

L'INTÉGRATION DE LA LOGISTIQUE DANS L'INDUSTRIE 4.0

Taha LOTFOULLAH

Hamza DAKHCHA

Gestion de Production Logistique et Achats

Mémoire de recherche

Résumé : Introduction trop longue: Elle ne doit pas dépasser 20 lignes max
Vos paragraphes ne sont pas justifiés

Cet article traite l'avènement de l'intégration de la logistique dans l'industrie 4.0 qui a apporté une transformation majeure dans les secteurs industriels, en intégrant les technologies numériques et l'automatisation avancée dans les processus de production et de transport. Au cœur de cette révolution se trouve la logistique, qui joue un rôle crucial dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement. La logistique dans l'industrie 4.0 repousse les limites traditionnelles en utilisant des technologies innovantes telles que l'Internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle (IA), la robotique, la blockchain et l'analyse des données. Ces avancées permettent de créer des systèmes interconnectés et intelligents capables de collecter, d'analyser et d'utiliser des informations en temps réel pour optimiser la planification, l'exécution et le contrôle des opérations logistiques. L'importance de la logistique dans l'industrie 4.0 réside dans sa capacité à améliorer l'efficacité, la flexibilité et la transparence de la chaîne d'approvisionnement. Grâce à la collecte de données en temps réel, les entreprises peuvent suivre et contrôler leurs opérations logistiques à chaque étape, de la gestion des stocks à la livraison finale. Cela permet une meilleure visibilité et traçabilité des produits, réduisant ainsi les risques de perte, de vol ou de contrefaçon. De plus, la logistique dans l'industrie 4.0 offre des opportunités d'optimisation des processus. L'automatisation des entrepôts et des centres de distribution permet une gestion plus efficace des stocks, des opérations de picking et de packing, ainsi qu'une meilleure gestion des flux de marchandises. Les technologies de prévision et d'analyse des données aident à anticiper les besoins en approvisionnement, à optimiser les itinéraires de transport et à réduire les coûts. L'adoption de la logistique dans l'industrie 4.0 a également un impact significatif sur la satisfaction des clients. Grâce à une meilleure gestion des délais de livraison, à la personnalisation des produits et à une communication transparente tout au long du processus, les entreprises peuvent offrir des expériences client améliorées et renforcer leur avantage concurrentiel.

Le terme "logistique 4.0" a été utilisé pour la première fois lors du salon IAA en 2011, qui se concentre sur les véhicules utilitaires, la logistique, le transport et la mobilité. Ce concept décrit une approche moderne de la logistique qui intègre la mise en réseau, la numérisation et l'utilisation du cloud. L'objectif de la logistique 4.0 est de relever plusieurs défis, tels que la réduction de la distance entre le produit et le consommateur final, l'amélioration de la communication et l'optimisation de la chaîne d'approvisionnement.

Dans le contexte de l'industrie 4.0, la logistique joue un rôle clé pour répondre à ces défis. Alors qu'auparavant, les usines produisaient des biens en grande quantité et à l'avance, aujourd'hui, la production est influencée par les besoins du consommateur, que ce soit en termes de quantité ou de personnalisation.

La logistique 4.0 doit donc s'adapter à un nombre croissant d'exigences et répondre aux demandes croissantes de personnalisation grâce à des concepts tels que la "smart production" et la production "Just-In-Time" (au bon moment). La personnalisation des biens n'est pas simplement un argument marketing, mais témoigne d'un changement profond dans les modes de consommation.

D'un autre côté, cet avènement de la logistique 4.0, qui intègre les technologies numériques et l'automatisation avancée dans les processus logistiques, présente également certains défis et problèmes qui s'opposent à la vision des entreprises au niveau de la cybersécurité, l'intégration des systèmes et les coûts d'investissement.

Absence de mots clés

Abstract:

This article discusses the advent of logistics integration in Industry 4.0, which has brought about a major transformation in industrial sectors, integrating digital technologies and advanced automation into production and transportation processes. At the heart of this revolution is logistics, which plays a crucial role in supply chain management. Logistics in Industry 4.0 is pushing traditional boundaries by using innovative technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), robotics, blockchain and data analytics. These advances enable the creation of interconnected, intelligent systems capable of collecting, analyzing and using real-time information to optimize the planning, execution and control of logistics operations. The importance of logistics in Industry 4.0 lies in its ability to improve supply chain efficiency, flexibility and transparency. Thanks to real-time data collection, companies can monitor and control their logistics operations at every stage, from inventory management to final delivery. This enables greater visibility and traceability of products, reducing the risk of loss, theft or counterfeiting. What's more, logistics in Industry 4.0 offers opportunities for process optimization. The automation of warehouses and distribution centers enables more efficient inventory management, picking and packing operations, and better management of goods flows. Forecasting and data analysis technologies help to anticipate supply needs, optimize transport routes and reduce costs. The adoption of logistics in Industry 4.0 also has a significant impact on customer satisfaction. Thanks to better management of delivery times, product personalization and transparent communication throughout the process, companies can offer enhanced customer experiences and strengthen their competitive edge.

The term "logistics 4.0" was first used at the IAA trade show in 2011, which focuses on commercial vehicles, logistics, transport and mobility. The concept describes a modern approach to logistics that incorporates networking, digitization and the use of the cloud. The aim of logistics 4.0 is to meet a number of challenges, such as reducing the distance between product and end consumer, improving communication and optimizing the supply chain.

In the context of Industry 4.0, logistics plays a key role in meeting these challenges. Whereas in the past, factories produced goods in large quantities and in advance, today production is influenced by consumer needs, whether in terms of quantity or customization.

Logistics 4.0 must therefore adapt to a growing number of requirements and respond to increasing demands for personalization thanks to concepts such as "smart production" and "Just-In-Time" production. The personalization of goods is not simply a marketing argument, but reflects a profound change in consumer habits.

On the other hand, this advent of logistics 4.0, which integrates digital technologies and advanced automation into logistics processes, also presents certain challenges and problems that clash with companies' vision in terms of cybersecurity, system integration and investment costs.

Mots clés : Industrie 4.0, logistique 4.0, IoT, RFID, IA, BIG DATA, WMS, TMS.

Key words : Industry 4.0, logistics 4.0, IoT, RFID, AI, BIG DATA, WMS, TMS.

Table de matière :

1. Introduction	1
2. Les concepts liés à l'intégration de la logistique dans l'industrie 4.0	2
3. Evolution de la logistique dans l'industrie 4.0	6
4. Les approches technologiques de l'intégration des systèmes logistiques dans l'industrie 4.0	8
5. Optimisation des processus industriels avec les opérations de la logistique 4.0	9
6. La traçabilité et la transparence	10
7. La gestion des données et de la sécurité	11
8. les avantages et les défis potentiels de l'adoption des technologies de l'industrie 4.0	13
9. Etudes de cas	15
10. Synthèse et conclusion	20
11. Remerciement	21
12. Bibliographie	22

Aucune problématique définie

Pas d'objectifs

Pas de présentation de la structure du document

1) Introduction :

L'industrie 4.0, souvent qualifiée de quatrième révolution industrielle, a révolutionné les processus de production et de gestion dans de nombreux secteurs. Cette transformation numérique a également eu un impact significatif sur le domaine de la logistique. L'intégration de la logistique dans l'industrie 4.0 représente une étape cruciale pour permettre une gestion plus efficace, une meilleure coordination et une prise de décision plus éclairée tout au long de la chaîne d'approvisionnement. L'industrie 4.0 se caractérise par l'utilisation de technologies avancées telles que l'internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle (IA), la robotique, la réalité augmentée et la blockchain. Ces technologies ont permis de connecter les différents acteurs de la chaîne logistique, de collecter et d'analyser des quantités massives de données en temps réel, et de mettre en place des processus automatisés et autonomes.

L'intégration de la logistique dans l'industrie 4.0 offre de nombreux avantages. Tout d'abord, elle permet une visibilité accrue sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, offrant ainsi une meilleure traçabilité des produits et une gestion plus efficace des stocks. Les capteurs IoT peuvent surveiller en temps réel les mouvements des marchandises, les conditions de stockage, les niveaux de stock, ce qui permet de détecter rapidement les problèmes et d'optimiser les flux logistiques. En outre, l'utilisation de l'IA et de l'analyse de données dans la logistique 4.0 permet de prévoir plus précisément la demande, d'optimiser les itinéraires de livraison, de réduire les délais de livraison et d'améliorer la planification des opérations logistiques. Les algorithmes d'optimisation peuvent prendre en compte plusieurs variables, telles que les contraintes de capacité, les coûts de transport et les exigences des clients, pour proposer des solutions logistiques plus efficaces et rentables. L'intégration de la logistique dans l'industrie 4.0 favorise également la collaboration entre les acteurs de la chaîne d'approvisionnement. Les plateformes numériques permettent aux fournisseurs, transporteurs, distributeurs et clients de partager des informations en temps réel, de coordonner leurs activités et d'anticiper les besoins et les problèmes potentiels. Cela favorise une communication fluide et une prise de décision plus rapide, ce qui permet d'optimiser l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement et de répondre aux exigences croissantes des clients en termes de réactivité et de personnalisation.

2) Les concepts liés à l'intégration de la logistique dans l'industrie 4.0

L'intégration de la logistique dans l'industrie 4.0 implique l'utilisation de divers concepts et technologies pour améliorer les processus logistiques.

1er Concept : **L'internet des objets (IoT)**, est l'un des concepts clés dans la logistique 4.0, il consiste en la connectivité et l'échange de données entre des objets physiques dotés de capteurs, de dispositifs électroniques et de logiciels embarqués. Dans le contexte de la logistique, l'IoT permet de connecter et de surveiller en temps réel un large éventail d'actifs physiques, tels que les véhicules, les équipements de manutention, les conteneurs, les entrepôts, les produits et les emballages. L'intégration de l'IoT dans la logistique offre de nombreux avantages. Tout d'abord, elle permet une visibilité accrue sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. Les capteurs IoT placés sur les actifs logistiques peuvent collecter des données précises sur leur emplacement, leur statut, leur état et leur utilisation. Ces informations en temps réel permettent de suivre les mouvements des marchandises, de surveiller les conditions de stockage (température, humidité, etc.) et de détecter rapidement les éventuels problèmes ou retards. En utilisant l'IoT, les entreprises peuvent également optimiser les opérations logistiques. Les données collectées peuvent être analysées pour identifier les goulots d'étranglement, les inefficacités et les opportunités d'amélioration dans la chaîne d'approvisionnement. Par exemple, en surveillant la performance des véhicules de livraison à l'aide de capteurs IoT, il est possible d'optimiser les itinéraires, d'améliorer la planification des tournées et de réduire les temps de transit.

Un autre avantage de l'IoT dans la logistique 4.0 est la capacité d'automatiser et de prendre des décisions en temps réel. Les capteurs IoT peuvent collecter des données en continu, ce qui permet de détecter les problèmes ou les incidents dès qu'ils se produisent. Par exemple, un capteur de température peut alerter en cas de variation critique, permettant ainsi d'agir rapidement pour préserver l'intégrité des produits sensibles.

2ème concept : L'intelligence artificielle, L'IA se réfère à la capacité des machines et des systèmes informatiques à exécuter des tâches qui nécessitent normalement l'intelligence humaine, telles que la perception, le raisonnement, l'apprentissage et la prise de décision. Son intégration dans la logistique 4.0 offre de nombreuses possibilités d'amélioration des opérations logistiques.

L'IA peut être appliquée à différents aspects de la logistique pour optimiser les processus et prendre des décisions plus efficaces, notamment la Prévision de la demande : L'IA peut analyser de vastes quantités de données historiques, telles que les tendances de vente, les événements saisonniers et les facteurs économiques, pour prédire la demande future avec une plus grande précision. Cela permet aux entreprises d'ajuster leurs niveaux de stock, d'optimiser la planification de la production et de réduire les coûts liés aux stocks excédentaires ou insuffisants. L'optimisation des itinéraires : L'IA peut être utilisée pour optimiser les itinéraires de livraison en tenant compte de plusieurs paramètres, tels que les conditions de circulation, les contraintes de temps, les coûts et les préférences du client. Cela permet de réduire les temps de trajet, d'optimiser l'utilisation des ressources et de minimiser les coûts de transport. La gestion des entrepôts intelligents : L'IA peut être utilisée pour optimiser la gestion des entrepôts en analysant les données en temps réel sur les niveaux de stock, les emplacements de stockage, les mouvements des marchandises et les prévisions de demande. Cela permet d'optimiser l'allocation des ressources, d'améliorer la productivité des opérations de picking et de réduire les erreurs de gestion des stocks. La maintenance prédictive : L'IA peut analyser les données de capteurs et de maintenance pour prédire les pannes et les défaillances des équipements. En utilisant des algorithmes d'apprentissage automatique, l'IA peut détecter les signaux avant-coureurs de problèmes, ce qui permet de planifier la maintenance de manière proactive, de minimiser les temps d'arrêt et d'optimiser la disponibilité des équipements. L'assistance à la décision : L'IA peut fournir une

assistance précieuse pour la prise de décision en analysant les données, en identifiant les tendances et en recommandant les meilleures actions à entreprendre. Cela peut inclure des décisions liées à l'approvisionnement, à la gestion des risques, à l'affectation des ressources et à la planification stratégique.

