

Polycopié de la numérisation de l'industrie

Présenté par :

**Mme. BOURI Nassima
Épouse Zerhouni**

Maître de Conférences Classe -A-

**Niveau : 3^{ème} année Master (S5)
Spécialité : Économie numérique**

Année universitaire : 2019/2020



Préface

L'industrie est l'ensemble des activités économiques qui traduisent la production, la transformation, et la mise en œuvre de matières premières pour la réalisation d'un produit fini ou semi-fini destiné à la commercialisation et la consommation.

L'histoire de l'industrie a subi plusieurs révolutions dont la plus importante dans la deuxième moitié du XVIII^e siècle. La première révolution industrielle est l'exploitation du charbon avec la mise au point de la machine à vapeur par James Watt en 1769. Une seconde révolution est amenée par l'introduction de l'électricité, de la mécanique et du développement du transport à la fin de ce même siècle. Et une troisième révolution a lieu au milieu du XX^e siècle grâce à l'électronique, les télécommunications ou encore l'informatique.

Alors, la nouvelle révolution est fondée sur l'usine intelligente, qui se caractérise par une interconnexion des machines et des systèmes au sein des sites de production, mais aussi entre eux et à l'extérieur (clients, partenaires, autres sites de productions).

L'économie numérique désigne le passage de la troisième révolution industrielle à la quatrième révolution industrielle. La troisième révolution industrielle, parfois appelée la révolution numérique, fait référence aux changements survenus à la fin du XX^e siècle avec la transition des dispositifs électroniques et mécaniques analogiques aux technologies numériques. La quatrième révolution industrielle s'appuie sur la révolution numérique alors que les technologies continuent de faire le pont entre les mondes physique et cyber.

Le concept de la numérisation de l'industrie correspond à une nouvelle façon d'organiser les moyens de production. Cette nouvelle industrie s'affirme comme la convergence du monde virtuel, de la conception numérique, de la gestion (finance et marketing) avec les produits et objets du monde réel.

Ce cours a pour objet d'expliquer les intérêts et les enjeux de la numérisation de l'industrie. Et cela, à travers le recours à l'Internet des objets et aux systèmes cyber-physiques, c'est-à-dire aux réseaux virtuels servant à contrôler des objets physiques. En effet, l'entreprise intelligente se caractérise par une communication continue et instantanée entre les différents outils et postes de travail intégrés dans les chaînes de production et d'approvisionnement.

L'utilisation de capteurs communicants apporte à l'outil de production une capacité d'auto-diagnostic et permet ainsi son contrôle à distance tout comme sa meilleure intégration dans le système productif global.

Ce cours met l'accent sur les grandes tendances induites par le numérique, la transformation de l'industrie par le numérique, et ainsi que son impact sur le monde du travail d'une manière plus élargie, et sur les compétences du facteur humain plus précisément.

La numérisation de l'industrie

- *Introduction générale*
- *Chapitre préliminaire : « Un préambule sur l'économie industrielle »*
- *Chapitre 1 : Eléments de base sur l'économie numérique*
- *Chapitre 2 : L'intelligence artificielle*
- *Chapitre 3 : L'industrie 4.0 : Automatisation, programmation et robotisation*
- *Chapitre 4 : Les grandes tendances induites par le numérique*
- *Chapitre 5 : La transformation de l'industrie par le numérique*
- *Chapitre 6 : Les impacts de la transformation numérique de l'industrie*
- *Chapitre 7 : La numérisation de l'industrie et le monde du travail*
- *Conclusion générale*

Module : *La numérisation de l'industrie*

Enseignante responsable

Nassima Bouri
Maître de Conférences - Classe A -
École Supérieure d'Économie d'Oran

Prérequis recommandés :

Economie industrielle, Economie numérique, Industrie 4.0, TIC, intelligence artificielle, innovation et industrialisation.

Compétences à acquérir :

Ce cours a pour objet d'expliquer les intérêts et les enjeux de la numérisation de l'industrie. Et cela, à travers le recours à l'Internet des objets et aux systèmes cyber-physiques, c'est-à-dire aux réseaux virtuels servant à contrôler des objets physiques. En effet, l'entreprise intelligente se caractérise par une communication continue et instantanée entre les différents outils et postes de travail intégrés dans les chaînes de production et d'approvisionnement. L'utilisation de capteurs communicants apporte à l'outil de production une capacité d'auto-diagnostic et permet ainsi son contrôle à distance tout comme sa meilleure intégration dans le système productif global. Ce cours met l'accent sur Les grandes tendances induites par le numérique, la transformation de l'industrie par le numérique, et ainsi que son impact sur le monde du travail d'une manière plus élargie, et sur les compétences du facteur humain plus précisément.

- Introduction générale

La révolution numérique dans le domaine de l'industrie est le fruit de la convergence de plusieurs tendances économiques, industrielles et technologiques nées avec Internet : la dématérialisation massive d'un nombre croissant de nos activités socioéconomiques et l'interconnexion de tout avec tout (objets, machines, personnes).

L'économie numérique fait référence tant aux entreprises et aux personnes utilisatrices des TIC dans leurs activités quotidiennes qu'à l'industrie des TIC, qui regroupe les fabricants et les fournisseurs de services. Elle a été définie comme « le réseau formé par les fournisseurs et les utilisateurs du contenu et des technologies numériques utilisés dans la vie quotidienne. Omniprésents, ce contenu et ces technologies sont essentiels à presque toutes les activités de notre économie et de notre société. Ils permettent aux entreprises d'être novatrices et productives, aux administrations d'offrir des services et aux citoyens d'interagir et d'échanger des renseignements et des connaissances¹».

En effet, l'ère du numérique transforme tout: la nature des marchés et des produits, la manière de produire, la manière de payer et de payer, l'échelle du capital à exploiter au niveau mondial et les besoins en capital humain. Il stimule également la productivité, exposant les entreprises à de nouvelles idées, technologies, nouveaux modèles de gestion et d'entreprise et créant de nouveaux canaux d'accès au marché. Et tout cela à des coûts relativement bas. Il n'est pas exagéré de prédire que les entreprises compteront de plus en plus sur l'intelligence artificielle pour les routines de base et pour les tâches plus complexes.

¹ Gouvernement du Canada, Consultation publique Canada numérique 150, 2010, p. 4.

Pour que les technologies numériques aient un impact sur le développement économique, des politiques appropriées doivent être mises en place pour éliminer les obstacles empêchant les économies émergentes de s'impliquer pleinement dans l'économie numérique et d'optimiser les avantages, tout en minimisant les risques.

Les pouvoirs de la transformation numérique, de l'intelligence artificielle, des données volumineuses, de l'internet des objets, de l'ubérisation, des technologies de la téléphonie mobile et de la blockchain sont sur la voie d'une quatrième révolution industrielle. Cette évolution est essentiellement bénéfique pour l'amélioration du niveau de vie, et des différentes activités économiques et sociétales. Néanmoins, cela peut également avoir des effets perturbateurs, notamment sur les marchés du travail.

Il est essentiel pour la cohésion sociale et la durabilité de nos modèles sociaux et pour des institutions économiques solides que le changement technologique rapide soit efficacement géré de manière à maximiser les avantages et à minimiser les effets négatifs. Cela inclut de doter ces entités des outils et des capacités nécessaires pour participer pleinement et efficacement à cette transformation numérique.

Face à ces changements évolutions rapides et au rythme effréné de l'adoption des technologies numériques, ainsi avec l'émergence d'un nouvel ordre économique, les organisations, et notamment les industries cherchent à se transformer rapidement. Ce bouleversement à l'aube de la quatrième révolution industrielle qui transforme rapidement le paysage du secteur industriel est souvent désigné par les notions d'Industrie 4.0, d'usines intelligentes, d'Internet des objets, de systèmes cyberphysiques et de transformation numérique.

L'Industrie 4.0 englobe la numérisation des chaînes de valeur horizontale et verticale, l'innovation des produits et services et la création de nouveaux modèles d'affaires. Parmi les principaux moteurs opérationnels de la transformation figurent l'amélioration de l'expérience client, l'accélération de la mise sur le marché et la réduction des coûts. En effet, les dirigeants d'entreprises industrielles qui souhaitent récolter les fruits de cette révolution accordent la priorité à l'Industrie 4.0.

La création d'un environnement de production orienté sur l'Industrie 4.0 constitue une démarche progressive qui s'étalera sur plusieurs années et qui comprendra la modernisation des systèmes existants. Une fois la transformation amorcée, les possibilités de mise à profit de la technologie de l'Industrie 4.0 et des notions s'y rapportant seront illimitées. A cet égard, Ce cours analysera en deuxième lieu les impacts économique et managériaux de ces développements sur le fonctionnement des institutions, ainsi sur leurs influences sur la variation du monde de travail dans les deux derniers chapitres et discutera des options politiques permettant de relever ces défis.

- **Chapitre préliminaire : « Un préambule sur l'économie industrielle »**
- **Introduction du chapitre préliminaire**

L'industrie est un concept polysémique recouvrant originellement la plupart des travaux humains. Il englobe la production de biens finis ou semi finis suite à la transformation des matières premières ou des matières ayant déjà subi une ou plusieurs transformations et de l'exploitation des sources d'énergie.

En effet, la définition d'industrie renvoie à des activités de production manufacturières, elle renvoie aussi aux activités de transformation de matière première ou de bien intermédiaires en produits et services. Une industrie correspond généralement à l'ensemble des firmes qui produisent des biens ou des services proches, étroitement substituables qui donc se trouve en concurrence sur le même marché (Bouayad. Brahim, [2011]).

« Cette notion « Industrie » provient du terme « *industria* » composé de « *indo* » : dans et « *struere* » : bâtir, qui signifié : habileté à faire quelque chose, invention, savoir-faire¹ et, par extension, métier que l'on exerce pour vivre (profession mécanique, artistique ou mercantile²).

¹ Le Dictionnaire de l'Académie française 1694, tome 1.

² Dictionnaire de la langue française (Litttré). Tome 3. 1873

Le mot a pris un sens plus restreint au XVIII^e siècle, peut-être à l'époque de Law pour désigner « toute activité productive », c'est-à-dire toutes celles qui concourent à la production des richesses : l'industrie agricole, l'industrie commerciale et l'industrie manufacturière. Depuis le XIX^e siècle, les activités relevant de l'agriculture sont exclues du champ d'industrie qui désigne maintenant l'« ensemble des activités socio-économiques fondées sur la transformation des matières premières¹ ».

L'objectif principal de ce chapitre préliminaire est de présenter les principes de base de l'économie industrielle, qui consiste à analyser le fonctionnement des marchés et les comportements des entreprises sur ces marchés. Il présente en effet un préambule sur l'étude de la numérisation de l'industrie après une mise au point sur l'historique théorique et empirique de l'économie industrielle.

