن فوائدها وتدابيرها. بعض الشركات تواجه أيضًا صعوبة في تقييم حالة تنفيذ إنترنت الأشياء الخاصة بها، مما يجعل من الصعب تحديد النواقص ووضع خطط عمل ومبادرات وبرامج ملموسة. هذا النقص في الفهم حول نظام إنترنت الأشياء وغايات الإجراءات الموحدة يشددان على ضرورة وضع منهجيات وأدوات ومقاربات منظمة لتقييم نضج تحول إنترنت الأشياء والإشراف عليه.

هذا البحث يهدف إلى إنشاء إطار تقييم جديد لنضج إنترنت الأشياء، وذلك لمساعدة الشركات في مبادرات تحولها في هذا المجال. وتشمل منهجيته مراجعة للأدبيات وتحليلًا للثغرات وتصميم نموذج وإسهامات الخبراء من خلال دراسة «دلفي» وتطوير نموذج تجريبي لاختباره والتحقق منه. يسهم هذا البحث في تعزيز فهم الأصول الحالية لنظام إنترنت الأشياء ويقترح إطارًا منهجيًا. يتضمن هذا الإطار منهجية مكونة من أربع خطوات ونموذج نضج من خمسة مستويات وخمسة أبعاد. وبشكل مميز عن النماذج الأخرى، تكمن مساهمتنا الأساسية في إطار تقييم إنترنت الأشياء في كونها أكثر منهجية وشمولية. تعمل المنهجية المكونة من أربع خطوات على تعزيز الفهم المشترك لأهداف الخطوات، بينما تساعد الشركات في تقييم نضج إنترنت الأشياء الخاصة بها بطريقة منهجية من جهة أخرى. يقدم نموذج النضج معايير تقييم دقيقة وشاملة، مما يسهل التقييم الشامل من الجانب التجاري إلى الجانب التقني. جانب آخر ملفت للانتباه في نموذجنا هو أنه يستند إلى رؤى الخبراء وكذا إلى تطبيقات في العالم الحقيقي، بالإضافة إلى مصادر علمية وأدبية. يجعل هذا التوازن للنموذج قيمة استثنائية للشركات، حيث يوفر لها إطار تقييم كامل وواقعي يتوافق مع احتياجاتها العملية الخاصة.

الكلمات الدالة

التحول الرقمي، الصناعة 4.0، إنترنت الأشياء، تقييم النضج.