3ème concept : BIG DATA, elle fait référence à l'ensemble volumineux, varié et en constante croissance de données générées par les différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement. Ces données proviennent de diverses sources, telles que les capteurs IoT, les systèmes de gestion des entrepôts, les transactions commerciales, les réseaux sociaux, les informations géographiques... L'intégration de la Big Data dans la logistique 4.0 offre des possibilités d'analyse approfondie et de prise de décision éclairée. Similaire à l'intelligence artificielle en plusieurs avantages, elle optimise la prévision de la demande : La Big Data permet d'analyser les tendances passées, les données démographiques, les événements saisonniers, les promotions et d'autres facteurs pour prédire la demande future avec une plus grande précision. Cela permet aux entreprises de mieux planifier leurs niveaux de stock, d'ajuster leur production en conséquence et de répondre plus efficacement à la demande du marché. Ainsi que l'optimisation des itinéraires : En utilisant la Big Data, les entreprises peuvent analyser des données en temps réel sur les conditions de trafic, les retards, les incidents et les prévisions météorologiques pour optimiser les itinéraires de transport. Cela permet de réduire les temps de trajet, d'améliorer la ponctualité des livraisons, de minimiser les coûts de transport et d'optimiser l'utilisation des ressources., la gestion des stocks : La Big Data permet d'analyser les données sur les niveaux de stock, les taux de rotation, les délais de livraison des fournisseurs, les tendances saisonnières, les comportements des clients, etc. Ces analyses aident les entreprises à optimiser leurs politiques de stockage, à minimiser les coûts liés aux stocks excédentaires ou insuffisants, à réduire les ruptures de stock et à améliorer la disponibilité des produits. La gestion des performances et de la qualité : La Big Data permet de collecter et d'analyser des données sur les performances des fournisseurs, les taux de retour, les défauts de qualité, les délais de livraison, les temps de traitement des commandes, etc. Ces analyses permettent d'identifier les problèmes de manière proactive, de mettre en place des actions correctives et d'améliorer continuellement les performances de la chaîne d'approvisionnement. L'optimisation des processus logistiques : La Big Data permet d'analyser les données sur les temps de traitement, les flux de travail, les activités de manutention, les emplacements de stockage, les coûts de main-d'œuvre... Ces analyses permettent d'identifier les inefficacités, les goulots d'étranglement et les opportunités d'amélioration pour optimiser les processus logistiques et réduire les coûts opérationnels.

4ème concept : Cloud Computing, il transforme la façon dont les données et les applications sont gérées et utilisées dans le domaine de la logistique. Le Cloud Computing implique l'accès à distance et la gestion des données, des applications et des ressources informatiques via Internet, plutôt que de les stocker et de les gérer localement sur des serveurs physiques. Il agit directement sur le stockage des données en offrant une capacité de stockage évolutive et flexible pour gérer les vastes quantités de données générées par les différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement. Les entreprises peuvent stocker leurs données logistiques dans le cloud, ce qui leur permet d'accéder facilement à ces données de n'importe où et à tout moment, favorisant ainsi la collaboration et la connectivité entre les différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement, cet avantage permet principalement à faciliter l'analyse des données : Le Cloud Computing permet d'exécuter des analyses avancées sur les données logistiques à grande échelle. Les entreprises peuvent utiliser des outils d'analyse de données basés sur le cloud pour extraire des informations précieuses à partir des données, telles que les tendances de la demande, les modèles de comportement des clients, les performances des fournisseurs...

Cela permet de prendre des décisions éclairées et de mettre en œuvre des améliorations stratégiques dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement. Ainsi, il est indispensable pour faciliter l'intégration des systèmes et des applications logistiques, les entreprises peuvent utiliser des services cloud pour connecter et synchroniser leurs systèmes ERP (Enterprise Resource Planning), WMS (Warehouse Management System), TMS (Transportation Management System) et d'autres outils logistiques, permettant ainsi un échange fluide de données et une meilleure coordination des opérations logistiques. Enfin, le Cloud Computing dans le même chemin que l'intelligence artificielle et la Big Data, il permet aux entreprises de s'adapter rapidement aux fluctuations de la demande et aux besoins changeants de la logistique. Les ressources informatiques peuvent être facilement ajustées à la hausse ou à la baisse en fonction des exigences, ce qui permet une gestion plus efficace des pics de charge, des projets spécifiques et des changements dans les opérations logistiques.

3) Evolution de la logistique dans l'industrie 4.0 :

Différentes études proposent des définitions de la chaîne logistique 4.0, toutes soulignant une évolution des opérations de la chaîne logistique grâce à l'utilisation de technologies numériques avancées. Toutefois, ces définitions présentent quelques variations en termes d'application. Nous pouvons les regrouper en trois catégories distinctes;

Plusieurs perspectives sur la chaîne logistique numérique mettent l'accent sur la transformation des processus de l'entreprise grâce aux technologies numériques. Garay-Rontero et al. (2020) décrivent la chaîne logistique numérique comme une plateforme proactive permettant la collecte et l'analyse en temps réel des données de la chaîne logistique, en utilisant les technologies de l'information et de la communication ainsi que des techniques analytiques avancées. Daniel (2021) souligne la nécessité d'une chaîne logistique basée sur le Web, avec une intégration complète des systèmes et des fonctionnalités pour générer des données à partir de composants intelligents.

Kinnet (2015) définit la chaîne logistique numérique comme un réseau intelligent axé sur la valeur, adoptant l'analyse et la technologie pour générer des bénéfices et de la valeur pour l'entreprise.

Wu et al. (2016) décrivent la chaîne logistique numérique comme un concept de systèmes d'entreprise interconnectés, avec une collecte de données robuste et une prise de décision intelligente basée sur une communication en temps réel. Selon PricewaterhouseCoopers (PwC), la chaîne logistique numérique se concentre sur la connexion numérique de tous les actifs physiques, au-delà de l'automatisation des machines et des processus individuels, en intégrant les écosystèmes numériques avec les partenaires de la chaîne de valeur. Agile Elephant (2021) décrit la chaîne logistique numérique comme une transformation numérique utilisant les médias numériques, les réseaux sociaux, les canaux mobiles et les nouvelles technologies émergentes pour repenser les méthodes traditionnelles de travail et de réflexion.

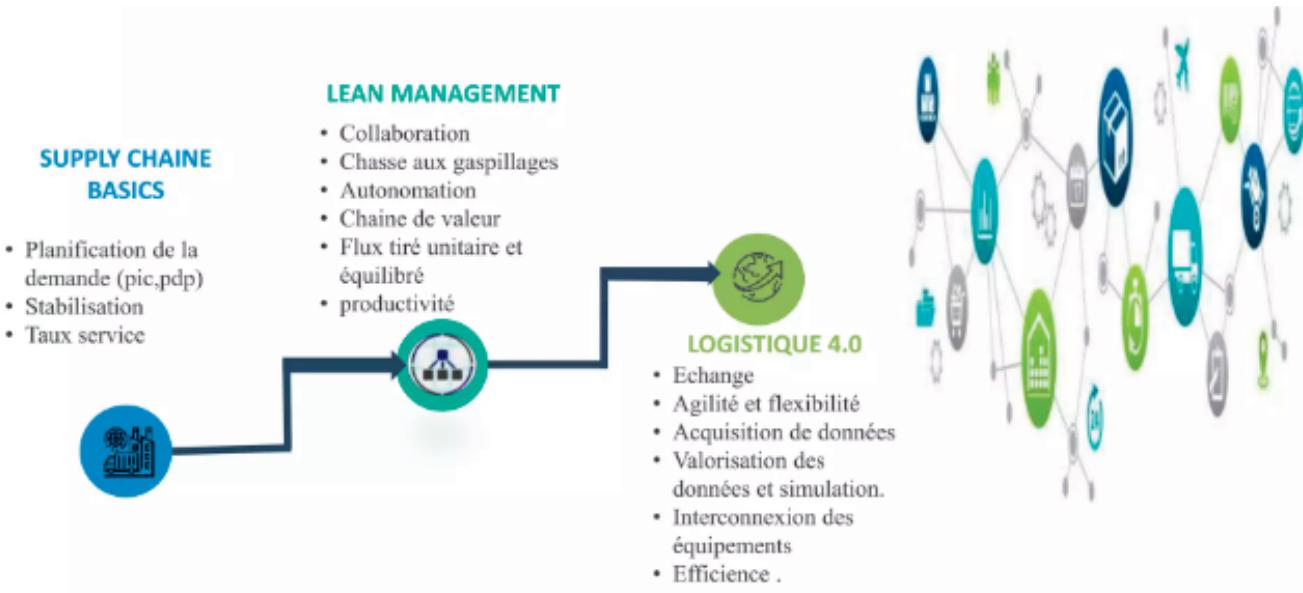
Les définitions axées sur la collaboration grâce à la technologie numérique mettent en évidence l'utilisation de plateformes digitales pour favoriser la collecte et le partage d'informations, ainsi que la création de nouvelles opportunités au sein de la chaîne logistique. Büyüközkan et Göçer (2018) définissent les chaînes logistiques numériques comme des systèmes intelligents optimisés, utilisant des technologies numériques pour faciliter la collaboration et la communication entre les organisations. Ils soulignent que ces services peuvent offrir davantage de valeur, être plus accessibles à un prix raisonnable, et se distinguer par leur cohérence, leur rapidité et leur efficacité. Bhargava et al. (2013) définissent la chaîne logistique numérique comme un système qui facilite les activités des partenaires de la chaîne logistique grâce à des logiciels, des matériaux et un réseau de communication, soutenant ainsi les interactions liées aux processus d'achat, de production, de stockage, de transport et de vente de biens à l'échelle mondiale.

Raab et Griffin-Cryan (2021) soulignent les défis liés à la fusion des processus papier et électroniques, ainsi qu'à l'effet silo fonctionnel et géographique. Leur définition de la chaîne logistique numérique met l'accent sur l'amélioration de la stabilité, de la rapidité et de l'efficacité grâce à la collecte d'informations et à une collaboration et une communication exemplaires sur une plateforme numérique. Certains instituts spécialisés dans l'étude des chaînes logistiques définissent la chaîne logistique numérique comme une plateforme centrée sur le client, capturant des informations en temps réel à partir de diverses sources et maximisant leur utilisation pour optimiser les performances et minimiser les risques (Wijoyo et al., 2020). De plus, la numérisation de la chaîne logistique a le potentiel de rendre les services plus précieux et accessibles à un prix raisonnable (Kodolova et al., 2019). Ainsi, les organisations doivent reconstruire et mettre en œuvre les tâches actuelles dans un environnement de chaîne logistique numérique et de cloud, intégrant les ressources humaines et les informations en plus du flux physique de biens et de services, afin de créer de nouvelles opportunités pour la chaîne logistique.

Les définitions qui se concentrent sur les avancées de la gestion des opérations grâce à la technologie numérique soulignent l'importance de l'ajustement agile des processus en réponse aux changements du marché. Elles mettent en évidence la nécessité de détecter et de réagir aux changements en temps réel à l'aide de la technologie numérique, tout en soulignant également l'importance de minimiser les risques dans la chaîne logistique en maximisant l'utilisation de cette technologie. En d'autres termes, il s'agit d'un processus bidirectionnel de détection, de réponse et d'ajustement face aux conditions changeantes du marché grâce aux technologies émergentes (Kartschiya et al., 2020; Cecere, 2017). Pour ce faire, il est nécessaire de construire des chaînes de valeur connectées à un écosystème unique en utilisant des technologies numériques avancées telles que l'analyse des Big Data, l'Internet des objets, le Cloud Computing, les Réseaux de capteurs, l'Impression 3D, la Réalité virtuelle, la Réalité augmentée et la Blockchain (Di Nardo, 2020).