1. Historique et définitions de l'économie industrielle

1.1. Définition de l'économie industrielle

L'économie industrielle a pour objet principal l'étude et l'analyse du lien entre les stratégies des firmes et l'évolution des différentes structures de marché (CPP, monopole, oligopole). L'économie industrielle est la branche de l'économie qui étudie le fonctionnement des marchés et les comportements des entreprises sur ces marchés. Elle représente un champ de l'économie consacré à la compréhension du fonctionnement d'un marché en fonction de sa structure.

¹ « Industrie: Étymologie de Industrie » [archive], sur Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales (consulté : le 4 décembre 2018).

Elle traite notamment des situations dans lesquelles les entreprises disposent d'un pouvoir de marché, ce que les économistes appellent la concurrence imparfaite. Autrement dit, l'économie industrielle s'intéresse au contrôle des marchés et à l'organisation interne des sociétés. A cause de son côté mathématisé, elle est tournée davantage vers une approche théorique. Cette approche est ainsi appréhendée par les étudiants d'écoles de commerce.

L'économie industrielle dépend de nombreuses variables décrivant le marché, notamment le nombre de vendeurs ou le degré d'intégration verticale (il s'agit d'analyser si l'entreprise produisant le bien étudié possède également l'entreprise qui fournit les biens intermédiaires ou celle qui distribue le bien).

En fonction de cette structure, il s'agira d'analyser la stratégie de l'entreprise en termes de prix et de quantités mais aussi en termes de qualité, de discrimination, de dépenses en recherche et développement, de publicité ou d'innovation.

- L'économie industrielle est un champ de l'analyse économique qui vise à :
 - ✓ Expliquer le fonctionnement des relations d'échange entre les entreprises productrices qui opèrent sur un même marché selon les différentes structures ;

- ✓ Analyser l'impact de ces relations économiques sur l'organisation et le fonctionnement de l'industrie ou du marché ;
- ✓ Proposer des méthodes et outils de politique industrielle aux organisations industrielles, aux pouvoirs publics et aux autorités de réglementation.

1.2.L'histoire de l'économie industrielle

Historiquement, le terme économie industrielle a été approuvé comme discipline vers les années 1940 par des économistes à savoir Edward Mason et Joe Bain. A partir des années 70, les modèles en économie industrielle servent à donner des fondements théoriques qui s'appuient sur la théorie des jeux faisant appel à la modélisation.

En France, l'organisation industrielle porte un autre nom qui est l'économie industrielle. Le concept a eu un léger retard de développement dans l'hexagone par rapport aux Etats-Unis. L'économie industrielle prend en compte le succès des marchés en matière d'efficacité.

- A cet effet, deux "traditions" d'économie industrielle¹ s'opposent et se complètent sur le plan historique :

1.2.1. La tradition d'Harvard

La première, appelée tradition d'Harvard, date des années 1920 et est principalement empirique. Elle s'est développée autour d'un modèle "structure _ procédé _ performance".

La structure du marché (le nombre de vendeurs, le degré de différenciation des produits, la structure des coûts, le degré d'intégration verticale,...) définit les procédés (prix, qualité, R&D, investissement, publicité,...) qui vont eux-mêmes définir la performance du marché (efficacité, innovation, profit,...).

Cette première vision de l'économie industrielle se construit principalement autour d'études statistiques, sans support théorique. Il s'agit d'identifier au moyen d'une relation (souvent linéaire) l'impact de diverses variables sur le profit.

¹ Renaud Bourlès, « Economie industrielle », EAO-33-O-STRA, Central, Marseille, France, P 5, 2017.

- En formalisant, les relations testées sont du type :

$$\pi_i = f(CR_i ; BE_i ; \dots)$$

- Où :

π_i est une mesure de la profitabilité (de la firme ou du secteur) ;

CR_i : est le taux de concentration (mesure de la compétition dans le secteur,...) ;

BE_i : est une mesure des barrières à l'entrée.

L'émergence de l'économie industrielle est contemporaine de celle des grands groupes industriels du début du XX^e siècle, mais resta longtemps un domaine isolé d'études empiriques sans donner lieu à une théorisation en termes économiques ni à des travaux économétriques pointus.

En 1968, George Stigler faisait ainsi remarquer que l'économie industrielle ne constituait pas un sujet à proprement parler, ses problématiques sur le plan de la structure, des comportements des entreprises et de la concurrence relevant de la problématique générale des sciences économiques, l'allocation de ressources rares.

1.2.2. La tradition de Chicago

Ainsi une nouvelle méthodologie s'est développée depuis les années 1970. Elle est appelée "tradition de Chicago". Cette tradition s'appuie sur le besoin d'une théorie rigoureuse analysant les différents liens de causalité liés à l'économie industrielle. Elle utilise ensuite des études plus empiriques pour identifier les différentes théories concurrentes.

À partir du début des années 1980, l'adoption des outils de la théorie des jeux pour modéliser le comportement des entreprises donna naissance à une littérature très majoritairement théorique, produite et lue par des chercheurs auparavant non-spécialistes de l'économie industrielle. En 1988, Richard Schmalensee définit ainsi l'économie industrielle par trois thèmes essentiels :

- L'étude des déterminants du comportement, de la taille, de l'échelle et de l'organisation des entreprises privées ;
- La concurrence imparfaite, c'est-à-dire dans quelle mesure le fonctionnement et la performance du marché (en tant que moyen d'allocation des ressources entre agents) est affecté lorsque les conditions de la concurrence pure et parfaite ne sont pas respectées ? Ce thème couvre en particulier les questions de choix de prix, de quantité et de capacité, ainsi que la concurrence hors-prix : sélection des produits, publicité, changement technique.

- L'étude des politiques publiques concernant l'activité économique, en particulier en matière de droit de la concurrence, de dérégulation, et de privatisations, ainsi que des politiques industrielles affectant le progrès technique.

En effet, la théorie des jeux permet de comprendre comment la concurrence peut s'analyser comme une bataille pour les **rentes de monopole** où la concurrence hors prix (publicité, design, recherche et développement) crée un environnement où les firmes peuvent abriter leurs profits.

2. La présentation de la place de l'économie industrielle dans la théorie économique

Les années 1980 et début des 1990 correspondent à l'âge d'or de l'économie industrielle et de l'innovation, dans la diversité des approches développées. Plusieurs facteurs expliquent pourquoi elle va à cette époque prendre une position dominante dans l'ensemble du champ de la science économique et participer à son renouvellement.

- Premièrement, elle est productrice de concepts novateurs et de nouvelles approches (économie de l'innovation, théorie des coûts de transaction, théorie des marchés parfaitement disputables, économie de la connaissance, etc.).
- Deuxièmement, elle est en prise avec les problèmes auxquels sont alors confrontées les économies en termes de concurrence par l'innovation ou de reconversion industrielle (retour à Schumpeter et développement de l'évolutionnisme) : il s'agit de problèmes productifs.
- Troisièmement, la crise du keynésianisme a laissé la place libre aux approches néoclassiques en macro-économie et les courants hétérodoxes ont trouvé dans la méso-économie un espace et des outils pour penser dans leur propre champ (jusqu'au retour de l'institutionnalisme).

Les approches initiées dans le champ de l'économie industrielle et de l'innovation vont trouver des applications dans de nouveaux champs disciplinaires qu'ils vont contribuer à renouveler : économie bancaire, nouvelle économie internationale, l'économie spatiale et, plus tard, l'économie géographique, l'économie du développement, etc. On peut même parler d'une banalisation tant aujourd'hui il est communément admis que la rivalité concurrentielle ou l'avantage compétitif passe par l'aptitude des firmes et des économies à innover.

- Conclusion du chapitre préliminaire

L'objet principal des études d'économie industrielle est de fournir cette caractérisation en recourant au schéma qui relie les structures du marché et les comportements des entreprises. Jacquemin. A, 1989 a tiré deux limites relatives à ces recherches, l'une au niveau théorique et l'autre au niveau empirique. Sur le plan théorique, le souci de situer l'analyse dans le contexte d'un modèle microéconomique précis a été le plus souvent absent et le type d'interdépendance oligopolistique a été rarement explicité.

Ainsi su niveau empirique, deux types d'études caractérisent l'optique traditionnelle. En premier lieu, les analyses de cas, particulièrement prolifiques dans les années 60, ont apporté une connaissance approfondie de certaines industries telles celles de l'acier, du pétrole, de l'automobile. La prise en compte des aspects qualitatifs a éclairé toute la complexité de la réalité industrielle, tandis que les mesures quantitatives, tel le degré de concentration ou les taux de profit, donnaient des indicateurs synthétiques simples de la situation observée » (Jacquemin. Alexis, [1989]).

D'une autre part, la nouvelle économie industrielle se démarquait ouvertement de la concurrence pure et parfaite qui ne constituent pas une description réaliste et pertinente des marchés. Le modèle de concurrence pure et parfaite repose sur les hypothèses suivantes :

- ✓ Une atomicité de l'offre et de la demande, qui se traduit par une absence de pouvoir de marché des vendeurs et des acheteurs ;
- ✓ Une homogénéité des biens offerts sur le marché, qui se traduit par une substituabilité parfaite des vendeurs ;
- ✓ Une libre entrée sur le marché pour les vendeurs et les acheteurs et la libre circulation des facteurs de production ;
- ✓ Des vendeurs et des acheteurs parfaitement informés.

En guise de conclusion, il est à rajouter que, l'économie industrielle offre des outils et des modèles permettant de décrypter les stratégies concurrentielles des entreprises. Il s'agit de mieux comprendre comment les entreprises interagissent avec leurs concurrents, mais aussi avec leurs clients, leurs fournisseurs ou leurs autorités de régulation.

- **Chapitre 1 : Eléments de bases sur l'économie numérique**

- **Introduction du chapitre 1**

Le concept « économie numérique » tente de couvrir les secteurs des activités économiques liées au numérique. L'économie du numérique renvoie à l'interrelation entre l'ensemble des activités économiques liées au circuit économique ; passant par la production, la distribution, l'intermédiation et la consommation de biens et de services de nature informationnelles, numérisées et donc reproductibles ou transmissibles à des coûts souvent presque nuls.

1. Economie numérique : revue de littérature

L'économie numérique englobe les deux notions qui la compose : l'économie et le numérique. En effet le terme « économie » ayant été déjà définie et expliqué dans plusieurs recherches et plusieurs références économiques :

« L'économie peut être définie comme une discipline des sciences sociales dont l'objet d'étude est l'allocation des ressources rares (ou limitées) de l'homme à la satisfaction de ses besoins multiples et concurrents. Elle s'intéresse essentiellement aux activités de production, de distribution et de consommation des biens ainsi qu'aux institutions, aux cadres réglementaires et à l'environnement facilitant ces activités » (Alexandre Nshue M. Mokime, [2012]).

- La deuxième notion « numérique », « regroupe les Technologies de l'Information et de la Communication ainsi que l'ensemble des techniques utilisées dans le traitement et la transmission des informations telles que par exemple les télécommunications, internet ou l'informatique. Le secteur du numérique désigne le secteur d'activité économique relatif aux Technologies de l'Information et de la Communication et à la production et à la vente de produits et services numériques.