Par conséquent, il est important de fournir des produits ou des services qui utilisent des capteurs intelligents ou des fonctionnalités réseau pour créer des modèles d'affaires numérisés basés sur des chaînes de valeur intégrées verticalement et horizontalement (par exemple, des services basés sur les données et des solutions de plateformes intégrées). Ivanov et al. (2019) définissent une chaîne logistique numérique comme un système qui englobe les fonctions de planification, d'approvisionnement, de fabrication et de livraison, telles qu'elles sont présentées dans le modèle SCOR, en utilisant l'analyse des Big Data, les réseaux basés sur les systèmes cyber-physiques, la fabrication additive et les systèmes de suivi et de traçabilité avancés. Ils soulignent également que l'Internet des objets, la Blockchain, le Cloud Computing, les robots et la technologie des capteurs peuvent favoriser la performance technique. Calatayud et al. (2019) définissent une chaîne logistique numérique comme une chaîne autonome qui surveille en permanence les performances, prévoit et détecte les risques en analysant d'énormes volumes de données provenant de différentes sources, et prend activement des mesures préventives avant l'apparition des risques. Ils affirment que cette approche tend à tirer des enseignements de ces activités et à utiliser les connaissances pour la prise de décision future.

Dans un rapport rédigé en collaboration avec la WHU-Otto Beisheim School of Management, A.T. Kearney (2015) présente une chaîne logistique numérique comme la technologie optimale qui soutient et synchronise les processus de la chaîne logistique afin de réduire les pertes causées par les fluctuations et les risques liés à une forte demande. Ils précisent que cette technologie englobe des systèmes de gestion d'entrepôt et de transport, l'identification par radiofréquence, des technologies de prélèvement avancées et des systèmes de planification innovants.



Annexe A: Evolution de la logistique

4) Les approches technologiques de l'intégration des systèmes logistiques dans l'industrie 4.0:

L'intégration des systèmes logistiques dans l'industrie 4.0 est abordée par différentes approches technologiques qui visent à améliorer l'efficacité et la performance des opérations logistiques, mais on a principalement deux approches technologiques qui représentent la base de l'intégration de la logistique dans l'industrie 4.0, notamment l'internet des objets (IoT) et l'intelligence artificielle (IA).

L'IoT: Cette technologie permet la connexion et la communication entre les différents équipements, capteurs et dispositifs utilisés dans la chaîne logistique, ce qui permet d'avoir une visibilité en temps réel, les différents acteurs de la chaîne logistique peuvent avoir une visibilité en temps réel sur les mouvements, la localisation et l'état des produits, des véhicules, des entrepôts et d'autres actifs. Cela permet de suivre et de surveiller efficacement les opérations logistiques, d'anticiper les problèmes potentiels et de prendre des décisions éclairées. Ensuite la traçabilité et la gestion des actifs, les dispositifs IoT, tels que les capteurs, peuvent être utilisés pour suivre les produits et les actifs tout au long de la chaîne logistique. Ils fournissent des informations précises sur la localisation, les conditions environnementales, les niveaux de stock, etc. Cela permet une gestion plus efficace des actifs, une réduction des pertes et des erreurs, et une meilleure planification des flux de produits. Ainsi, l'optimisation des opérations qui est garantie par l'obtention des données en temps réel sur les performances des équipements, des véhicules et des processus logistiques. Ces données peuvent être analysées pour identifier des goulots d'étranglement, des inefficacités ou des opportunités d'amélioration. En utilisant ces informations, les entreprises peuvent optimiser les itinéraires, les temps de livraison, les niveaux de stock, etc., ce qui entraîne une meilleure utilisation des ressources et une réduction des coûts. Enfin, l'IoT donne offre la capacité de la prévention des problèmes : Les capteurs IoT peuvent détecter les problèmes potentiels, tels que des pannes d'équipement ou des conditions environnementales défavorables, et les signaler en temps réel. Cela permet aux responsables logistiques d'intervenir rapidement pour prévenir les interruptions de service, minimiser les risques et assurer la continuité des opérations.

Dans le contexte de la traçabilité logistique, l'Internet des objets (IoT) nécessite une convergence du suivi, éliminant ainsi le besoin de différents acteurs (producteurs, transporteurs, etc.) d'utiliser des systèmes de suivi distincts. Cette approche, connue sous le nom de suivi en multiconnectivité, offre des avantages significatifs pour les organisations, notamment dans des secteurs tels que

l'industrie pharmaceutique et l'automobile où il peut être un critère indispensable pour l'obtention de labels de qualité. En permettant la collecte et le partage de données entre tous les acteurs de la chaîne logistique, la multi-connectivité renforce la fiabilité et l'agilité de l'ensemble du processus. Cependant, cela nécessite une adaptation des émetteurs (tels que les technologies RFID), des connectivités (comme les réseaux satellitaires ou bas débit) et du système de partage de l'information, généralement basé sur le cloud. Engager dès maintenant une transition vers une traçabilité améliorée est un choix judicieux.

IA: L'intelligence artificielle joue un rôle essentiel dans la facilitation de la gestion de la Supply Chain 4.0 et plus spécifiquement la chaîne logistique. Ensuite, l'IA utilise des algorithmes avancés pour analyser les données historiques et en temps réel, ce qui permet de prévoir avec précision la demande future. Cela permet aux entreprises d'ajuster leurs niveaux d'inventaire, de planifier la production et de minimiser les ruptures de stock. D'un autre côté, il peut optimiser les itinéraires de transport en tenant compte des facteurs tels que la disponibilité des ressources, les conditions météorologiques, la congestion du trafic et les préférences des clients. Cela permet de réduire les coûts de transport, d'optimiser les délais de livraison et d'améliorer l'efficacité globale de la chaîne logistique. Sans oublier que l'IA assure la gestion des entrepôts qui est utilisée pour optimiser les opérations de réception et de stockage. Elle peut prédire les besoins de stockage, recommander des emplacements optimaux pour les produits, gérer les niveaux d'inventaire et optimiser les opérations de ramassage et de réapprovisionnement. Avec l'IA, il est aussi possible de suivre et de tracer les produits tout au long de la chaîne logistique. Des technologies telles que la RFID, les codes-barres et la vision par ordinateur permettent de collecter des données précises sur les mouvements des produits, ce qui facilite la localisation, la gestion des stocks et la détection des problèmes. aide à identifier les risques potentiels dans la chaîne logistique, tels que les retards de livraison, les problèmes de qualité ou les perturbations de la chaîne d'approvisionnement. Elle peut également aider à garantir la conformité réglementaire en surveillant les exigences et en signalant les violations éventuelles. Dans l'ensemble, l'intelligence artificielle offre des capacités d'analyse avancées, d'automatisation et d'optimisation qui améliorent l'efficacité opérationnelle, la précision des prévisions, la visibilité de la chaîne logistique et la satisfaction client.

5) Optimisation des processus industriels avec les opérations de la logistique 4.0:

Comme on a étudié dans les lignes précédentes, l'industrie 4.0 a permis l'automatisation des processus logistiques grâce à l'utilisation de technologies telles que les robots, les systèmes autonomes et les machines intelligentes, ce qui a conduit à la réduction des tâches manuelles, améliore l'efficacité et la précision, et réduit les erreurs humaines, et grâce à l'intégration de capteurs, de dispositifs IoT (Internet des objets) et de technologies de suivi avancées, la logistique 4.0 offre une visibilité et une traçabilité accrues sur l'ensemble de la chaîne logistique. Les entreprises peuvent suivre en temps réel les mouvements des marchandises, surveiller les conditions de stockage et de transport, et optimiser les flux de produits. Ainsi, les technologies de l'industrie 4.0 dont on a déjà mentionné telles que l'intelligence artificielle, l'analyse des données et les algorithmes avancés, permettent une planification et une gestion optimisées des stocks. Les entreprises peuvent prédire la demande, ajuster les niveaux d'inventaire en conséquence, éviter les ruptures de stock et minimiser les coûts de stockage. Parlant de la flexibilité et la réactivité, l'intégration de la logistique dans l'industrie 4.0 donne aux entreprises le pouvoir d'atteindre une plus grande flexibilité et réactivité dans leurs opérations. Les processus peuvent être adaptés rapidement en fonction des demandes changeantes du marché, des préférences des clients ou des contraintes de production. Cela permet aux entreprises de répondre plus efficacement aux demandes du marché et de gagner en compétitivité.

Au niveau de la collaboration et partage d'informations, l'industrie 4.0 favorise la collaboration entre les différents acteurs de la chaîne logistique en facilitant le partage d'informations en temps réel. Les partenaires commerciaux peuvent partager des données sur les commandes, les stocks, les expéditions, ce qui améliore la coordination, réduit les délais et renforce la confiance entre les parties prenantes. Tous ces éléments favorisent une réduction des coûts et une augmentation de l'efficacité des opérations logistiques dans l'industrie 4.0.

Pour améliorer l'efficacité dans un entrepôt, il est essentiel d'utiliser des outils appropriés pour optimiser les processus logistiques et augmenter les performances. L'intégration de l'entrepôt dans l'ère 4.0 nécessite des composants de chaîne logistique flexibles, portables et facilement reconfigurables. Une infrastructure sans fil haute performance est également essentielle pour permettre une communication efficace entre les personnes, les machines et les installations. L'entrepôt 4.0 repose sur trois principes clés : l'agilité, la visibilité et la traçabilité. Par exemple, pour améliorer la vitesse et les mouvements, il existe des systèmes de prélèvement tels que le pick-to-light et le put-to-light. Ces systèmes optimisent la trajectoire des opérateurs en utilisant des indications lumineuses pour indiquer le nombre d'articles à prélever. De plus, la réalité augmentée (RA) permet d'associer l'opérateur à la machine en fournissant un contrôle des systèmes manipulés par les opérateurs, ce qui facilite la visibilité des données et améliore l'efficacité des opérations.

6) La traçabilité et la transparence :

La traçabilité et la transparence jouent un rôle central dans les avancées de l'industrie 4.0, où les technologies numériques révolutionnent le paysage de la fabrication. La traçabilité fait référence à la capacité de suivre et de retracer le flux de produits, de matériaux et de composants tout au long de la chaîne d'approvisionnement, depuis les matières premières jusqu'au consommateur final. Elle implique la capture et l'enregistrement de données à différents stades, notamment la production, la transformation, la distribution et la livraison.

Grâce à des technologies de pointe telles que les capteurs IoT, les étiquettes RFID et les systèmes de codes-barres, l'industrie 4.0 permet de collecter des données en temps réel sur l'emplacement, l'état et la qualité des produits. Ces informations donnent aux organisations les moyens d'identifier les goulets d'étranglement, de rationaliser les processus et d'optimiser la gestion des stocks. En outre, la traçabilité facilite le respect des exigences réglementaires, les rappels de produits et le contrôle de la qualité, garantissant ainsi la sécurité et l'authenticité des marchandises.

La transparence, quant à elle, s'attache à rendre les informations pertinentes accessibles et visibles pour les parties prenantes de la chaîne de valeur. Dans un environnement Industrie 4.0, la transparence est obtenue grâce à l'échange et au partage transparents de données entre différents systèmes et organisations. Elle implique de tirer parti d'outils d'analyse de données avancés, de l'informatique en nuage et de plateformes collaboratives pour fournir aux parties prenantes des informations précises, actualisées et fiables. La mise en œuvre de technologies telles que la blockchain renforce encore la transparence dans l'industrie 4.0. En s'appuyant sur des grands livres décentralisés et immuables, la blockchain permet des transactions et des échanges de données sécurisés et transparents. Elle garantit la confiance et l'intégrité tout au long de la chaîne d'approvisionnement en permettant aux parties prenantes de vérifier l'authenticité, l'origine et le parcours des produits.

Les avantages de la traçabilité et de la transparence dans l'industrie 4.0 sont multiples, elles favorisent la confiance entre les partenaires de la chaîne d'approvisionnement, ce qui permet une collaboration et une prise de décision efficaces. Les organisations peuvent optimiser les processus, identifier les inefficacités et traiter de manière proactive les problèmes de qualité ou les

perturbations. Les clients, quant à eux, ont accès à des informations précises sur les produits, ce qui garantit l'authenticité des produits, l'éthique de l'approvisionnement et la durabilité. En outre, la traçabilité et la transparence permettent aux organisations de répondre aux exigences de conformité réglementaire, de réduire les risques et d'améliorer la résilience globale de la chaîne d'approvisionnement.

En effet, la traçabilité et la transparence sont des piliers fondamentaux de l'industrie 4.0. En exploitant la puissance des technologies avancées, les organisations peuvent obtenir une visibilité de bout en bout, promouvoir la responsabilité et instaurer la confiance tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Cela favorise à son tour l'efficacité, la durabilité et l'innovation, permettant aux organisations de prospérer à l'ère numérique.

L'intégration de la logistique dans l'industrie 4.0 englobe la coordination et l'optimisation transparentes des processus de transport, d'entreposage et de gestion des stocks en tirant parti des technologies de pointe. La gestion des données et de la sécurité joue un rôle essentiel pour assurer le fonctionnement harmonieux et sécurisé des systèmes logistiques dans le cadre de l'industrie 4.0.

7) La gestion des données et de la sécurité:

Cette partie est cruciale, elle implique la collecte, le stockage, l'analyse et l'utilisation de vastes quantités de données générées tout au long de la chaîne de valeur logistique. Avec la prolifération des appareils IoT, des capteurs et des systèmes interconnectés, les opérations logistiques produisent une multitude de données en temps réel. Ces données comprennent des informations sur les expéditions, les niveaux de stock, les itinéraires de livraison, l'état des véhicules et les préférences des clients. Dans la logistique de l'industrie 4.0, une gestion efficace des données est cruciale à diverses fins. Elle permet l'analyse prédictive et les algorithmes d'apprentissage automatique pour optimiser les itinéraires de transport, minimiser les retards de livraison et optimiser les niveaux de stocks. Les données en temps réel permettent également de prévoir la demande, ce qui permet une planification efficace de l'approvisionnement et de la production. En outre, la gestion des données facilite la visibilité de bout en bout, ce qui permet aux parties prenantes de suivre les expéditions, de surveiller les performances et de traiter de manière proactive les problèmes ou les perturbations.

Cependant, avec l'augmentation du volume et de la sensibilité des données logistiques, des mesures de sécurité robustes sont essentielles pour se protéger contre les cybermenaces, les violations de données et les accès non autorisés. La gestion de la sécurité dans la logistique de l'industrie 4.0 implique la mise en œuvre d'un ensemble complet de mesures pour protéger l'intégrité, la confidentialité et la disponibilité des données.

Les aspects clés de la gestion des données et de la sécurité dans la logistique de l'industrie 4.0 comprennent :

- La confidentialité des données et la conformité : Adhérer aux réglementations pertinentes en matière de protection des données, telles que le GDPR (règlement général sur la protection des données) et le CCPA (California Consumer Privacy Act). Les organisations doivent s'assurer d'un consentement approprié, de l'anonymisation et du stockage sécurisé des données personnelles et sensibles.
- Chiffrement des données : Mise en œuvre de techniques de cryptage pour protéger les données lors de leur transmission et de leur stockage. Le cryptage permet d'empêcher l'accès non autorisé à des informations sensibles, en garantissant la confidentialité et l'intégrité.
- Contrôle d'accès et authentification : Utilisation de mécanismes de contrôle d'accès robustes pour accorder les niveaux d'accès appropriés au personnel autorisé. L'authentification à deux facteurs, l'authentification biométrique et le contrôle d'accès basé sur les rôles (RBAC) sont

des exemples de mesures de sécurité utilisées pour contrôler l'accès aux données.

- Systèmes de détection et de prévention des intrusions (IDPS) : Déploiement d'outils IDPS pour surveiller le trafic réseau, détecter les anomalies et empêcher les accès non autorisés ou les attaques en temps réel. Les systèmes de détection et de prévention des intrusions constituent un niveau de sécurité supplémentaire contre les cybermenaces.
- Formation et sensibilisation à la cybersécurité : Organiser régulièrement des programmes de formation afin d'informer les employés sur les meilleures pratiques en matière de cybersécurité, de reconnaître les menaces potentielles et de réagir aux incidents de sécurité. La création d'une culture de sensibilisation à la sécurité est essentielle pour atténuer les risques de sécurité liés à l'être humain.
- Réponse aux incidents et récupération : Établir des protocoles et des procédures pour répondre efficacement aux incidents de sécurité. Il s'agit notamment de mettre en œuvre des plans de reprise après sinistre, d'effectuer des sauvegardes régulières et de mettre en place des équipes de réponse aux incidents afin de minimiser l'impact des failles de sécurité.
- Sécurité des fournisseurs et des partenaires : Mettre en œuvre des normes de sécurité strictes et procéder à des évaluations approfondies des prestataires logistiques tiers et des fournisseurs de technologie. S'assurer qu'ils respectent les protocoles de sécurité et les exigences réglementaires est essentiel pour protéger les données logistiques.

En gérant efficacement les données et la sécurité dans la logistique de l'industrie 4.0, les organisations peuvent optimiser les opérations, améliorer la satisfaction des clients et atténuer les risques associés aux violations de données et aux cybermenaces. Cela permet à l'écosystème logistique de fonctionner efficacement et en toute sécurité à l'ère des systèmes interconnectés et de la transformation numérique.

Parlant maintenant d'un autre côté, la protection des données sensibles, sans doute, constitue un défi important, les entreprises logistiques gèrent des volumes massifs de données, allant des informations sur les clients et les fournisseurs aux données sur les expéditions et les stocks.

Assurer la confidentialité, l'intégrité et la disponibilité de ces données est crucial pour maintenir la confiance des clients et garantir le bon fonctionnement des opérations logistiques et financières, l'intégration de multiples systèmes et la collaboration avec des fournisseurs tiers soulèvent également des questions de sécurité. Les connexions entre les systèmes internes et externes doivent être sécurisées pour prévenir les attaques et les failles potentielles. La confiance dans les fournisseurs tiers en matière de sécurité de l'information est essentielle pour prévenir les risques liés à la chaîne logistique.

La gestion des identités et des accès est un autre défi important. Avec l'utilisation de nombreux utilisateurs, appareils et plateformes connectés, il est essentiel de mettre en place des contrôles d'accès solides, tels que l'authentification multifactorielle et la gestion des priviléges, afin de limiter les accès non autorisés aux systèmes et aux données sensibles.

Enfin, la formation et la sensibilisation des acteurs de la logistique 4.0 jouent un rôle clé dans la sécurité de l'information. Les employés, les fournisseurs et les partenaires commerciaux doivent être conscients des risques liés à la sécurité de l'information et des meilleures pratiques à adopter. Des programmes de sensibilisation réguliers et des formations sur la sécurité de l'information sont nécessaires pour renforcer la posture globale de sécurité. La sécurité de l'information dans la logistique 4.0 est confrontée à des défis complexes tels que la cybersécurité, la protection des données, la gestion des identités et des accès, ainsi que la confiance dans les fournisseurs tiers. Une approche proactive et holistique de la sécurité, combinée à des investissements dans les technologies et la sensibilisation des acteurs, est nécessaire pour faire face à ces défis et garantir des opérations logistiques sûres et efficaces dans l'ère de l'industrie 4.0. Sauf qu'il existe plusieurs d'autres défis dont on va analyser dans le paragraphe suivant.

8) les avantages et les défis potentiels de l'adoption des technologies de l'industrie 4.0:

L'adoption des technologies de l'industrie 4.0 offre de nombreux avantages potentiels pour les secteurs industriels. L'un des principaux avantages est l'augmentation de l'efficacité et de la productivité grâce à l'automatisation et à l'optimisation des processus de production. En intégrant les systèmes cybernétiques et physiques, l'industrie 4.0 permet une surveillance et une analyse des données en temps réel, ce qui conduit à un meilleur contrôle de la qualité et à une réduction des déchets. En outre, l'utilisation de systèmes cyber-physiques et de jumeaux numériques permet d'améliorer la flexibilité et la personnalisation, ce qui permet aux entreprises de s'adapter rapidement à l'évolution des demandes du marché. L'industrie 4.0 apporte également des améliorations dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement, avec une transparence et une traçabilité accrues, conduisant à une meilleure coordination et à une réduction des perturbations. En outre, l'adoption des technologies de l'industrie 4.0 peut contribuer aux efforts de durabilité en utilisant des sources d'énergie renouvelables et en mettant en œuvre des processus de production économies en ressources.

- Avantages potentiels :

- Efficacité et productivité accrues grâce à l'automatisation et à l'optimisation des processus de production.
- Amélioration du contrôle de la qualité et réduction des déchets grâce à la surveillance en temps réel et à l'analyse des données.
- Amélioration de la flexibilité et de la personnalisation grâce à l'utilisation de systèmes cyber-physiques et de jumeaux numériques.
- Amélioration de la gestion de la chaîne d'approvisionnement grâce à une transparence et une traçabilité accrues.
- Durabilité accrue grâce à l'utilisation de sources d'énergie renouvelables et de processus de production économies en ressources.

Cependant, l'adoption des technologies de l'industrie 4.0 présente également plusieurs défis. L'un des défis importants est le coût élevé de l'investissement initial associé à la mise à niveau de l'infrastructure existante et à la mise en œuvre de nouvelles technologies. Les entreprises doivent allouer des ressources substantielles pour acquérir le matériel, les logiciels et la formation nécessaires. Un autre défi est l'augmentation des risques de cybersécurité liés à l'interconnexion des systèmes et à la collecte de grandes quantités de données. Des mesures robustes de protection des données et des protocoles de cybersécurité sont essentiels pour se prémunir contre les menaces potentielles. En outre, l'adoption des technologies de l'industrie 4.0 peut entraîner des déplacements d'emplois à mesure que l'automatisation et l'intelligence artificielle remplacent certaines tâches. Cela nécessite un besoin de requalification et d'amélioration des compétences de la main-d'œuvre pour s'assurer qu'elle peut s'adapter aux nouveaux rôles et responsabilités. En outre, la mise en œuvre de l'industrie 4.0 nécessite l'élaboration de nouveaux cadres réglementaires et de normes pour assurer l'interopérabilité et la compatibilité entre les différentes technologies. Enfin, il existe un risque d'accroissement de la bureaucratie et de la complexité des systèmes industriels et des approches politiques à mesure que les entreprises naviguent dans l'intégration de diverses technologies et s'adaptent à de nouvelles méthodes de travail.

- Défis :

- Coûts d'investissement initiaux élevés et nécessité d'importantes mises à niveau de l'infrastructure.
- Risques liés à la cybersécurité et nécessité de mettre en place des mesures solides de protection des données.
- Le potentiel de déplacement d'emplois et la nécessité d'une requalification et d'une montée en compétences de la main-d'œuvre.

- Le besoin de nouveaux cadres réglementaires et de normes pour assurer l'interopérabilité et la compatibilité des différentes technologies de l'industrie 4.0
- Le potentiel d'accroissement de la bureaucratie et de la complexité des systèmes industriels et des approches politiques.

Dans l'ensemble, l'adoption des technologies de l'industrie 4.0 a le potentiel d'apporter des avantages significatifs aux secteurs industriels, mais elle pose également plusieurs défis qui doivent être relevés pour assurer une transition en douceur vers le nouveau paradigme.