1.1. Définitions de l'économie numérique

1.1.1. Tentation d'une définition globale de l'économie numérique

« L'économie numérique est une science qui couvre de différents concepts, dominations et expressions technologiques, économiques et sociales selon les auteurs, d'autant que cette notion a évolué au cours des années : nouvelles technologies, nouvelle économie, télécommunications, interconnexions, technologies de l'information et de la communication, commerce électronique, économie électronique.

L'économie numérique désigne tous les processus, transactions, interactions, interconnexions et activités économiques exercées entre les différents agents économiques et basés sur les technologies numériques d'information et de communication et l'économie d'internet »¹.

¹ Confection personnelle.

1.1.2. Définition de l'économie numérique selon l'Insee

L'économie numérique est assimilée aux technologies de l'information et de la communication (TIC), et en particulier aux secteurs producteurs. Selon l'OCDE et l'Insee, le secteur des TIC regroupe les entreprises qui produisent des biens et services supportant le processus de numérisation de l'économie, c'est-à-dire la transformation des informations utilisées ou fournies en informations numériques (informatique, télécommunications, électronique) ».

Vue la difficulté à définir l'économie numérique et de la complexité pour la quantifier, l'INSEE l'assimile aux secteurs producteurs des TIC¹. Le secteur des TIC regroupe les entreprises qui produisent des biens et services supportant le processus de numérisation de l'économie, c'est-à-dire la transformation des informations utilisées ou fournies en informations numériques (informatique, télécommunications, électronique)².

¹ Définition TIC INSEE : Selon une convention internationale fixée par l'OCDE, on qualifie de secteurs des technologies de l'information et de la communication (TIC) les secteurs suivants :
- secteurs producteurs de TIC (fabrication d'ordinateurs et de matériel informatique, de TV, radios, téléphone,...) ;
- secteurs distributeurs de TIC (commerce de gros de matériel informatique,...) ; Secteurs des TIC ((télécommunications, services informatiques, services audiovisuels,...).

² « L'impact de l'économie numérique », Philippe Lemoine, Benoît Lavigne et Michal Zajac, revue Sociétal n°71 (1^{er} trimestre 2011).

Selon les déclarations de l'Insee, L'économie numérique est à l'origine des nouveaux secteurs innovants et a rendu l'existence d'autres secteurs dépendants de celle-ci. Elle regroupe le secteur des TIC, les secteurs utilisateurs et les secteurs à fort contenu numérique, ces derniers ne pourraient exister sans ces technologies.

1.1.3. Définition de l'économie numérique selon The Australian Bureau of Statistics

Selon «The Australian Bureau of Statistics», « l'économie numérique est: le réseau mondial des activités économiques et sociales qui sont activées par des plateformes telles que les réseaux Internet, mobiles et de capteurs, y compris le commerce électronique. Activées également par les efforts pour atteindre l'efficacité et la productivité dans les processus de production, les stocks et la gestion des connaissances ».

1.1.4. Définition synthétique de l'économie numérique

Le concept « économie numérique » tente de couvrir les secteurs des activités économiques liées au numérique.

L'économie du numérique renvoie à l'interrelation entre l'ensemble des activités économiques liées au circuit économique ; passant par la production, la distribution, l'intermédiation et la consommation de biens et de services de nature informationnelles, numérisées et donc reproductibles ou transmissibles à des coûts souvent presque nuls.

D'après plusieurs auteurs, les principales caractéristiques de ces biens et services sont identifiées à partir des particularités des lois de marchés, ainsi des spécificités de la demande (effets de réseau analysés comme des effets externes positifs rendant l'usage d'un réseau d'autant plus attractif que les utilisateurs sont nombreux, par exemple réseaux sociaux) et des spécificités de l'offre (par l'existence d'économies d'échelle importantes, coût de reproduction d'un logiciel, d'un DVD ou tout autre production sous un format numérique).

D'autres part, Pour l'industrie du numérique¹, ces biens et services en réseau ajoutent la caractéristique d'être numérisables. Par ailleurs, l'économie numérique est l'objet d'enjeux particuliers liés au de standardisation et/ou de mise en compatibilité des réseaux en services.

1.2.Naissance et historique de l'économie numérique : bref aperçu

L'économie numérique est le réseau mondial d'activités économiques, de transactions commerciales et d'interactions professionnelles que permettent les technologies de l'information et de la communication (TIC). On peut résumer de manière succincte l'économie basée sur les technologies numériques.

¹ Jean-Christophe Duflanc, [2012].

Le terme «économie numérique» a été mentionné pour la première fois au Japon par un professeur et économiste japonais au milieu de la récession japonaise des années 90. Dans l'Ouest, le terme a suivi et a été inventé dans le livre de 1995 de Don Tapscott, *The Digital Economy: Promise and Peril* à l'ère de l'intelligence en réseau. Ce fut l'un des premiers livres à considérer comment Internet changerait notre façon de faire des affaires. Nicholas Negroponte, fondateur du Media Lab du Massachusetts Institute of Technology et auteur du livre *Being Digital* en 1995, a décrit l'économie numérique en utilisant "des bits au lieu d'atomes".

Selon Thomas Mesenbourg (2001), trois composantes principales du concept «économie numérique» peuvent être identifiées:

- Infrastructure e-business (matériel, logiciels, télécoms, réseaux, capital humain, etc.)
- Affaires électroniques (comment les affaires sont menées, tout processus qu'une organisation mène sur des réseaux informatiques).
- Commerce électronique (transfert de biens, par exemple lorsqu'un livre est vendu en ligne).

Mais, comme le remarque Bill Imlah, les nouvelles applications brouillent ces frontières et ajoutent de la complexité; Par exemple, considérez les médias sociaux et la recherche sur Internet.

Dans la dernière décennie du 20ème siècle. Nicholas Negroponte (1995) a utilisé une métaphore du passage des atomes de traitement aux bits de traitement. «Le problème est simple. Lorsque l'information est incorporée dans des atomes, il ya un besoin de toutes sortes de moyens de l'ère industrielle et d'immenses entreprises à livrer. Il est logique de publier soi-même sur Internet, mais pas une copie papier.

Dans cette nouvelle économie, les réseaux numériques et les infrastructures de communication constituent une plate-forme mondiale sur laquelle les individus et les organisations conçoivent des stratégies, interagissent, communiquent, collaborent et recherchent des informations. Plus récemment, l'économie numérique a été définie comme la branche de l'économie qui étudie les biens intangibles à coût marginal nul sur le Net.

1.2.1. Contexte de naissance du concept

A la fin des années 90, et après la deuxième guerre froide, le monde et plus particulièrement les Etats Unis d'Amérique se lance dans la recherche technologique et le développement industriel. Et dès les années 1960, la convergence des nouvelles découvertes telles que téléphone, la télévision et l'ordinateur tend à transformer le monde en une « société globale.».

La convergence de ces nouveaux outils va permettre aux américains de gagner la conquête des espaces ; contrairement aux occidentaux qui avaient gagné celle des territoires.

Ce développement fulgurant¹ des Technologies de l'Information et de la Communication (T.I.C) aux Usa va aboutir à internet qui, à son tour favorisera la diffusion et la circulation rapide de l'information via les réseaux à travers le monde entier. Au sommet de Bruxelles en 1995, les pays les plus industrialisés au monde entérinent la notion de « société globale de l'information. » (Mattelart. A, [2007]).

1.2.2. Les premiers précurseurs du concept

Herbert Schiller, professeur à l'université de Californie (Usa), a introduit le concept d' « impérialisme culturel » qu'il définit comme « l'ensemble des processus par lesquels une société est introduite au sein du système moderne mondial et la manière dont sa couche dirigeante est amenée, par la fascination, la pression, la force ou la corruption, à modeler les institutions sociales pour qu'elles correspondent aux valeurs et aux structures du centre dominant du système ou pour s'en faire le promoteur».

A son tour, **M. Albert Gore**, vice-président des Etats-Unis d'Amérique pose les bases d'une nouvelle économie à travers son concept d' « autoroutes de l'information.», qui s'apparente donc à un appel à une politique de promotion de l'économie numérique.

¹Armand Mattelart, Le Monde diplomatique, septembre 2007.

Dans un travail de recherche qui porte sur « *La presse écrite camerounaise à l'épreuve de la convergence numérique: Cas de Cameroun tribune et Mutations* », et qui s'agit de montrer comment la presse camerounaise tente de répondre à la dynamique de la convergence de plus en plus ressentie comme une exigence essentielle et existentielle pour les médias.

Ingrid Ngounou¹ a défini le concept comme l'ensemble des « réseaux de télécommunications qui permettent de transmettre tout message (voix, vidéo, données...) à double sens avec de grands débits et sur des distances plus ou moins longues. ».

1.3. La part de l'économie numérique dans la croissance

1.3.1. Impacts théoriques de l'économie numérique sur la croissance

Une étude de Coe-Rexecode a présenté théoriquement la contribution de l'économie numérique à la croissance économique en générale. En effet, il existe la contribution directe par l'augmentation du capital numérique en tant que facteur de production, et la contribution indirecte engendrée par le fait que cette augmentation de capital numérique a un effet positif sur les gains de productivité globale de l'économie.

¹ Ingrid Ngounou, Mémoire en vue de l'obtention du diplôme des sciences et techniques de l'information et de la communication (DSTIC) Filière journalisme thème : « la presse écrite camerounaise à l'épreuve de la convergence numérique : cas de Cameroon-tribune et de Mutations », Novembre 2004.

- En termes de **contribution directe**, l'économie numérique a un effet macroéconomique lié à l'augmentation de l'investissement productif des entreprises, investissement dans les biens corporels (équipements et matériels numériques) ; ou incorporels (logiciels, utilisés dans le processus de production). L'augmentation du capital productif entraîne un accroissement de la formation brute de capital fixe agrégée (FBCF) et par conséquent une évolution directe du PIB.
- Une autre contribution est liée à l'accélération de la productivité des salariés, suite à bonne formation des salariés adéquate à l'utilisation du numérique en entreprise. C'est ca qui permet d'augmenter la productivité du travail, la rentabilité économique et financière des entreprises, ainsi une amélioration de processus. Cette réorganisation améliore en effet la croissance économique.
- **Concernant la contribution indirecte** : l'utilisation des TIC et des technologies numériques participe à une amélioration de la productivité globale de facteurs (PGF), qui reflète l'impact du progrès technique sur la croissance. L'amélioration de la PGF est en partie attribuée aux secteurs producteurs de matériels numériques mais aussi aux secteurs utilisateurs d'innovations numériques.

- La productivité globale des facteurs dépend également de la large diffusion des innovations numériques dans l'ensemble de l'économie. En effet l'innovation numérique a des externalités de « réseau », plus les innovations numériques sont largement diffusées et adoptées, plus les bénéfices seront importants (effet d'apprentissage, économies d'échelle). Ainsi leur diffusion permet à l'ensemble d'autres secteurs économiques de gagner en innovation et productivité également.

1.3.2. Impacts macroéconomiques de l'économie numérique sur la croissance (analyses par les indicateurs macroéconomiques)

Nous allons résumer l'influence de l'économie numérique sur la croissance des nations en se basant sur les trois indicateurs macroéconomiques suivants :

a. Impacts de l'économie numérique sur la Productivité¹

« La productivité, ce n'est pas tout, mais à long terme, c'est presque tout.

La capacité d'un pays à élever le niveau de vie de sa population dépend presque entièrement de sa capacité à augmenter la production par travailleur [traduction] » (Krugman, [1997], p. 11).

¹Chris D'Souza et David Williams, département des Analyses de l'économie canadienne, Revue de la Banque du Canada • PRintemPs 2017, P11.

La productivité est un facteur économique qui traduit l'efficacité de transformation des intrants en extrants.

La croissance de la productivité du travail — ou PIB par heure travaillée — peut se définir comme la somme pondérée de ce qui suit :

1. *l'intensification du capital* — augmentation de l'apport en capital par heure;
2. *l'amélioration de la qualité de la main-d'œuvre* — hausse de la productivité par unité de main-d'œuvre, qui est fonction du profil d'âge et des niveaux de qualification du personnel;
3. *la croissance de la productivité multifactorielle (PMF)* — **croissance de la production qui n'est pas expliquée par 1) et 2).**

- Concernant l'impact de la numérisation de l'économie dans la productivité des firmes, il est à signaler que Les investissements dans TIC contribuent à l'amélioration du processus de production qui s'intensifie ainsi en capital. Par ailleurs, la baisse des prix des technologies numériques encourage les entreprises à innover leurs biens corporels et incorporels, afin de réaliser des bénéfices successifs.

b. Marchés du travail

La numérisation pourrait avoir des conséquences positives sur la création d'emplois sur le marché du travail. En effet, Dans quelle mesure le développement accéléré de l'économie numérique contribue-t-il au processus politique de déconstruction de l'emploi et à la reformulation de la catégorie des «travailleurs»?

Quatre études¹ sur les marchés du travail des TIC montrent comment la technologie fait la différence pour la croissance. Différentes compétences sont intégrées à l'économie dans son ensemble.

Les technologies dans les industries manufacturières matures évoluent lentement et la croissance de l'emploi a des répercussions plus faibles que celles des nouveaux secteurs, tels que les services de smartphones.

Le cloud computing réduit et redéploie les travailleurs internes de la gestion de l'information, mais les effets globaux, même avec une vision prudente des gains de productivité, ne réduiront probablement pas l'emploi total de personnes techniquement qualifiées.

Ces études ont une croissance modeste, principalement, mais des gains significatifs dans les zones locales, comme le dynamisme du marché du travail à Londres provoqué par le «numérique à Londres». Le fait que l'emploi se développe comme nous l'avons décrit concerne les avertissements courants, souvent criants, concernant les pénuries de compétences.

¹ Liebenau, Jonathan, "Labor markets in the digital economy: modeling employment from the bottom-up". In: UNSPECIFIED Springer, 2018.

c. Impacts de l'économie numérique sur l'inflation et la politique monétaire¹

La Banque de Suède (2015) a mis en lumière trois canaux potentiels par lesquels la numérisation est susceptible d'influer sur l'inflation :

1) **productivité et structures de coûts** : dont La numérisation pourrait engendrer une augmentation de la productivité et de la croissance de la production potentielle.

2) **concurrence et structures des marchés** : Concernant l'intensité de la concurrence, les structures des marchés et les pratiques des entreprises en matière d'établissement des prix, la banque de Suède a signalé que, ces pressions concurrentielles pourraient s'avérer fatales pour certaines entreprises locales, mais ouvrir de nouveaux marchés à d'autres entreprises, qui auraient ainsi la possibilité d'étendre considérablement leurs activités. Les exportateurs de services canadiens semblent bien placés pour profiter de ces tendances (Poloz, [2016]).

Cela dit, les technologies numériques facilitent la création de réseaux et les économies d'échelle; pour cette raison, il se peut aussi qu'elles favorisent la concentration du pouvoir de marché parmi un petit nombre d'entreprises d'envergure mondiale extrêmement prospères (voir Autor et autres, 2017).

¹Chris D'Souza et David Williams, département des Analyses de l'économie canadienne, *Revue de la Banque du Canada* • PRintemPs 2017, P 15.

Et 3) effets directs sur les composantes de l'indice des prix à la consommation

(IPC) : la diminution des coûts de production pourrait avoir des effets directs sur les composantes de l'IPC, une tendance qui s'observe depuis quelque temps (Banque de Suède, 2015). Toutefois, les pressions sur les prix d'une gamme grandissante de produits pourraient être influencées par la baisse des coûts de production et de distribution des biens et services numériques (par exemple, actualités, films et autres services en ligne).

1.4.L'économie numérique et les économies émergentes : un défi de la concurrence internationale ou un levier de croissance

L'économie numérique constitue pour les pays émergents une opportunité de redéfinir leur modèle de croissance économique. Précisément, l'économie numérique peut jouer un rôle clé dans l'extension et la modernisation des marchés dans ces pays, en facilitant la collecte et la diffusion d'informations, en améliorant la gestion des transactions ... d'autant que le sous-développement dans ces pays tient en partie à un mauvais fonctionnement des marchés.

Le défi pour les pays émergents comme ceux du Maghreb est donc de créer autour des technologies numériques une dynamique de croissance, réellement autonome et adaptée aux besoins des consommateurs et entreprises de ces pays, et non pas uniquement dédiés à la sous-traitance.

Pour les entreprises souhaitant se positionner dans cette économie numérique, il s'agit aussi de définir des modèles d'affaires spécifiques, qui tiennent compte des comportements de production et de consommation propres aux pays émergents et qui ne cherchent pas à simplement répliquer les modèles d'affaires mis en place dans les pays développés (Raphaël Suire, Thierry Pénard, [2009]).

2. Enjeux et avantages de l'économie numérique

Cette nouvelle économie dite numérique est aujourd'hui au cœur de la croissance et de la compétitivité des nations et des entreprises à l'échelle planétaire. Longtemps restée spécifique, elle est devenue le secteur le plus dynamique de l'économie mondiale avec un taux de croissance double de celui de l'économie classique dans la plupart des pays développés. Elle est le principal facteur de gain de compétitivité pour les économies de ces pays et représente désormais près de 30% de la croissance mondiale (O.C.D.E, [2017]).

Le marché du numérique a enregistré une progression mondiale de 4,3% en 2011 pour s'établir à 3070 milliards d'euros en valeur (O.C.D.E, [2017]), a indiqué l'Institut de l'audiovisuel et des télécoms en Europe (Idate). Cela constitue une véritable révolution qui redessine, pour le présent et le futur proche, des changements décisifs pour la société comme pour l'économie mondiale sous tous leurs aspects et dans tous les domaines, imposant du coup de nouvelles règles, conventions et lois qui régissent les relations internationales.

2.1. Enjeux de l'économie numérique

L'économie numérique a remis en cause et transformé en profondeur les processus de production, de distribution, de vente et de consommation des biens et services. Son expansion est l'usufuit d'un long processus de transformation économique et sociale globale, qui s'affirme chaque jour un peu plus. La conséquence immédiate en est un bouleversement radical dans les modes de vie et de communication, les usages professionnels, les habitudes de consommation des états et de leurs citoyens.

De nouveaux besoins, suscités par une offre de plus en plus agressive, subliminale et diversifiée, sont ainsi nés dans des domaines aussi variés que la santé (télémédecine), l'éducation (e-learning), l'énergie et l'environnement, la culture (contenus numériques), le commerce (e-commerce) les médias et les loisirs (site web, blogs, tweet, etc.), la sécurité, la défense (réseaux fermés de télécommunication), les transports, les administrations et le secteur public (e-administration, open data), les services (e-services), les modes de production et l'industrie, l'informatisation et le management des entreprises (ERP, e-management) ...

En trois décennies, les nouvelles technologies se sont progressivement incrustées au cœur des métiers créant ainsi de nouveaux secteurs, métiers, produits et services supportant le processus de numérisation de l'économie et qui constituent autant d'opportunités qui s'offrent à tous les acteurs de l'économie mondiale et leur permet de conquérir les marchés clés du futur et de répondre ainsi adéquatement aux grands défis qui se posent dans la redéfinition des principes du commerce international, pour l'avènement d'un nouvel ordre économique mondial.

Cette « nouvelle économie » exige des acteurs économiques (états, entreprise et autres usagers) une nouvelle manière de « faire des affaires et créer de la valeur » pour laquelle Internet et ses outils et services sont à la fois le vecteur et le symbole.

2.2. Avantages de l'économie numérique

Les avantages de l'économie numérique pour les économies émergentes sont potentiellement importants. Cela est dû au fait qu'elle offre des opportunités de compétitivité et d'amélioration de la productivité importantes en matière d'accès à des produits et services numériques permettant d'optimiser les processus et la production, de réduire les coûts de transaction et de transformer les chaînes d'approvisionnement.

La baisse des prix des technologies de l'information et de la communication (TIC) encourage l'investissement et l'adoption des technologies numériques dans les économies émergentes, offrant à leurs entreprises des services de pointe à des prix compétitifs.

Tout cela permet aux entreprises de participer aux chaînes de valeur mondiales et d'accéder directement aux clients sur les marchés étrangers, ce qui n'était possible que pour les grandes entreprises établies dans les économies avancées.

2.2.1. Avantages de l'économie numérique sur le plan managérial

- L'économie numérique présente de multiples avantages :

Varian (2016) expose cinq grandes façons par lesquelles les technologies numériques transformeront les activités économiques :

- ➔ **Collecte et analyse de données** — Les entreprises seront en mesure de recueillir de les informations sur les préférences des clients et de s'en servir pour prévoir le comportement de ceux-ci et améliorer la prestation de services.

- **Personnalisation** — Les entreprises pourront fournir des produits et services conçus sur mesure.

- **Expérimentation et amélioration continue** — Les entreprises seront à même d'exploiter des données et de puissants algorithmes de prévision pour automatiser leurs systèmes et éclairer leurs décisions concernant la production et l'affectation des ressources.

- **Innovation en passation de contrats** — Les entreprises et les clients pourront suivre, surveiller et vérifier les activités exécutées par les autres parties aux contrats, ce qui facilitera de nouveaux types de transactions économiques (par exemple, service de transport accessible par application mobile, monnaie électronique et grand livre partagé).

- **Coordination et communication** — Les outils de communication (par exemple, logiciels de partage de fichiers, vidéoconférence et appareils mobiles sans fil) permettront aux gens et aux ressources d'interagir avec une flexibilité accrue, peu importe où ils se trouvent. Les entreprises parviendront plus facilement à offrir leurs produits et services sur les marchés mondiaux.