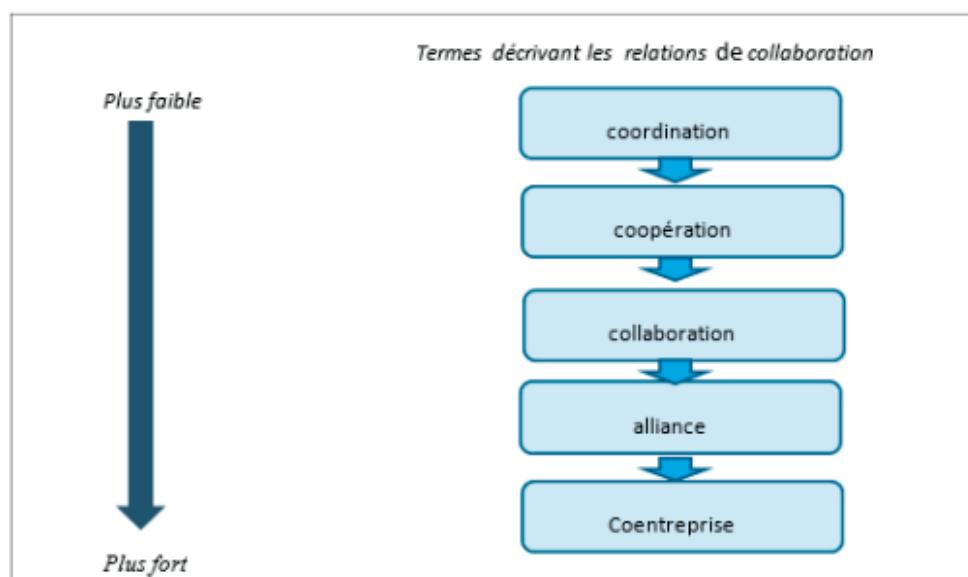
Comme on a vu, la logistique 4.0 apporte à la fois des défis et des avantages significatifs pour les entreprises. Du côté des défis, la sécurité de l'information constitue un enjeu majeur, avec des risques accrus de cyberattaques, de vol de données et de vulnérabilités liées à l'intégration de multiples systèmes. La protection des données sensibles, la gestion des identités et des accès, ainsi que la confiance dans les fournisseurs tiers, nécessitent une attention particulière. Cependant, malgré ces défis, la logistique 4.0 offre également des avantages indéniables. L'intégration des technologies de l'industrie 4.0, telles que l'Internet des objets (IoT) et l'analyse des données en temps réel, permet une optimisation des opérations logistiques, une visibilité accrue et une prise de décision plus rapide. L'automatisation des processus, la traçabilité améliorée et la réduction des coûts opérationnels sont autant d'avantages clés de la logistique 4.0. Malgré les défis de sécurité, les avantages offerts par la logistique 4.0 en termes d'efficacité, de productivité et de satisfaction client sont essentiels pour rester compétitif dans un environnement commercial en constante évolution. Avec une approche solide de la sécurité de l'information et une gestion proactive des risques, les entreprises peuvent maximiser les avantages de la logistique 4.0 tout en atténuant les défis associés. Mais la question qui se pose maintenant; est ce que la majorité des entreprises ont cette capacité à faire face aux défis et profiter des avantages données ou bien cette intégration de la logistique 4.0 sera exclusive pour les entreprises de grande valeur qui ont les ressources suffisantes pour investir et se lancer dans ce développement ?

Il est vrai que la capacité des entreprises à faire face aux défis et à profiter des avantages de l'intégration de la logistique 4.0 peut varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment la taille de l'entreprise, ses ressources financières, sa culture organisationnelle et ses compétences technologiques. Dans de nombreux cas, les entreprises de grande valeur disposent généralement de ressources financières plus importantes pour investir dans les technologies de l'industrie 4.0 et développer des solutions logistiques avancées. Elles peuvent également avoir une meilleure infrastructure technologique en place et une culture de l'innovation qui facilite l'adoption de nouvelles technologies. Cependant, cela ne signifie pas que seules les grandes entreprises peuvent bénéficier de la logistique 4.0. Avec l'évolution rapide des technologies et la baisse des coûts, de plus en plus d'entreprises, même de taille plus modeste, peuvent accéder aux outils et aux solutions de l'industrie 4.0. De plus, il existe des partenariats et des collaborations entre les entreprises qui permettent de partager les coûts et les ressources nécessaires à l'adoption de la logistique 4.0. Par exemple, des entreprises peuvent s'associer avec des fournisseurs de services logistiques spécialisés ou des prestataires technologiques pour tirer parti des avantages de l'intégration de la logistique 4.0 sans avoir à investir massivement dans leur propre infrastructure. Il est essentiel de noter que l'adoption de la logistique 4.0 nécessite souvent une transformation organisationnelle et une évolution des compétences des employés. Les entreprises doivent être prêtes à investir dans la formation et à encourager une culture de l'innovation pour exploiter pleinement les avantages de la logistique 4.0.

Bien que les entreprises de grande valeur puissent avoir un avantage initial en termes de ressources, la logistique 4.0 n'est pas exclusive à elles. Avec la baisse des coûts technologiques et les possibilités de partenariats, les entreprises de différentes tailles peuvent progressivement

adopter les solutions de la logistique 4.0 et bénéficier de ses avantages, à condition de mettre en place les investissements nécessaires et d'adopter une approche stratégique pour surmonter les défis associés.

Un exemple réel de ces partenariats de développement collaboratif dans l'intégration de la logistique dans l'industrie 4.0 et la collaboration dans la chaîne logistique de l'industrie automobile au Maroc "Sara BOUKAIDI LAGHZAOUI & Khalid BENMLIH", une revue qui se base sur la théorie de la collaboration efficace entre les entreprises est aujourd'hui essentielle pour réaliser des avantages concurrentiels et des bénéfices significatifs dans le cadre de la logistique 4.0. La confiance, l'engagement et l'échange d'informations jouent un rôle crucial dans ces pratiques collaboratives. Différents contextes ont été explorés, notamment les pays développés et les économies émergentes, pour mettre en évidence les approches gagnant-gagnant et les méthodes avancées de gestion de la chaîne logistique. Dans le secteur de l'industrie automobile, la collaboration verticale est particulièrement adaptée, où les fabricants, distributeurs, transporteurs et détaillants partagent des responsabilités, des ressources et des informations pour servir des clients similaires. L'innovation collaborative dans la chaîne d'approvisionnement joue un rôle clé dans la gestion des changements et le développement durable des chaînes d'approvisionnement. Cependant, il est important de noter les limites de l'étude, notamment la focalisation sur un seul secteur et la nécessité d'étendre les investigations empiriques à d'autres secteurs de l'industrie marocaine, ainsi qu'à la collaboration dans les PME marocaines en s'inspirant des bonnes pratiques des leaders.



9)Etudes de cas :

Les secteurs financiers de l'industrie logistique font des bonds en avant à mesure que les technologies de rupture se frayent un chemin vers les services et l'inclusion financière. Dans la plupart des organisations, on demande aujourd'hui aux professionnels de la finance d'acquérir de nouvelles compétences, souvent liées à ces technologies, parce que le travail se transforme en opportunités plus orientées vers les projets. Par exemple, les principaux défis auxquels sont confrontés les directeurs financiers de l'industrie logistique sont la gestion de données massives, les liquidités et les flux de trésorerie, la recherche complexe du cycle de vie des liquidités et la rétention des bons talents [586]. Afin de surmonter ces obstacles dans les systèmes financiers de l'industrie logistique, un nouveau concept de finance appelé "finance 4.0" a vu le jour, qui s'appuie sur la transformation numérique du système financier et bancaire [587-589].

La figure 1 présente trois générations de systèmes financiers et bancaires systèmes financiers et bancaires de 2.0 à 4.0 [145, 586-588, 590].

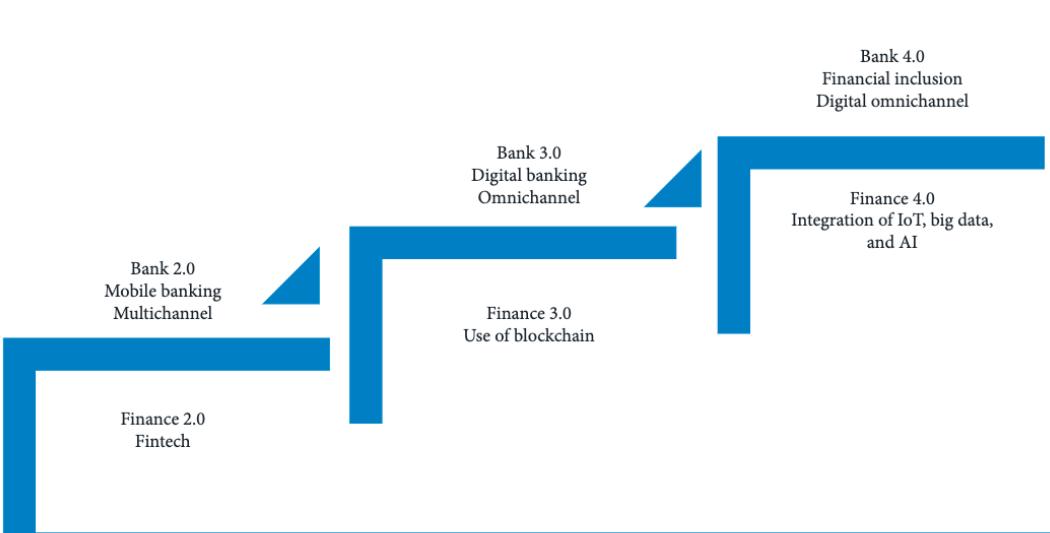


Figure 1: Générations de systèmes financiers et bancaires.

Le tableau 1 présente un résumé des différentes technologies et de leurs applications dans l'industrie 4.0. Le tableau énumère la technologie, ses applications et les références d'études ou d'articles qui fournissent plus d'informations sur la technologie et son utilisation. Les technologies énumérées dans le tableau comprennent l'intelligence artificielle (IA), la réalité augmentée (RA), l'analyse des données massives (BDA), la chaîne de blocs (blockchain), l'informatique en nuage (cloud computing), la cybersécurité, le jumeau numérique, l'internet des objets (IoT) et la robotique.

Les applications de ces technologies dans l'industrie 4.0 sont diverses et comprennent des domaines tels que la planification et le contrôle de la production, le contrôle de la qualité, la maintenance prédictive, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, la logistique, ainsi que la surveillance et la gestion de l'environnement. Par exemple, l'IA peut être utilisée pour la maintenance prédictive et le contrôle de la qualité, tandis que la RA peut être utilisée pour la formation et l'assistance à distance. La blockchain peut être utilisée pour le suivi de l'état de bout en bout, le suivi du fret et les contrats intelligents pour l'automatisation des processus commerciaux ou l'orchestration de la chaîne d'approvisionnement.

Dans l'ensemble, le tableau 1 fournit un aperçu utile des différentes technologies et de leurs applications dans l'industrie 4.0, et peut servir de point de départ à des recherches et à des explorations plus approfondies de ces technologies.

Tableau 1 : Applications technologiques de l'industrie 4.0 dans le domaine de la logistique.

S/N	Technology	Applications	References
1	3D printing	WCOA: mass customization (individualized direct product manufacturing), localized manufacturing and delivery, mass individualization and personalization, decentralized manufacturing. LAFM: on-demand spare parts' making, end-of-runway service. DD: 3D print shops for business and consumers, decentralized production of parts (regional warehouses, delivery depot of logistics service providers).	[436, 593–599] [595, 596, 599–601] [595, 602]
		WCOA: smart warehousing environment, back-office automation, predicting inbound logistics, intelligent logistics assets (seeing, speaking, and thinking logistics assets), and recognition of reverse logistics. COP: new customer experience models (seamless, voice-enabled customer interactions). AI-powered customer experience.	[537, 596, 603–609] [596, 605]
2	AI	FPR: simulation and optimization of supply chain operations (eliminating bottleneck), supply chain management decision support, resilience supplier selection, and decision-making. LAFM: predictive maintenance to prescriptive maintenance of logistics equipment, trucks, buildings, and machines.	[606, 608–615] [609, 616]