2.2.2. Avantages de l'économie numérique sur le plan mercatique

D'un autre côté, d'autres auteurs ont cité les autres avantages de l'économie numérique liés à la fonction « marketing » :

➔ Marketing et coûts managériaux

Le coût de la stratégie marketing est réduit. Cette stratégie s'étend souvent sur une longue durée permettant d'atteindre de milliers de cyber euphoriques et des « e-acheteurs ». Ici, le consommateur n'est plus passif mais hédonique dans la mesure où il devient « acteur de sa consommation et apprécie qu'on le fasse participer. » Internet étant devenu un outil qui donne la possibilité à l'internaute de voir, juger et acheter un produit.

➔ Marketing et clientèle

En plus, internet offre un accès permanent et illimité au produit grâce à son caractère d'éternité. Une entreprise ou un produit présent sur la toile a mille chances d'être vue par des internautes 24h/24. Fort de cet avantage, elles sont nombreuses les entreprises qui n'hésitent plus à converger vers le net.

Puisque cet outil confère une grande visibilité aux produits ou aux entreprises et crée par conséquent une relation de confiance entre les internautes. De même qu'il contribue à l'accroissement du nombre de potentiels clients. L'avantage de l'économie numérique c'est aussi qu'elle brise les frontières physiques et géographiques.

➡ **Marketing et évaluation des produits**

L'autre avantage de l'économie numérique est qu'on peut évaluer objectivement les retombées d'un produit mis sur le marché (cybermarché) ; contrairement à une campagne traditionnelle dont les retombées se mesurent généralement à travers le chiffre d'affaire. Pour ce faire, les marketeurs utilisent des outils leur permettant d'avoir des statistiques telles que : les visites uniques, les visites répétées, le taux de clic sur les annonces ;

➡ **Stratégie et développement des richesses**

Les technologies de l'information apportent dans l'industrie et les services des gains de productivité considérables. Certains économistes affirment à ce sujet que « la mise en commun des connaissances, sa capitalisation dans l'entreprise à travers le développement de réseaux, l'identification, la collecte, le traitement des informations sur les clients et pour les clients, sont désormais au cœur de processus de création de richesse ... ».

2.2.3. Avantages de l'économie numérique sur le plan économique

La grande majorité des entreprises sont des utilisateurs de produits numériques, et ainsi comme des acteurs qui participent à la définition des normes et des plateformes sur lesquelles les produits numériques et le commerce transfrontalier sont exploités et utilisés.

Les pays dans lesquels des entreprises agissent en tant que développeurs de plateformes et gestionnaires de technologies numériques sont ceux qui tirent le plus de bénéfices de l'économie numérique, à savoir de meilleures perspectives de croissance à long terme, effets sur la productivité et la compétitivité. Leurs populations et entreprises sont celles qui profitent le plus des effets indirects de leur environnement plus riche, ouvert et innovant.

En effet, des sociétés telles que Google, Amazon, Apple, Microsoft, Facebook, Baidu, Alibaba, SAP, PayPal, AT & T, Uber, Tencent, Cisco, Oracle, Huawei, Siemens et autres développent des plateformes et des appareils numériques. Ces entreprises opèrent selon des normes prédéfinies dans un cadre donné. Raccourcir les cycles de vie de la technologie et les effets de réseau et de plate-forme établit un modèle très asymétrique «gagnant-tout» dans lequel les «superstars» conservent des avantages concurrentiels, les gardant bien en avance sur les utilisateurs de produits numériques.

2.3. Effets pervers de l'économie numérique

➔ Déconnexion sociale

Les personnes ont de plus en plus tendance à socialiser et à communiquer via des appareils numériques plutôt que par le biais de contacts réels. Cela peut facilement conduire à un sentiment de déconnexion et d'isolement. Les êtres humains ont évolué au cours des millénaires pour avoir de véritables contacts, les enlever est une mauvaise idée. Des études ont suggéré que le manque de contact réel causait la dépression et d'autres formes de maladie mentale chez de nombreuses personnes.

➔ Plagiat et droit d'auteur

Les médias numériques sont remarquablement faciles à copier et à reproduire. Les lois sur le droit d'auteur sont de plus en plus difficiles à appliquer, comme les industries de la musique et du cinéma l'ont découvert à leurs dépens.

➔ Elle est exclusive

Les micro-entreprises qui ne possèdent pas les moyens financiers nécessaires ne peuvent pas migrer vers cet outil. D'où la difficulté à attirer des potentiels prospects. C'est qui développe des risques de frustration liés à la concurrence déloyale et au monopole.

➡ **Surcharge de travail**

De nombreux travailleurs modernes passent leurs journées à essayer de suivre toutes les nouveautés des technologies d'une part. Et d'autre part, ils consacrent leur temps à organiser la grande quantité de données numériques acquises dans certains emplois, tels que les procès-verbaux de réunions, les vidéos de formation, les photographies, les rapports peut également être un énorme casse-tête.

➡ **Le risque de cybercriminalité**

La technologie numérique signifie que de grandes quantités de données peuvent être collectées et stockées. Cela peut être une information privée concernant des individus ou des organisations. Il peut être très difficile de garder ces données en sécurité.

Une seule violation peut signifier de grandes quantités d'informations privées entre les mains de criminels, de terroristes, d'ennemis étrangers ou d'autres entités malveillantes (cartes de crédits ou bancaires volées, piratage du numéro de compte d'un autre utilisateur, utilisation de fausses identités, piratage de tickets de cinéma vendus en salle ...).

➡ **Criminalité et terrorisme**

L'Internet est un territoire fertile pour les forces malveillantes, grâce à son caractère international, à grande échelle et à l'anonymat relatif dont les utilisateurs peuvent profiter. Les terroristes utilisent des médias sociaux pour se promouvoir et encourager les autres; trafiquants de drogue utilisant le web sombre pour faire du commerce; les pédophiles utilisant des forums de discussion et d'autres lieux pour échanger des photos, des vidéos et d'autres informations; et des régimes autoritaires qui tentent de fausser ou de fausser les élections dans les pays démocratiques.

➡ **Le manque de communication et contact entre les vendeurs et les acheteurs**

Inexistence d'une véritable relation humaine entre les deux parties prenantes.

➡ **Le risque de diminution ou de destruction des emplois dans certains secteurs d'activité : (cas de l'arrivée du robot et de l'informatique).**

➡ **Complexité**

L'utilisation des appareils, des machines, des téléphones, et des voitures modernes peut impliquer toutes sortes de réglages compliqués qui peuvent coûter du temps et de l'argent.

➔ Dépersonnalisation

La société continue à se dépersonnaliser à mesure que les machines numérisées remplacent les humains. Les gens font leurs achats en ligne, effectuent leurs opérations bancaires en ligne, paient leurs factures en ligne et travaillent de plus en plus en ligne. Le transport devrait également être automatisé, ce qui se traduira par l'absence de chauffeurs et de véhicules de livraison.

3. Les acteurs de l'économie numérique

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'économie numérique englobe les deux notions qui la compose : l'économie et le numérique. En effet le terme « économie » ayant été déjà définie et expliqué dans plusieurs recherches et plusieurs références économiques :

« L'économie peut être définie comme une discipline des sciences sociales dont l'objet d'étude est l'allocation des ressources rares (ou limitées) de l'homme à la satisfaction de ses besoins multiples et concurrents. Elle s'intéresse essentiellement aux activités de production, de distribution et de consommation des biens ainsi qu'aux institutions, aux cadres réglementaires et à l'environnement facilitant ces activités » (Alexandre Nshue M. Mokime, [2012]).

La deuxième notion « numérique », « regroupe les Technologies de l'Information et de la Communication ainsi que l'ensemble des techniques utilisées dans le traitement et la transmission des informations telles que par exemple les télécommunications, internet ou l'informatique. Le secteur du numérique désigne le secteur d'activité économique relatif aux Technologies de l'Information et de la Communication et à la production et à la vente de produits et services numériques.

3.1. Les principaux piliers de l'économie numérique

L'économie numérique peut être appréhendée comme : l'ensemble des activités économiques de production, d'intermédiation et de consommation de biens et de services de nature informationnelles, numérisées et donc reproductibles ou transmissibles. Selon les chercheurs et les économistes, la révolution numérique repose sur trois piliers principaux¹ :

3.1.1. Le pilier technologique

À travers les capacités de transmission et de traitement de données toujours plus massives, le développement de l'intelligence artificielle et des objets connectés... L'appropriation de ces technologies par les entreprises permet des innovations majeures à la fois sur les procédés (gains de productivité) et sur les produits (nouveaux marchés, nouveaux produits ou services).

¹ Marc Bourreau, [2016].

3.1.2. Le pilier économique

Avec l'apparition d'acteurs économiques puissants (les GAFA) qui sont en mesure de réorganiser les chaînes de valeur et d'imposer de nouveaux modèles d'affaires et d'intermédiation. Dans tous les secteurs, les entreprises doivent s'adapter pour mieux répondre aux attentes des consommateurs et à la concurrence de ces nouveaux acteurs, en déployant des innovations organisationnelles et marketing.

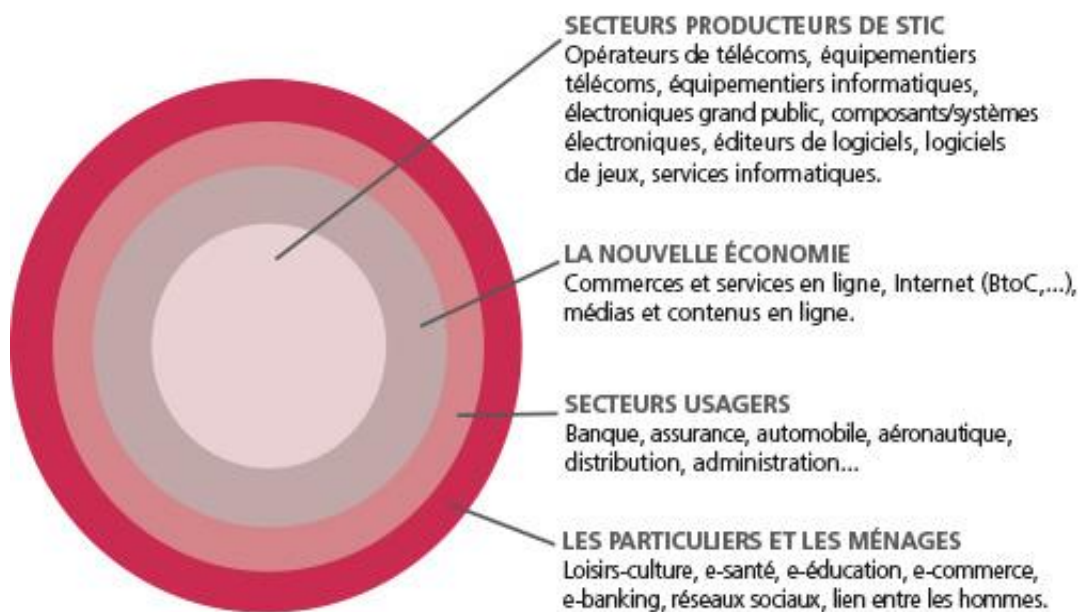
3.1.3. Le pilier social

Avec de nouveaux modes de sociabilité et d'actions collectives. Le numérique stimule les innovations d'usages et de consommation (consommation collaborative, co-production et diffusion de connaissance, communautés). Mais il remet aussi en question les pouvoirs centralisés et la souveraineté des États, et appelle à de nouvelles formes de régulations économiques et de gouvernance »¹.

¹ Marc Bourreau, Thierry Pénard, « Introduction. L'économie numérique en question », revue d'économie industrielle, 2016.

3.2. Les acteurs de l'économie numérique¹

Figure (1.1.) : Les acteurs de l'économie numérique



Source : Lemoine. P, [2014].

¹ Philippe Lemoine, Benoît Lavigne et Michal Zajac , « L'impact de l'économie numérique », , revue Sociétal n°73, « Repères et tendances », 1^{er} trimestre 2011 (www.societal.fr).

- Il convient de distinguer quatre catégories d'acteurs¹ :
 - ✓ **1^{er} groupe** : Les entreprises des secteurs producteurs des technologies de l'information et de la communication (TIC) au sens de l'OCDE ou de l'Insee, dont les activités s'exercent dans les domaines de l'informatique, des télécommunications et de l'électronique.
 - ✓ **2^{ème} groupe** : Les entreprises dont l'existence est liée à l'émergence des TIC (services en ligne, jeux vidéo, e-commerce, médias et contenus en ligne...).
 - ✓ **3^{ème} groupe** : Les entreprises qui utilisent les TIC dans leur activité et gagnent en productivité grâce à elles (banques, assurances, automobile, aéronautique, distribution, administration et tourisme...).
 - ✓ **4^{ème} groupe** : Les particuliers et les ménages qui utilisent les TIC dans leurs activités quotidiennes, pour les loisirs, la culture, la santé, l'éducation, la banque, les réseaux sociaux.

¹ Philippe Lemoine, 2014. « La nouvelle grammaire du succès : La transformation numérique de l'économie française, rapport au gouvernement », Philippe Lemoine, 2014.

3.3. Les nouveaux acteurs de l'économie numérique

Le développement de l'économie numérique est le secteur le plus dynamique de l'économie mondiale. Elle regroupe les secteurs des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC).

De ce nouveau modèle économique émerge la nécessité de mettre des ressources à tout moment et sans délai à la disposition du public. C'est l'**ubérisation**, un néologisme popularisé par **Maurice Levy**, le patron de Publicis.

La mise en cause par un nouvel acteur des modèles existants – dits traditionnels – ne crée pas un nouvel usage mais l'enrichit et vient se substituer à un marché déjà existant. Ainsi, de nouveaux acteurs de l'économie numérique émergent dans des domaines très diversifiés :

• **Le financement participatif**

- Ulule : Ulule permet de découvrir et donner vie à des projets originaux. Reconnu leader européen du crowdfunding.
- Kisskissbankbank : leader français et européen du crowdfunding dédié à la créativité et à l'innovation.
- My Major Company : le premier site de financement participatif créé en France.
- **Et bien d'autres** : voir l'annuaire du crowdfunding

• Les transports

- **BlaBlaCar** : la plateforme communautaire de covoiturage la plus connue,
- **Chauffeur-privé** : un service qui permet de commander une voiture de standing avec chauffeurs de maître
- **UberPop** : bien plus controversé (et interdit depuis), UberPop est un service de transport en voiture dont le conducteur est un simple particulier.
- **Drivy** : un service de location de voiture entre particuliers.

• Les voyages

- **Airbnb** : fondée en août 2008 et basée à San Francisco, en Californie, Airbnb est une plate-forme communautaire de confiance qui permet de proposer des logements uniques à travers le monde, de les découvrir et de les réserver ; en ligne, sur un téléphone mobile ou une tablette.
- **BedyCasa** : est né en 2007, pionnier de la location de chambre chez l'habitant, met en relation des hébergeurs qui ont une chambre à louer avec des voyageurs, des étudiants ou des personnes en déplacement professionnel. cherchant un logement pas cher.
- **Boaterfly** : la location entre particuliers dans l'univers du nautisme.
- **Wijet** : la première compagnie aérienne de taxi-jet française pour des déplacements en France et en Europe.

- **Wingly** : est une plateforme de co-avionnage. Les pilotes postent leurs voyages en renseignant le nombre de sièges disponibles, le lieu de départ et d'arrivée, la date, l'heure.
- **BobikWings** : est un service de co-valisage solidaire entre particuliers pour le transport des colis, documents et bagages par avion.

• Alimentation et restauration

- **La belle assiette** : un service de réservation de prestations de chefs à domicile.
- **Repasrtage** : permet de mettre en relation des personnes près de chez soi désirant partager une ou plusieurs parts de leur repas fait maison contre une participation modérée aux frais.

• Services à domicile

- **Ding Dong** : un service d'un nouveau genre qui vous fait économiser du temps et de l'argent.
- **Hellocasa** : le premier site français qui permet aux particuliers et aux entreprises de commander des petits travaux en toute simplicité ; bricolage, peinture, électricité, plomberie, jardinage...

- **Zilok** : est la place de marché de la location. Zilok permet à n'importe qui, particuliers et professionnels, de louer et mettre en location tout type de biens.
- **La machine du voisin** : partage de machines à laver entre particuliers.

• Mode & beauté

- **Chictypes** : la meilleure façon d'être bien habillé, sans avoir à faire de shopping.
- **Popmyday** : services beauté et bien-être à domicile, 7j/7, en deux clics sur votre mobile
- **Stitch Fix** : des vêtements et accessoires sélectionnés par un styliste personnel et livrés à votre domicile.

• Education

- **Kokoroe** : est la 1^{ère} plateforme de partage de passions qui vous permet de trouver le parfait professeur, à l'heure, au lieu et au prix qui vous conviennent.
- **Khan Academy** : propose des exercices, des vidéos et une plateforme d'apprentissage intelligente qui permet aux élèves d'apprendre à leur rythme, au sein et hors de la classe.
- **Tuto** : est la première place de marché dédiée aux tutos informatiques en vidéo.

• Santé

- **Oscar** : une start-up qui propose des primes d'assurance santé accessibles au plus grand nombre et selon les besoins spécifiques des assurés.
- **Cover** : une start-up américaine spécialisée dans l'assurance santé et qui a développé une technologie d'agrégation des données qui identifie les moments où les patients sont le plus en danger et nécessitent une intervention médicale préventive afin d'intervenir en amont.

• Entreprises échange de produits et services [BtoB]

- **Office raiders** : une start-up franco-américaine permettant aux particuliers de louer leurs espaces sous-utilisés la journée aux professionnels.
- **My expert team** : est un service de mise en relation directe entre les entrepreneurs qui possèdent le savoir & les compétences, et ceux qui les recherchent.
- **Amazon flex** : propose aux particuliers d'assurer les livraisons de ses colis.
- **Floow2** : propose aux entreprises de louer leurs matériels sous-utilisés.
- **France Barter** : L'échange inter-entreprises ou « Barter » permet de financer certaines dépenses ou projets d'achats directement en échange de leur production sans sortie de trésorerie.

- Conclusion du chapitre 1

Une économie numérique est essentiellement définie comme un réseau mondial de nouvelles activités économiques et sociales numérisables, reproductibles et transmissibles. Cette nouvelle économie a ouvert un ensemble de possibilités inconnues ou impensables auparavant. La numérisation pourrait avoir des effets de toutes sortes dans l'ensemble de l'économie.

De plus en plus d'activités opérationnelles actuellement effectuées par l'homme seront exécutées électroniquement. Bon nombre de ces processus prendront la forme de composantes numériques qui «parleront» à d'autres processus de l'économie numérique et poursuivront ainsi un échange constant entre plusieurs serveurs et plusieurs nœuds semi intelligents qui mettent à jour, recherchent, vérifient et rajustent des choses, puis opèrent finalement un retour vers les processus et les humains dans l'économie physique» [traduction] (Arthur, [2011], p. 3).

- Chapitre 2 : L'intelligence artificielle

- Introduction du chapitre 2

L'intelligence artificielle (IA) est « l'ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence »¹. Elle correspond donc à un ensemble de concepts et de technologies plus qu'à une discipline autonome constituée. D'autres, remarquant la définition peu précise de l'IA, notamment la CNIL, la définissent comme « le grand mythe de notre temps »².

Souvent classée dans le groupe des sciences cognitives, elle fait appel à la neurobiologie computationnelle (particulièrement aux réseaux neuronaux), à la logique mathématique (sous-discipline des mathématiques et de la philosophie) et à l'informatique. Elle recherche des méthodes de résolution de problèmes à forte complexité logique ou algorithmique. Par extension elle désigne, dans le langage courant, les dispositifs imitant ou remplaçant l'homme dans certaines mises en œuvre de ses fonctions cognitives³.

¹ Définition de l'Encyclopédie Larousse

² « Rapport CNIL - Comment permettre à l'Homme de garder la main ? » [archive], sur cnil.fr (consulté le 15 mai 2018)

³ « Rapport de synthèse - France Intelligence Artificielle » [archive] [PDF], sur enseignementsup-recherche.gouv.fr, 2017

1. Définition de l'intelligence artificielle

Le terme « intelligence artificielle », créé par John McCarthy, est souvent abrégé par le sigle « IA » (ou « AI » en anglais, pour *Artificial Intelligence*).

Il est défini par l'un de ses créateurs, Marvin Lee Minsky, comme « la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique ».

- Le côté « artificiel » est atteint par l'usage des ordinateurs ou de processus électroniques élaborés et le côté « intelligence » associé à son but d'imiter le comportement. Cette imitation peut se faire dans le raisonnement, par exemple dans les jeux ou la pratique des mathématiques, dans la compréhension des langues naturelles, dans la perception : visuelle (interprétation des images et des scènes), auditive (compréhension du langage parlé) ou par d'autres capteurs, dans la commande d'un robot dans un milieu inconnu ou hostile.

Même si elles respectent globalement la définition de Minsky, il existe un certain nombre de définitions différentes de l'IA qui varient sur deux points fondamentaux :

- Les définitions qui lient la définition de l'IA à un aspect *humain* de l'intelligence, et celles qui la lient à un modèle idéal d'intelligence, non forcément humaine, nommée *rationalité* ;
- Les définitions qui insistent sur le fait que l'IA a pour but d'*avoir toutes les apparences* de l'intelligence (humaine ou rationnelle), et celles qui insistent sur le fait que le *fonctionnement interne* du système d'IA doit ressembler également à celui de l'être humain et être au moins aussi rationnel.

2. Historique de l'intelligence artificielle

L'une des origines de l'intelligence artificielle se trouve probablement dans l'article d'Alan Turing « *Computing Machinery and Intelligence* » (Mind, octobre 1950)¹, où Turing explore le problème et propose une expérience maintenant connue sous le nom de test de Turing dans une tentative de définition d'un standard permettant de qualifier une machine de « consciente ».