S/N	Technology	Applications	References
3	AR	<p>WCOA: AR-powered warehouse operations (product routing, picking, packing, labelling, sorting, and even assembling).</p> <p>FPR: facility planning (displays task information, reads barcodes, and supports indoor navigation and can be integrated into warehouse management systems for real-time operations).</p> <p>DRO: safer and smarter driving (next generation of navigation and driver-assistance systems).</p> <p>PFM: procurement.</p> <p>DD: intelligent last-mile operations (AR can help in last-meter navigation to correctly locate entrances), freight/container loading (conduct completeness checks of each shipment using object-recognition technology, utilized to virtually highlight inside a vehicle to display the optimal internal loading sequence of each shipment (taking into account route, weight, fragility, etc.)).</p> <p>COP: creating a new standard of order picking (picking optimization).</p> <p>LAFM: predictive and prescriptive maintenance of warehousing robots, delivery truck, cargo aircraft, and other equipment.</p>	[596, 617–619] [596, 619, 620] [596, 618, 620] [621] [596, 619–621] [596, 618–620, 622] [618, 621]
4	Big data	<p>DRO: dynamic, real-time route optimization, optimization of material and product transportation routing.</p> <p>FPR: smarter forecasting of demand, capacity, and labor.</p> <p>Anticipatory shipping (to predict an order before it occurs), inventory control and logistic planning, supply chain statistics, supply chain simulation, supply chain forecasting, logistics optimization, supply chain network design, learning from customer assessment, decision on the supply chain infrastructure, and product recovery decisions.</p> <p>EMM: end-to-end supply chain risk management (detecting, evaluating, and alerting all potential disruptions on key trade lanes, caused by unexpected events such as growing port congestion or high flood risks).</p> <p>PFM: procurement management.</p> <p>LAFM: utility and maintenance aspects.</p> <p>TFDP: fraud detection, smart contracts.</p>	[46, 596] [596, 623–629] [596] [625] [628] [630]
5	Blockchain	<p>MTT: end-to-end status tracking (orders, receipts, invoices, payments, and any other official document), track digital assets (such as warranties, certifications, copyrights, licenses, serial numbers, and bar codes) in a unified way and in parallel with physical assets, and freight tracking.</p> <p>TFDP: smart contract for automating commercial processes or supply chain orchestration, immutability (ensures the records' originality and authenticity), anticorruption and humanitarian operations, trust, security, trust and fraud detection, trusting load board.</p> <p>PFM: finance (remittances and online payments), serve as a base for bitcoin cryptocurrency, invoice and payment management (transaction automatization), smart billing, decentralized transaction, trade finance.</p> <p>DD: last-mile delivery by connectivity with drones, fresh food delivery.</p> <p>FPR: demand forecasting, supply chain visibility, supply chain visualization and tokenization.</p>	[596, 631–650] [596, 630, 634–636, 640, 641, 643, 644, 647, 649–651] [630, 638, 641, 642, 644–648, 651, 652] [630, 653] [644, 645, 648, 650, 651, 653]
6	Cloud computing	<p>MTT: logistics tracking information management system to support whole-ranged and real-time logistics tracking services.</p> <p>FPR: 360-degree management dashboards (coordination and orchestration of logistic information into one integrated view), port logistics service and supply chain optimization, internet-based supply chain forecasting and planning, supplier network logistics planning and manufacturing service composition (configured cloud entropy of logistics and operation suppliers).</p> <p>DRO: cloud-powered global supply chains virtualize information and material flows by moving all supply chain processes into the cloud</p> <p>PFM: cloud-based procurement (sourcing and procurement).</p>	[596, 654, 655] [596, 655–661] [596, 656] [655, 660–662]
7	Drones	<p>WCOA: warehouse inventory checks, fully autonomous indoor cycle counting with drones, inventory counts (audits), and real-time inventory management.</p> <p>DD: intraplant transport and urgent supplier-to-plant spare parts' delivery as well as to ferry products from back rooms to the sales floor, last-mile deliveries, remote delivery and disaster response, deliver small packages between warehouses.</p> <p>LAFM: surveillance of infrastructure (check the condition of industrial buildings and inspect trade lines for damage or the need for maintenance work). Additionally, assets can be monitored for theft prevention at warehouses and yards.</p> <p>DRO: analysis of the traffic parameter.</p>	[139, 140, 596, 663, 664] [140, 596, 665–673] [140, 596, 664, 674] [675]

S/N	Technology	Applications	References
8	IoT	MTT: intelligent identification, monitoring and management of the intelligent network system, cold chain traceability, tracking and remote monitoring of equipment, identifying and locating critical pieces of cargo at each stage in an operation, smart cargo solutions, and asset tracking, tracking and monitoring of stock level.	[92, 596, 676–682]
		DRO: intelligent transportation solutions (in-vehicle telematics)	[596]
		DD: connected consumer and the proliferation of smart homes (e.g., smart locks) (secured in-home delivery services).	[596]
		FPR: IoT-enabled logistics and supply chain management (IoT-based laundry services for real-time scheduling), supply chain (end-to-end) visibility, managing supply chain risk, optimization, and prediction.	[680–688]
		EMM: IoT-enabled smart indoor parking system for industrial hazardous chemical vehicles, IoT-enabled solutions monitor perishable cargo for temperature, humidity, and other environmental factors, and humanitarian assistance disaster response scenario.	[680, 688–690]
		WCOA: warehouse and yard management system (IoT-controlled safe area), inventory management.	[677, 691]
		COP: IoT-based safety interaction mechanisms for storage and picking.	[678, 680]
		LAFM: condition-based maintenance of equipment (fleet management).	[680]
		TFDP: theft prevention, after-sale service, and warranty validation.	[692]
		MTT: nanochip RFID labels for tracking.	[693, 694]
9	Nanotechnology	LAFM: nano-based coatings to handle biofouling and corrosion, nano-based materials for the enhancement of strength of marine vehicles, and efficient and durable nano-based tires for trucks.	[54]
		WCOA: flexible automation in warehousing and fulfillment (picking, packing, palletizing, and sorting), stationary-mobile piece-picking robots, receiving, replenishment, shipping, robots for autonomously supply workstations, keep control over inventory.	[46, 596, 695–702]
10	Robotics	DD: transportation and loading tasks, autonomous kitting, trailer and container unloading robots (equipped with powerful sensors and grippers to locate single parcels, analyze their size and shape, and determine the optimal unloading sequence), assistance robots for local or home delivery (follow delivery personnel to transport heavy items, presort shipments inside delivery vehicles, and autonomously deliver shipments to dedicated collection points), last-mile delivery, and distribution centres.	[596, 697, 699, 702]
		LAFM: perform maintenance.	[699]
		COP: innovation in order fulfillment with human-robot collaboration.	[596]
		DRO: evaluation and assessment of road transport.	[703]
11	Simulation	FPR: analysis of supply chain activities, supply chain management optimization and logistics cost control, design and implementation of reverse logistics networks, planning and monitoring of fourth-party logistic (4PL) process.	[598, 704–710]
		DD: define an optimal distribution cost for products shipped to wholesale customers.	[711, 712]
		WCOA: flow-oriented models of inventory control systems.	[713]
		MTT: biofuels for trucks and ships' vessel.	[714, 715]
		EMM: biosensors, biosafety, and biosecurity.	[716, 717]
WCOA: warehouse capacity optimization and automation, LAFM: logistics assets and facility maintenance, DD: delivery and distribution, COP: customer order picking, FPR: forecasting, planning and reporting, DRO: dynamic route optimization, PFM: procurement and financial management, TFDP: threat and fraud detection and prevention, MTT: monitoring, tracking and traceability, EMM: environment monitoring and management, and RFID: radio frequency identification.			

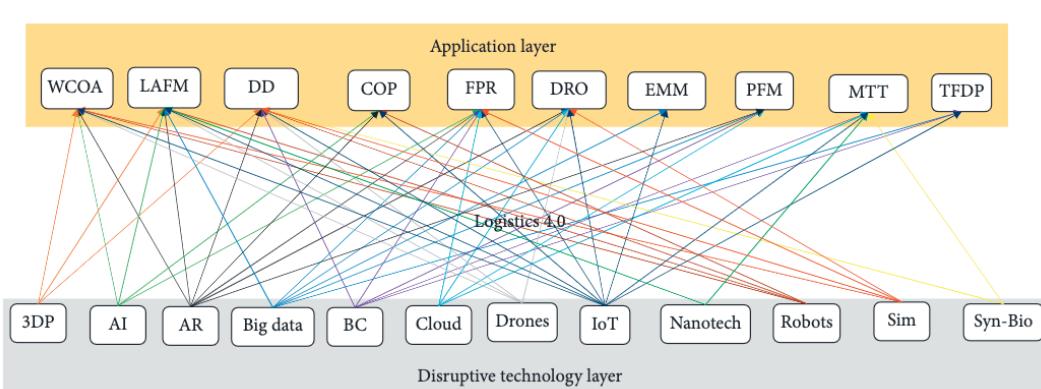


Figure 2: la convergence des technologies de rupture dans la logistique

Table 2: Pourcentage de convergence dans les domaines d'application de la logistique.

Application area	WCOA	LAFM	DD	COP	FPR	DRO	EMM	PFM	MTT	TFDP
Number of technologies	7	8	8	4	7	6	2	4	5	3
Convergence (%)	13	15	15	7	13	11	4	7	9	6

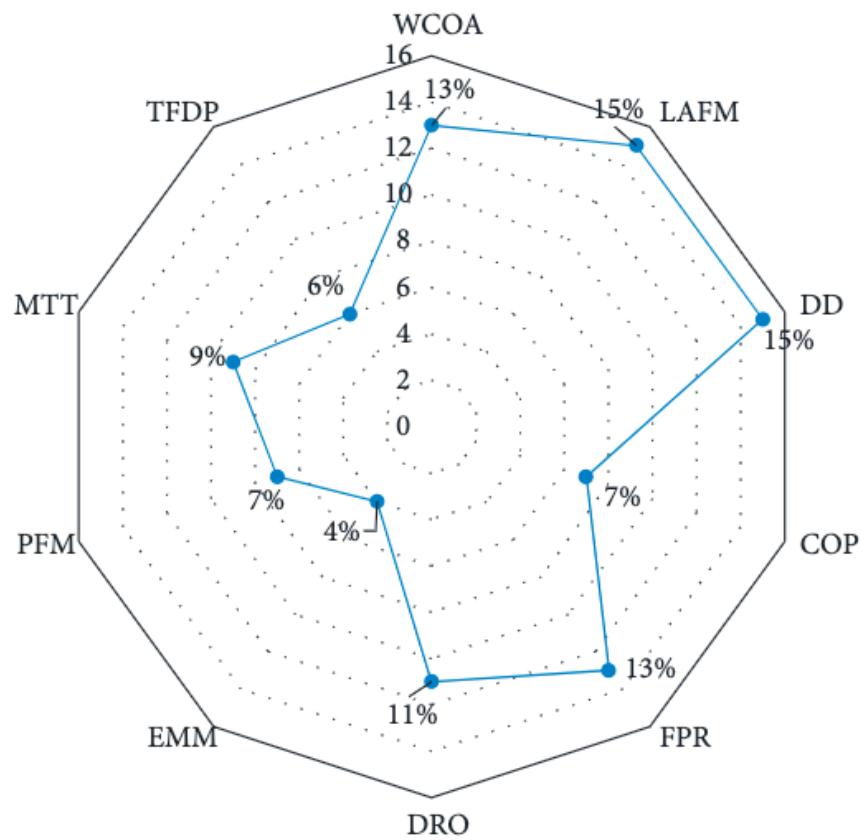


Figure 3: Pourcentage de convergence des technologies dans la logistique.

Conclusion:

En conclusion, l'intégration de la logistique dans l'industrie 4.0 offre de nombreux avantages potentiels, tels que l'optimisation des processus, l'efficacité accrue, la traçabilité améliorée et la prise de décision plus éclairée. Les bases de la logistique 4.0 reposent sur l'utilisation de technologies telles que l'Internet des objets, l'intelligence artificielle, l'automatisation et l'analyse de données, qui permettent une connectivité et une interopérabilité accrues.

Cependant, malgré les promesses de la logistique 4.0, il existe également des défis importants à relever. Ces défis incluent la nécessité de mettre en place une infrastructure technologique solide, d'assurer la sécurité des données, de former et de développer les compétences des travailleurs, ainsi que de surmonter les résistances au changement et les obstacles culturels.

En ce qui concerne les petites entreprises, leur capacité à s'adapter à la logistique 4.0 au même niveau que les grandes entreprises de valeur suscite des interrogations. Les ressources financières limitées et les contraintes de taille peuvent rendre difficile pour les petites entreprises d'investir dans les technologies et les systèmes nécessaires à l'intégration de la logistique 4.0. De plus, l'absence de connaissances spécialisées et de compétences technologiques peut représenter un défi supplémentaire.

Néanmoins, il est important de noter que la logistique 4.0 offre également des opportunités pour les petites entreprises. Les technologies avancées peuvent leur permettre de gagner en efficacité et de rivaliser avec des entreprises de plus grande taille. De plus, des initiatives telles que des partenariats et des réseaux collaboratifs peuvent aider les petites entreprises à accéder à des ressources et à des compétences technologiques dont elles auraient autrement du mal à bénéficier.

En conclusion, bien que les petites entreprises puissent rencontrer des défis spécifiques lors de l'adaptation à la logistique 4.0, il est possible pour elles de bénéficier des avantages qu'elle offre. Cela nécessitera une approche stratégique, une planification minutieuse, des investissements ciblés et une collaboration accrue. Avec une vision claire et une volonté d'innover, les petites entreprises peuvent se positionner favorablement dans le contexte de la logistique 4.0 et tirer parti de ses opportunités de croissance et de compétitivité.