¹ Republié dans: Collected Works of A. M. Turing, volume Mechanical Intelligence, ed. Darrel Ince, (ISBN 978-0-444-88058-1).

Il développe cette idée dans plusieurs forums, dans la conférence « L'intelligence de la machine, une idée hérétique »¹, dans la conférence qu'il donne à la BBC 3^e programme le 15 mai 1951 « Les calculateurs numériques peuvent-ils penser ? » ou la discussion avec M.H.A. Newman, Sir Geoffrey Jefferson et R.B. Braithwaite les 14 et 23 janvier 1952 sur le thème « Les ordinateurs peuvent-ils penser ? » L'autre origine probable est la publication, en 1949, par Warren Weaver de son mémorandum sur la traduction automatique des langues qui suggère qu'une machine puisse faire une tâche qui relève typiquement de l'intelligence humaine.

L'intelligence artificielle a été créée à la conférence qui s'est tenue sur le campus de Dartmouth College pendant l'été 1956 à laquelle assistaient ceux qui vont marquer la discipline. L'intelligence artificielle se développe ensuite surtout aux États-Unis à l'université Stanford sous l'impulsion de John McCarthy, au MIT sous celle de Marvin Minsky, à l'université Carnegie-Mellon sous celle de Allen Newell et Herbert Simon et à l'université d'Édimbourg sous celle de Donald Michie. En France, l'un des pionniers est Jacques Pitrat.

¹ Conférence Intelligent machinery, a heretical theory donnée à la Société 51 à Manchester

3. Les grands acteurs de l'intelligence artificielle¹

Les multinationales Google, Apple, Facebook et Amazon possèdent des données en énorme quantité. En voici quelques exemples :

a) Google

Google, très impliqué dans l'intelligence artificielle, procède habituellement par rachat. En 2014, Google a acheté la société anglaise DeepMind, qui avait développé des réseaux de neurones pour jouer aux jeux vidéo. Mais l'objectif avoué de DeepMind est actuellement de « comprendre ce qu'est l'intelligence ». DeepMind est célèbre pour son programme AlphaGo, qui a battu le champion du monde de go.

b) Amazon

Amazon utilise de l'intelligence artificielle dans son moteur de recommandation, nommé Echo, et dans ses assistants basés sur son système de reconnaissance vocale, Alexa, disponible en sept versions différentes. Via son offre de services dans le cloud, Amazon propose également des services fondés sur l'intelligence artificielle, comme la reconnaissance de la parole ou des robots de discussion, les fameux *chatbot* ².

¹ Serge Soudoplatoff, « L'intelligence artificielle : l'expertise partout accessible à tous », La Fondation pour l'innovation politique, Février 2018.

² Voir « Apprentissage machine sur AWS »: aws.amazon.com/fr/machine-learning/.

c) Facebook

Facebook est un utilisateur important d'intelligence artificielle. Il choisit les messages qu'il affiche en utilisant un moteur de recommandation, ainsi un moteur d'intelligence artificielle pour détecter les tendances suicidaires¹.

Comme le dit Joaquin Candela, directeur du département d'intelligence artificielle appliquée, «Facebook n'existerait pas sans intelligence artificielle²».

d) Apple

Apple investit énormément dans l'intelligence artificielle et propose même un blog où sont expliquées ses recherches³. Apple va également bientôt lancer son propre moteur de recommandation, nommé HomePod, un haut-parleur connecté avec Apple Music.

¹ Voir Sam Shead, « Facebook is using artificial intelligence to spot suicidal tendencies in its users », businessinsider.com, 28 November 2017 (www.businessinsider.com/facebook-is-using-ai-to-spot-suicidal-tendencies-2017-11).

² Facebook today cannot exist without AI » (Steven Levy, « Inside Facebook's AI machine », wired.com, 23 September 2017, www.wired.com/2017/02/inside-facebooks-ai-machine/).

³ Voir « Apple Machine Learning Journal » : machinelearning.apple.com/.

e) IBM

IBM a créé Watson, un système d'intelligence artificielle pour jouer, à ses débuts, au jeu *Jeopardy*, l'équivalent américain de l'émission française *Questions pour un champion*. Watson a analysé 200 millions de pages ¹ pour finalement battre les anciens champions et ainsi gagner le premier prix. Maintenant, Watson est proposé par IBM dans d'autres domaines, comme la médecine ou le droit. IBM présente aussi un blog sur le sujet de l'intelligence artificielle².

- Conclusion du chapitre 2

L'intelligence artificielle représente un véritable challenge pour les professionnels. Une des réponses les plus argumentées a été fournie par Richard et Daniel Susskind, qui ont analysé l'impact du numérique sur nombre de professions, dont celles de médecins, avocat, enseignant, architecte, comptable, et même celles du clergé.

¹ Voir « Jeopardy, The IBM Challenge. About IBM Watson Fact Sheet », ibm.com (www-07.ibm.com/systems/hk/power/news/pdf/IBM_Watson_Fact_Sheet.pdf).

² Voir « Built with Watson, Stories of how Watson and AI are transforming our world », ibm.com (www.ibm.com/blogs/watson/).

Six menaces semblent peser sur les professions intellectuelles ; la menace économique, puisque les prix des experts sont très élevés et sont donc inaccessibles au plus grand nombre, et celle technologique, dans la mesure où les professions reposent encore sur des méthodes et des outils du passé, et n'utilisent pas assez les technologies modernes. Outre, les menaces morale et psychologique des professionnels qui n'autorisent pas assez l'autorésolution des problèmes par les clients eux-mêmes, en refusant de partager leur savoir.

Les deux dernières menaces sont : le risque de l'infériorité de la qualité des services, ainsi de l'opacité des professionnels, qui refusent souvent d'être évalués et préfèrent entretenir une couche de mystère autour de leurs réelles compétences.¹

¹ Serge Soudoplatoff, « L'intelligence artificielle : l'expertise partout accessible à tous », La Fondation pour l'innovation politique, Février 2018.

- **Chapitre 3 : L'industrie 4.0 : Automatisation, programmation et robotisation**

- **Introduction du chapitre 3**

Plus généralement, il est nécessaire de réfléchir à la place de l'humain dans cette industrie 4.0 ! En effet, l'industrie 4.0 est un nom donné à la tendance actuelle de l'automatisation et de l'échange de données dans les technologies de fabrication. Il comprend des systèmes cyber-physiques, l'Internet des objets, l'informatique en nuage et l'informatique cognitive. L'industrie 4.0 est communément appelée la quatrième révolution industrielle.

L'industrie 4.0 encourage ce que l'on appelle une "usine intelligente". Dans les usines intelligentes modulaires structurées, les systèmes cyber-physiques surveillent les processus physiques, créent une copie virtuelle du monde physique et prennent des décisions décentralisées. Sur l'Internet des objets, les systèmes cyber-physiques communiquent et coopèrent entre eux et avec les humains en temps réel, à la fois en interne et à travers les services organisationnels offerts et utilisés par les participants de la chaîne de valeur.

Le concept d'industrie 4.0 ou industrie du futur est une nouvelle façon d'organiser les moyens de production. Cette nouvelle industrie s'affirme comme la convergence du monde virtuel, de la conception numérique, de la gestion (finance et marketing) avec les produits et objets du monde réel.

Les grandes promesses de cette quatrième révolution industrielle sont de séduire les consommateurs avec des produits uniques et personnalisés, et malgré de faibles volumes de fabrication, de maintenir des gains.

Cette révolution industrielle influe sur différents aspects de nos sociétés modernes globalement et de l'accompagnement des salariés actuels d'un autre côté. De nouveaux enjeux apparaissent au travers de cette nouvelle manière de produire. L'industrie 4.0 touche évidemment l'aspect économique mais a également des impacts sociaux, politiques ou environnementaux. Il pose la question de l'emploi de millions de salariés à travers le monde.

1. Origine et définition du concept

Industrie 4.0 est la transformation cyber-physique de la fabrication. Le nom s'inspire de l'industrie allemande 4.0, une initiative gouvernementale visant à promouvoir la fabrication connectée et une convergence numérique entre l'industrie, les entreprises et d'autres processus.

L'industrie 4.0 est la quatrième révolution industrielle, mais il existe un désaccord sur la manière de définir les révolutions. La première révolution industrielle a eu lieu à la fin du 18ème siècle et a été marquée par la mécanisation rendue possible par la vapeur et la force hydraulique.

La deuxième révolution industrielle, qui a eu lieu au début du XXe siècle, a été favorisée par l'électricité et marquée par la production de masse, les chaînes de montage et la division du travail. La troisième, vers le début des années 1970, est née de l'utilisation d'ordinateurs pour automatiser davantage les machines et les processus de production.

La vision de la quatrième révolution industrielle se traduira par une usine intelligente et exploiter pleinement la fabrication numérique.

Actuellement à ses débuts et commence à se dérouler de manière isolée, sa forme entièrement connectée et vaste reste une vision pour l'avenir. Il devrait être une numérisation de bout en bout du secteur manufacturier. Dans la vision d'Industrie 4.0, un écosystème entièrement interopérable de machines et de partenaires sera réalisé dans toute la chaîne d'approvisionnement et les données informeront et corrigeront le cours des actions.

2. Précurseurs du concept

L'Industrie 4.0 est l'un des projets clés de la stratégie concernant les hautes technologies du gouvernement allemand, qui encourage la révolution numérique des industries.

En France, les sociétés comme Fives, Schneider Electric, Dassault Systèmes, Siemens, Mecachrome Atlantique, sedApta-osys , Airbus Group, Bosch Rexroth, SNCF, sont très impliquées dans le développement de l'usine 4.0.

Depuis quelques années, la France voit naître de nouvelles startups comme Usitab, Optimistik ou TellMePlus qui exploitent les nouvelles technologies pour améliorer et optimiser l'industrie Française.

En juillet 2015, l'Alliance Industrie du Futur a été créée à l'initiative de 11 organisations professionnelles de l'industrie et du numérique, établissements académiques (Arts & Métiers ParisTech, Institut Mines-Télécom) et technologiques (CEA, CETIM) afin de fédérer les initiatives de modernisation et de transformation de l'industrie en France.

ELCIMAI engage un programme de recherche sur l'usine modulable banalisée (volet immobilier) sur le projet usine 4.0.

Le Groupe Bosch, avec sa division Bosch Rexroth, a organisé en France le 18 novembre 2015 le « Tech Day Industrie 4.0 », une journée d'échanges et de conférences autour de solutions concrètes pour l'industrie du futur. En partageant avec les industriels français sa vision et ses pratiques, Bosch souligne sa volonté d'ouvrir ses savoir-faire pour mieux permettre l'échange d'idées et favoriser les partenariats dans le secteur clé de l'industrie.

Aux États-Unis le projet de « Coalition pour le leadership dans la fabrication intelligente » travaille aussi sur le futur de la fabrication industrielle. Indépendamment, General Electric travaille depuis quelques années sur un projet intitulé *l'Internet Industriel* qui cherche à associer les avancées de deux révolutions ; la multiplicité de machines, de dispositifs et de réseaux qui résulte de la révolution industrielle, ainsi les évolutions plus récentes des systèmes d'information et de communication apportées par la révolution de l'Internet.