Remerciement:

Nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements à notre encadrant et l'ensemble pédagogique pour leur soutien inestimable dans la réalisation de notre article d'état de l'art sur l'intégration de la logistique dans l'industrie 4.0. En tant que binôme, nous avons bénéficié de ses conseils précieux et de son expertise tout au long de ce projet.

Son accompagnement attentif et ses orientations éclairées ont grandement contribué à la réussite de notre travail. Grâce à ses connaissances approfondies du domaine, nous avons pu approfondir notre compréhension des concepts clés, explorer les avantages et les défis de la logistique 4.0 et proposer une analyse approfondie de l'état de l'art actuel.

Nous tenons également à souligner la patience et l'écoute dont notre encadrant a fait preuve tout au long de nos échanges. Il a su nous guider avec bienveillance, répondre à nos questions et dissiper nos doutes, ce qui nous a permis d'avancer de manière efficace et efficiente.

Nous tenons à souligner l'importance de son rôle dans la dynamique de notre binôme. Il a su encourager la collaboration, favoriser les échanges constructifs et assurer une répartition équitable des tâches. Son soutien constant a renforcé notre confiance et notre motivation, et a contribué à la qualité de notre travail en équipe.

Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude pour cette expérience d'apprentissage enrichissante. Grâce à l'encadrement bienveillant de notre encadrant, nous avons non seulement acquis des connaissances approfondies dans le domaine de la logistique 4.0, mais nous avons également développé nos compétences en recherche, en rédaction et en travail d'équipe.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre encadrant de l'ensemble pédagogique pour son engagement, sa disponibilité et son précieux soutien tout au long de ce projet. Sa contribution a été essentielle à notre réussite et restera une source d'inspiration pour notre développement académique et professionnel futur.

References

- [46] B. Bigliardi, E. Bottani, and G. Casella, "Enabling technologies, application areas and impact of industry 4.0: a bibliographic analysis," *Procedia Manufacturing*, vol. 42, pp. 322–326, 2020.
- [54] M. Shafique and X. Luo, "Nanotechnology in transportation vehicles: an overview of its applications, environmental, health and safety concerns," *Materials*, vol. 12, no. 2493, p. 1, 2019.
- [92] M. Romer and S. Meißner, "Data-based services for smart load carriers: functional design and requirements analysis for internet of things technologies," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 13, pp. 2098–2103, 2019.
- [139] FlytBase, "Drone automation for warehouse 4.0," 2019.
- [140] L. Wawrla, O. Maghazei, and T. Netland, "Applications of drones in warehouse operations," 2019.
- [596] G. Chung, B. Gesing, K. Chaturvedi, and P. Bodenbenner, *Logistics Trend Radar: Delivering Insight Today, Creating Value Tomorrow*, Troisdorf, Germany, 2018.
- [598] E. Ozceylan, C. Çetinkaya, N. Demirel, and O. Sabırlioglu, "Impacts of additive manufacturing on," *Supply Chain Flow : A Simulation Approach in Healthcare Industry*, vol. 2, no. 1, pp. 1–20, 2018.
- [602] J. R. Daduna, "Disruptive effects on logistics processes by additive manufacturing," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 13, pp. 2770–2775, 2019.
- [603] D. A. P. Pandian, "Artificial intelligence application in smart warehousing environment for automated logistics," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 2019, no. 2, pp. 63–72, 2019.
- [604] Big Innovation Centre, *Future Supply Chains with Artificial Intelligence: Achieving AI Success-Building Capacity & Understanding Complexities*, Innovate UK, London, UK, 2018.
- [605] B. Gesing, S. J. Peterson, and D. Michelsen, *Artificial Intelligence in Logistics: A Collaborative Report by DHL and IBM on Implications and Use Cases for the Logistics Industry*, Troisdorf, Germany, 2018.
- [606] C. Zhou, A. Stephen, X. Cao, and S. Wang, "A data-driven business intelligence system for large-scale semi-automated logistics facilities," *International Journal of Production Research*, vol. 5, pp. 1–19, 2020.
- [607] D. Knoll, M. Pruglmeier, and G. Reinhart, "Predicting future inbound logistics processes using machine learning," *Procedia CIRP*, vol. 52, pp. 145–150, 2016.
- [608] S. Soleimani, "A perfect triangle with: artificial intelligence," *Supply Chain Management, and Financial Technology*, vol. 6, no. 11, pp. 85–94, 2018.
- [609] SSI Schafer IT Solutions GmbH, *Artificial Intelligence in Logistics: Terms, Applications and Perspectives*, Friesach, Germany, 2018.
- [610] M. M. Hasan, D. Jiang, A. M. M. S. Ullah, and M. Noor-EAlam, "Resilient supplier selection in logistics 4.0 with heterogeneous information," *Expert Systems With Applications*, vol. 139, pp. 1–24, 2020.
- [611] R. Domanski, J. Oleśkow-szlapka, H. Wojciechowski, R. Domanski, and G. Pawłowski, "Logistics 4.0 maturity ' levels assessed based on GDM (grey decision model) and artificial intelligence in logistics 4.0- trends and future perspective," *Procedia Manufacturing*, vol. 39, pp. 1734–1742, 2019.
- [612] H. C. W. Lau, L. Zhao, and D. Nakandala, "An intelligent approach for optimizing supply chain operations," *Journal of Economics, Business and Management*, vol. 3, no. 6, pp. 571–575, 2015.
- [613] S. Danielsson and E. Ekstrom, "Improving the Supply Chain Using Artificial Intelligence," Lund University, London, UK, 2018.
- [614] W. Kersten, T. Blecker, and C. M. Ringle, "Artificial intelligence and digital transformation in supply chain management: innovative approaches for supply chains," 2019.
- [615] Y. Li, M. K. Lim, and M.-L. Tseng, "A green vehicle routing model based on modified particle swarm optimization for cold chain logistics," *Industrial Management & Data Systems*, vol. 119, no. 3, pp. 473–494, 2019.
- [616] C.-F. Chien, S. Dauzere-Perès, W. T. Huh, Y. J. Jang, and J. R. Morrison, "Artificial intelligence in manufacturing and logistics systems: algorithms, applications, and case studies," *International Journal of Production Research*, vol. 58, no. 9, pp. 2730–2731, 2020.
- [617] M.-H. Stoltz, V. Giannikas, D. McFarlane, J. Strachan, J. Um, and R. Srinivasan, "Augmented reality in warehouse operations: opportunities and barriers," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 12979–12984, 2017.
- [618] D. Puljiz, G. Gorbachev, and B. Hein, "Implementation of augmented reality in autonomous warehouses: challenges and opportunities," 2018.
- [619] W. Wang, F. Wang, W. Song, and S. Su, "Application of augmented reality (AR) technologies in inhouse logistics," *E3S Web of Conferences*, vol. 145, 2020.
- [620] M. Merlino and I. Sproge, "(e augmented supply chain," *Procedia Engineering*, vol. 178, pp. 308–318, 2017.
- [621] S. Koul, "Augmented reality in supply chain management and logistics," *International Journal of Recent Scientific Research*, vol. 10, no. 2, pp. 30732–30734, 2019.
- [622] M. K. Williams, *Augmented Reality Supported Batch Picking System*, University of Twente, Twente, France, 2019.
- [623] K. Govindan, T. C. E. Cheng, N. Mishra, and N. Shukla, "Big data analytics and application for logistics and supply chain management," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 114, pp. 343–349, 2018.
- [691] K. Buntak, M. Kovačić, and M. Mutavdzija, "Internet of things and smart warehouses as the future of logistics," *Tehnički Glasnik*, vol. 13, no. 3, pp. 248–253, 2019.

- [624] S. F. Wamba, A. Gunasekaran, T. Papadopoulos, and E. Ngai, "Guest editorial: big data analytics in logistics and supply chain management," *International Journal of Logistics Management*, vol. 29, no. 2, pp. 478–484, 2018.
- [625] S. S. Darvazeh, I. R. Vanani, and F. M. Musolu, "Big data analytics and its applications in supply chain management," IntechOpen, vol. 29, pp. 1–26, 2020.
- [626] S. Rowe and M. Pournader, "Supply Chain Big Data Series Part 1: How Big Data Is Shaping the Supply Chains of Tomorrow," KPMG Australia and Macquarie Graduate School of Management, vol. 29, 2017.
- [627] G. Wang, A. Gunasekaran, E. W. T. Ngai, and T. Papadopoulos, "Big data analytics in logistics and supply chain management: certain investigations for research and applications," *International Journal of Production Economics*, vol. 176, pp. 98–110, 2016.
- [628] M. Brinch, J. Stentoft, and J. K. Jensen, "Practitioners understanding of big data and its applications in supply chain management," *International Journal of Logistics Management*, vol. 29, no. 2, pp. 555–574, 2018.
- [629] Z. Rajkumar, H. Ismail, L. Chen, X. Zhao, and L. Wang, "(e application of big data analytics in optimizing logistics: a developmental perspective review," *Journal of Data, Information and Management*, vol. 1, no. 1-2, pp. 33–43, 2019.
- [630] Y. Issaoui, A. Khiat, A. Bahnasse, and H. Ouajji, "Smart logistics: study of the application of blockchain technology," *Procedia Computer Science*, vol. 160, pp. 266–271, 2019.
- [631] A. Goudz and V. Steiner, "An evaluation for the use of blockchain technology in logistics," *International Journal of Transportation Engineering and Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 11–17, 2019.
- [632] Capgemini Research Institute, "Does blockchain hold the key to a new age of supply chain transparency and trust?" *How Organizations Have Moved from Blockchain Hype to Reality*, vol. 29, 2018.
- [633] N. Kshetri, "1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives," *International Journal of Information Management*, vol. 39, pp. 80–89, 2018.
- [634] DHL and Accenture, "Blockchain in logistics: Perspectives on the Upcoming Impact of Blockchain Technology and Use Cases for the Logistics Industry," 2018.
- [635] J. Duan, C. Zhang, Y. Gong, S. Brown, and Z. Li, "A contentanalysis based literature review in blockchain adoption within food supply chain," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, 2020.
- [636] M. Dobrovnik, D. M. Herold, E. F"urst, and S. Kummer, "Blockchain for and in logistics: what to adopt and where to start," *Logistics*, vol. 2, no. 18, 2018.
- [637] Deloitte, "Continuous interconnected supply chain: using blockchain & internet-of-things in supply chain traceability," 2017.
- [638] F. Poszler, A. Ritter, and I. Welpe, "Blockchain startups in the logistics industry: the technology's potential to disrupt business models and supply chains," 2019.
- [639] E. Tijan, S. Aksentijevi, K. Ivanic, and M. Jardas, "Blockchain Technology Implementation in Logistics sustainability Blockchain Technology Implementation in Logistics," *Sustainability*, vol. 11, p. 1185, 2019.
- [640] T. Leonard, *Blockchain for Transportation: Where the Future Starts*, Cleveland/Dallas/Nashville, Switzerland, 2017.
- [641] World Economic Forum, *Inclusive Deployment of Blockchain for Supply Chains: Part 1-Introduction*, Geneva, Switzerland, 2019.
- [642] A. Sivula, A. Shamsuzzoha, and P. Helo, "Blockchain in logistics: mapping the opportunities in con- struction industry," *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management September*, vol. 27–29, pp. 1954–1960, 2018.
- [643] L. Koh, A. Dolgui, and J. Sarkis, "Blockchain in transport and logistics-paradigms and transitions," *International Journal of Production Research*, vol. 58, no. 7, pp. 2054–2062, 2020.
- [644] G. Blossey, J. Eisenhardt, and G. J. Hahn, "Blockchain technology in supply chain management: an application perspective," 2019.
- [645] S. Agarwal, *Blockchain Technology in Supply Chain and Logistics*, Massachusetts Institute of Technology, , MA, USA, 2018.
- [646] A. Schmahl, *Resolving the Blockchain Paradox in Transportation and Logistics*, Boston Consulting Group (BCG), , MA, USA, 2019.
- [647] M. Pournader, Y. Shi, S. Seuring, and S. C. L. Koh, "Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature," *International Journal of Production Research*, vol. 7543, no. 58, p. 7, 2020.
- [648] D. Dujak and D. Sajter, "Blockchain applications in supply," Springer International Publishing AG, vol. 75, pp. 21–46, 2019. [649] A. Jabbari and P. Kaminsky, "Blockchain and supply chain management," 2018.
- [650] DAC, "Blockchain in Transport, Shipping and Logistics," 2019.
- [651] E. Petersson and K. Baur, *Impacts of Blockchain Technology on Supply Chain Collaboration: A Study on the Use of Blockchain Technology in Supply Chains and How it Influences Supply Chain Collaboration*, Jonkoping University, Boston, MA, USA, 2018.
- [652] C. F. Durach, T. Blesik, M. Von During, and M. Bick, "Blockchain Applications in Supply Chain Transactions," *Journal of Business Logistics*, vol. 16, 2020.
- [653] G. Perboli, S. Musso, and M. Rosano, "Blockchain in logistics and supply chain: a lean approach for designing real-world use cases," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 62018–62028, 2018.
- [654] G. Niharika and V. Ritu, "Cloud Architecture for the Logistics Business," *Procedia-Procedia Computer Science*,, pp. 414–420, 2015.
- [655] C. G. Kochan, :e Impact of Cloud Based Supply Chain Management on Supply Chain Resilience, University of North Texas, Boston, MA, USA, 2015.
- [689] Y. Cui, *Supply Chain Innovation with IoT*, IntechOpen, London, UK, 2018.
- [690] Z. Zhao, M. Zhang, G. Xu, D. Zhang, and G. Q. Huang, "Logistics sustainability practices: an IoT-enabled smart indoor parking system for industrial hazardous chemical vehicles," *International Journal of Production Research*, vol. 7, pp. 1–17, 2020.
- [692] M. Tu, M. Lim, and M.-F. Yang, "Internet of (ings-Based Production Logistics and Supply Chain System-Part 2: IoTBased Cyber-Physical System: A Framework and Evaluation," *Industrial Management & Data Systems*, vol. 7, pp. 1–30, 2016.

- [656] O. Akinrolabu, S. New, and A. Martin, "Cyber supply chain risks in cloud computing-bridging the risk assessment gap," *Open Journal of Cloud Computing*, vol. 5, no. 1, pp. 1–19, 2018.
- [657] E. Aghamohammadzadeh, M. Malek, and O. F. Valilai, "A novel model for optimisation of logistics and manufacturing operation service composition in Cloud manufacturing system focusing on cloud-entropy," *International Journal of Production Research ISSN*, vol. 58, no. 7, p. 1987, 2020.
- [658] Z. Benotmane, G. Belalem, and A. Neki, "A cloud computing model for optimization of transport logistics process," *Transport and Telecommunication Journal*, vol. 18, no. 3, pp. 194–206, 2017.
- [659] J. Yang, "Construction and optimization of port logistics service supply chain based on cloud computing," *Journal of Coastal Research*, vol. S1, no. 98, pp. 83–86, 2019.
- [660] B. E. Al-jawazneh, "(e prospects of cloud computing in supply chain management (A theoretical perspective)," *Journal of Management Research*, vol. 8, no. 4, pp. 145–158, 2016.
- [661] S. K. Singh, P. S. Srinivasan, and D. Kaur, "SOA cloud computing: modernized the supply chain management applications," *IOSR Journal of Engineering*, vol. 09, no. 3, pp. 67–74, 2019.
- [662] B. Nicoletti, "Cloud computing and procurement," 2016.
- [663] FlytBase, "2020 Guide: Inventory Counts Using Drones," 2020.
- [664] E. Companik, M. J. Gravier, and M. T. Farris II., "Feasibility of warehouse drone adoption and implementation," *Journal of Transportation Management*, vol. 28, no. 2, pp. 33–50, 2018.
- [665] E. J. U. Hernandez, J. A. S. Mart 'inez, and J. A. M. Saucedo, "Optimization of the distribution network using an emerging technology," *Applied Sciences*, vol. 10, no. 857, 2020.
- [666] V. Olivares, F. Cordova, J. M. Sep'ulveda, and I. Derpich, "Modeling internal logistics by using drones on the stage of assembly of products," *Procedia Computer Science*, vol. 55, pp. 1240–1249, 2015.
- [667] UNICEF, "Innovation Case Study: Drones for Delivering Results for Children," 2019.
- [668] K. Kuru, D. Ansell, W. Khan, and H. Yetgin, "Analysis and optimization of unmanned aerial vehicle swarms in logistics: an intelligent delivery platform," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 15804–15831, 2019.
- [669] B. A. Mccunney and K. P. Van Cauwenbergh, "Simulation Test Bed for Drone-Supported Logistics Systems," *Massachusetts Institute of Technology*, vol. 7, 2019.
- [670] A. J. Lohn, *What's the Buzz? :e City-Scale Impacts of Drone Delivery*, RAND Corporation: Santa Monica, California, 2017.
- [671] M. Roca-Riu and M. Menendez, "Logistic deliveries with Drones. State of the art of practice and research," 2019.
- [672] J. Aurambout, K. Gkoumas, and B. Ciuffo, "Last mile delivery by drones: an estimation of viable market potential and access to citizens across European cities," *European Transport Research Review*, vol. 11, no. 30, pp. 1–21, 2019.
- [673] I. Zubin, "introduction of drones in the last-mile logistic process of medical product delivery: a feasibility assessment applied to the case study of BENU't slag," *Delft University of Technology*, vol. 11, 2019.
- [674] I. Marsh, "Drones-a View into the Future for the Logistics Sector," 2015.
- [675] A. Kujawski, J. Lemke, and T. Dudek, "Concept of using unmanned aerial vehicle (UAV) in the analysis of traffic parameters on Oder Waterway," *Transportation Research Procedia*, vol. 39, pp. 231–241, 2019.
- [676] L. Juntao and M. Yinbo, "Research on internet of things technology application status in the warehouse operation," *International Journal of Science, Technology and Society*, vol. 4, no. 4, pp. 63–66, 2016.
- [677] S. Trab, E. Bajic, A. Zouinkhi et al., "A communicating object's approach for smart logistics and safety issues in warehouses," *Concurrent Engineering*, vol. 25, no. 1, pp. 53–67, 2017.
- [678] Zebra Technologies, *How the Internet of :ings Is Improving Transportation and Logistics*, ZIH Corporation, California, 2015.
- [679] N. Mostafa, W. Hamdy, and H. Alawady, "Impacts of internet of things on supply chains: a framework for warehousing," *Social Sciences*, vol. 8, no. 84, pp. 1–10, 2019.
- [680] AT&T, *IoT: A Strategic Approach to Logistics: A Focus on Innovation to Meet the Mission*, Gallows Road, Vienna, 2016.
- [681] T. Khare and R. K. Dubey, *Leveraging IoT for Logistics*, NEC Corporation, Vienna, 2017.
- [682] P. Tadejko, "Application of internet of things in logisticscurrent challenges," *Economics and Management*, vol. 7, , pp. 54–64, 2015.
- [683] AT&T and Eft, "(e Internet of (ings (IoT) in Supply Chain and Logistics," 2016.
- [684] H. S. Birkel and E. Hartmann, "Internet of (ings-the future of managing supply chain risks," *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 7, 2020.
- [685] M. Tu, "An exploratory study of Internet of (ings (IoT) adoption intention in logistics and supply chain management," :e *International Journal of Logistics Management*, vol. 29, no. 1, pp. 131–151, 2018.
- [686] C. Liu, Y. Feng, D. Lin, L. Wu, and M. Guo, "IoT based laundry services: an application of big data analytics, intelligent logistics management, and machine learning techniques," *International Journal of Production Research*, vol. 7, pp. 1–20, 2020.
- [687] G. Xie, "Smart logistics management of hazardous chemicals based on internet of things," *Chemical Engineering Transactions*, vol. 67, pp. 85–90, 2018.
- [688] M. Ben-daya, E. Hassini, and Z. Bahroun, "Internet of things and supply chain management: a literature review," *International Journal of Production Research*, vol. 57, no. 15-16, pp. 4719–4742, 2019.
- [693] S. Zaib and J. Iqbal, *Nanotechnology: Applications, Techniques, Approaches, & the Advancement in Toxicology and Environmental Impact of Engineered Nanomaterials*, MedDocs Publishers LLC, London, UK, 2019.
- [694] J. E. M. Allan, *Technology Transfer in Nanotechnology*, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2019.

- [695] J. T. Li and H. Liu, "Design optimization of amazon robotics," *Automation, Control and Intelligent Systems*, vol. 4, no. 2, pp. 48–52, 2016.
- [696] M. Johnson, "Quiet Logistics' Next Step into Robotics: Modern System Report," 2016.
- [697] T. Wozniakowski, K. Zmarzowski, and M. Nowakowska, "Automation and innovations in logistic processes of electronic commerce," *Information Systems in Management*, vol. 7, no. 1, pp. 72–82, 2018.
- [698] A. Dekhne, G. Hastings, J. Murnane, and F. Neuhaus, "Automation in Logistics: Big Opportunity, Bigger Uncertainty," 2019.
- [699] D. Kupper, *Advanced Robotics in the Factory of the Future*, Boston Consulting Group (BCG), Boston, MA, USA, 2019.
- [700] Institute for Supply Management, "New types of robots are providing opportunities for logistics, manufacturing and other industries, while enabling workers to do what they do best: interacting and performing more highly skilled jobs," 2018.
- [701] G. Q. Huang, M. Z. Q. Chen, and J. Pan, "Robotics in ecommerce logistics," *HKIE Transactions ISSN:*, vol. 22, no. 2, pp. 68–77, 2015.
- [702] T. Bonkenburg, "Robotics in Logistics: A DPDHL Perspective on Implications and Use Cases for the Logistics Industry," 2016.
- [703] R. Strulak-Wojcikiewicz and J. Lemke, "Concept of a simulation model for assessing the sustainable development of urban transport," *Transportation Research Procedia*, vol. 39, pp. 502–513, 2019.
- [704] J. Maina and P. Mwangangi, "A critical review of simulation applications in supply chain management," *Journal of Logistics Management*, vol. 9, no. 1, pp. 1–6, 2020.
- [705] N. Belyak, *Simulation Methods for Transport Logistics*, Lappeenranta University of Technology School, London, UK, 2017.
- [706] C. Fu and Z. Shuai, "The simulation and optimization research on manufacturing enterprise's supply chain process from the perspective of social network," *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 8, no. 3, pp. 963–980, 2015.
- [708] F. S. Yanikara and M. E. Kuhl, "A simulation framework for the comparison of reverse logistic network configurations," 2015.
- [709] A. Ghadge, M. Er Kara, and H. Moradlou, "The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains," *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 31, no. 4, pp. 669–686, 2020.
- [710] M. F. Goswami, K. K. Castillo-villar, M. Aboytes-ojeda, and M. H. Giacomoni, "Simulation-optimization approach for the logistics network design of biomass Co-firing with coal at power plants," *Sustainability*, vol. 10, 2018.
- [711] J. Gonzalez-resendiz, K. C. Arredondo-soto, A. Realyvasquez-vargas, H. Herrera-rivera, and T. Carrillogutierrez, "Integrating simulation-based optimization for lean logistics: a case study," *Applied Sciences*, vol. 8, no. 2448, 2018.
- [712] S. Mutke, C. Augenstein, M. Roth, A. Ludwig, and B. Franczyk, "Real-time information acquisition in a modelbased integrated planning environment for logistics contracts," *Journal of Object Technology*, vol. 14, no. 1, pp. 1–25, 2015.
- [713] A. Muravjovs, *Inventory Control System Analysis Using Different Simulation Modelling Paradigms*, Transport and Telecommunication Institute, Berlin, Germany, 2015.
- [714] Department of Defense for Research & Engineering, "Technical Assessment: Synthetic Biology," 2015.
- [715] IICA, "Proceedings of the first seminar on synthetic biology for biotechnology-regulatory decision makers from the americas," IICA, Berlin, Germany, 2017.
- [716] P. Sachsenmeier, "Industry 5.0—the relevance and implications of bionics and synthetic biology," *Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 225–229, 2016.
- [717] A. Tinafar, K. Jaenes, and K. Pardee, "Synthetic biology goes cell-free," *BMC Biology*, vol. 17, no. 64, 2019.

Références trop volumineuses par rapport à la longueur du document
Certaines références ne sont pas citées dans l'articles.