3. Défis 4.0

La mise en place d'une stratégie numérique intégrée à la stratégie d'entreprise, et incluant l'acquisition de nouvelles technologies, représente certains défis. En voici les principaux :

- La connectivité des logiciels et des équipements, même des équipements en place.
- La standardisation de normes et de processus qui facilite le partage des données.
- La réingénierie des méthodes de travail et des procédés.
- La gestion de la cybersécurité, afin de protéger l'information sensible et le savoir-faire.
- L'accès aux spécialistes en technologies numériques.
- Le développement de nouvelles compétences.

4. L'industrie 4.0, automatisation, programmation, robotisation : Quels liens ?

Le développement des dernières décennies s'est orienté sur les contrôleurs et leur possibilité de communiquer de façon plus conviviale. Les protocoles de communication ont évolué et l'information recueillie par ceux-ci en cours de fonctionnement peut même être maintenant partagée avec des logiciels MES, entre autres.

La standardisation de la communication est un des enjeux d'industrie 4.0, et les fabricants consacrent des efforts à créer des standards dans les protocoles de communication.

Les équipements récents sont même connectés au réseau Ethernet des entreprises. Ceci peut constituer les premiers pas vers industrie 4.0, quelle que soit l'étendue du parc de machines de l'entreprise.

➡ Automates programmables (PLC)

Un automate programmable industriel (PLC, *programmable logic controller*) est un système électronique permettant de piloter en temps réel des processus logiques, séquentiels et combinatoires. Ces processus commandent des équipements de production, dont des servomoteurs, des pompes et d'autres équipements relatifs à la transformation.

➡ Robotique

Le robot est un équipement qui a besoin de programmation pour fonctionner. Cette tâche demandait autrefois des compétences avancées en informatique. L'évolution constante de la technologie a toutefois rendu la programmation de plus en plus conviviale et intuitive. Le robot peut être manipulé manuellement par l'opérateur dans un mode de préparation des tâches, que ce soit à l'aide d'un dispositif de simulation ou d'un dispositif d'apprentissage.

➡ Cobotique

La robotique n'est pas nouvelle en soi, mais son évolution a permis de passer à une nouvelle étape en ce qui concerne ses possibilités d'utilisation. Les robots collaboratifs, ou « cobots », représentent une tendance lourde témoignant des nouvelles évolutions de la robotique.

Un cobot agit comme un assistant et intervient de façon ciblée dans des tâches complexes et délicates qui ne sont pas automatisables. Il dispose également de caractéristiques d'apprentissage.

Ce type de robot est capable de prendre un objet, de le donner à un humain, dans un environnement de coopération qui ne serait pas adapté aux robots plus traditionnels. Les cobots peuvent être facilement reprogrammés, déplacés (par exemple en les montant sur une plateforme mobile) et redéployés à différentes étapes de la chaîne de production. Les pièces manipulées sont généralement de plus petites dimensions et de poids limité par rapport à ce que manipulent les robots traditionnels.

- Conclusion du chapitre 3

L'Industrie 4.0 est rendue possible grâce aux technologies qui intègrent à la fois les mondes numérique et réel, par exemple :

- ✓ L'Internet des objets (IoT) : Connecte un nombre sans cesse grandissant de systèmes, d'appareils, de capteurs, d'actifs et de personnes grâce à la fois aux réseaux sans fil étendus de faible puissance et aux réseaux câblés à grande capacité ;

- ✓ Solutions mobiles : Comprennent les tablettes et téléphones intelligents, les capteurs portables et les lunettes intelligentes.
- ✓ Infonuagique : Comprend des solutions économiques de traitement et de stockage des données ;
- ✓ Systèmes cyberphysiques (SCP) : Surveillent et contrôlent les processus physiques à l'aide de capteurs, d'actionneurs et de processeurs, en fonction des modèles numériques de l'environnement physique• Analyse des données massives et intelligence d'affaires : Transforment les données en renseignements exploitables, y compris les algorithmes d'alerte précoce, les modèles prédictifs, les outils d'aide à la décision, les flux de travaux et les tableaux de bord ;
- ✓ Technologies avancées de fabrication : Comprennent la robotique et l'impression 3D.

L'industrie 4.0 suit directement la troisième révolution industrielle, et a commencé il y a quelques années. C'est une sorte de mélange entre toutes les dernières technologies créées. Mais au lieu de les utiliser séparément, on les améliore et les utilise ensemble pour former un "super système automatisé", dans le but de fournir un service totalement différent.

- Plusieurs études ont démontré ce qui suit ¹:
- ✓ Industrie 4.0 introduit des défis importants. Les gouvernements et les associations industrielles peuvent soutenir les entreprises ;
- ✓ L'Internet des objets améliore la productivité et l'efficacité des ressources (une augmentation de l'ordre de 20 % en efficacité sur un horizon de cinq ans) ;
- ✓ L'Internet des objets transforme l'entreprise dans son ensemble et doit faire partie des préoccupations des dirigeants ;
- ✓ La connectivité trace la voie à de nouveaux modèles d'affaires ;
- ✓ D'ici 2020, plus de 80 % des entreprises auront numérisé leur chaîne de valeur.

¹ PWC, Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial Internet, 2014: www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry-4-0.pdf.

- **Chapitre 4 : Les grandes tendances induites par le numérique**

- **Introduction du chapitre 4**

L'avancée rapide de la technologie numérique fournit une variété de nouvelles options pour les communications de l'enregistreur de données et pour la mise en réseau des enregistreurs de données avec les ordinateurs et les périphériques intelligents. Les avantages pour les personnes impliquées dans l'acquisition de données incluent une capacité de stockage de données plus importante, un transfert de données plus rapide et plus robuste et une capacité étendue grâce à une interface avec des périphériques intelligents.

Le numérique bouleverse les ordres établis, Pour l'entreprise industrielle, les changements numériques apparaissent sur tous les domaines économiques et commerciaux. Les grandes et principales tendances induites par le numérique sont ainsi :

1. L'économie

L'économie numérique est assimilée aux technologies de l'information et de la communication (TIC), et en particulier aux secteurs producteurs. Selon l'OCDE et l'Insee, le secteur des TIC regroupe les entreprises qui produisent des biens et services supportant le processus de numérisation de l'économie, c'est-à-dire la transformation des informations utilisées ou fournies en informations numériques (informatique, télécommunications, électronique) ».

L'économie se dirige vers une économie de services et d'usage (aussi appelée économie de la fonctionnalité) y compris dans le secteur industriel où l'on tend vers la « servicialisation » des produits. Ces réalités modifient les chaînes de création de valeur.

L'interaction des deux concepts (économie et numérique) désigne ainsi le secteur d'activité économique relatif aux technologies de l'information et de la communication notamment à la production et la vente de biens, services et contenus numériques. Il englobe, au-delà des concepts réducteurs énumérés plus haut (e-commerce, m-commerce, nouvelle économie, etc.), les services de télécommunications, l'audiovisuel, l'industrie du software, les réseaux informatiques, les équipements informatiques et télécoms, les services d'ingénierie informatique, les services et contenus en ligne, etc.

2. La demande, le produit et le marché

D'autres part, Pour l'industrie du numérique¹, ces biens et services en réseau ajoutent la caractéristique d'être numérisables. Par ailleurs, l'économie numérique est l'objet d'enjeux particuliers liés au de standardisation et/ou de mise en compatibilité des réseaux en services.

Via la numérisation, l'évolution des produits s'accélère. Les délais de mise sur le marché se raccourcissent. L'innovation et l'adaptabilité deviennent des facteurs clés de différenciation et de performance.

¹ Jean-Christophe Duflanc, [2012].

Le profil du client changera, et souhaitera des produits différenciés adaptés à ses particularités et à ses goûts. La demande pilote la chaîne de valeur industrielle qui doit s'intégrer de bout en bout et se réorganiser en conséquence. Le modèle de production s'oriente vers une production personnalisée à grande échelle (mass customization).

Alors, La complexité technologique du produit tend, cependant, à s'effacer au profit de l'expérience utilisateur qui occupe une place prééminente dès la conception. *Les produits sont connectés et génèrent des données. Ils tendent à devenir des produits-services.*

3. Les technologies liées à l'industrialisation

Dans le cadre de la numérisation de l'industrie, un ensemble de technologies disruptives susceptibles d'agir comme de véritables leviers de transformation arrivent à maturité et deviennent accessibles.

3.1. La Fabrication additive ou impression tridimensionnelle

La Fabrication additive Appelée également impression 3D ; ou impression tridimensionnelle est l'appellation « grand public » des procédés de fabrication de pièces en volume par ajout ou agglomération de matière. Dans le langage industriel on préfère le terme fabrication additive.

Ce procédé de fabrication transforme un modèle numérique 3D en un objet physique, par ajout de couches successives d'un matériau. Plusieurs matériaux (plastique, métal...) et techniques peuvent être utilisés. La fabrication additive permet de fabriquer des formes complexes. Elle est aujourd'hui bien adaptée à la fabrication de pièces et produits unitaires, de prototypes et de petites séries.

L'impression 3D permet de réaliser un objet réel : un concepteur dessine l'objet 3D grâce à un outil de conception assistée par ordinateur (CAO). Le fichier 3D obtenu est traité par un logiciel spécifique qui organise le découpage en tranches des différentes couches nécessaires à la réalisation de la pièce. Le découpage est envoyé à l'imprimante 3D qui dépose ou solidifie la matière couche par couche jusqu'à obtenir la pièce finale. Le principe reste proche de celui d'une imprimante 2D classique à cette grande différence près : c'est l'empilement des couches qui crée le volume.

3.2.Le Big data

Le Big Data est considéré comme une source de bouleversement profond de la société. Ce concept s'étant popularisé dès 2012 pour traduire la confrontation des entreprises face à des volumes de données (data) à traiter de plus en plus considérables dans le cadre de la gestion de leurs activités managériales, commerciales et mercatiques.

Il consiste ainsi à examiner l'ensemble de données volumineux et variés pour découvrir des modèles cachés, des corrélations inconnues, les tendances du marché, les préférences des clients et d'autres informations utiles pour aider les entreprises à prendre des décisions plus éclairées.

Ce terme désigne alors la capacité à collecter, stocker et traiter en temps réel des flux très importants de données de nature diverse en vue de leur appliquer toutes sortes de traitements analytiques et statistiques avancés qui relèvent de l'intelligence artificielle (analyse prédictive, machine learning, deep learning, etc.). Ces traitements puissants visent à révéler des informations difficilement détectables par les voies traditionnelles et susceptibles de créer de la valeur. Ils permettent l'analyse en continu et en temps réel de l'environnement. Le Big data combiné à l'IoT rend possible le pilotage de l'usine par les données.

Le Big data ne dérive pas des règles de toutes les technologies, il est aussi un système technique dual. En effet, il apporte des bénéfices mais peut également générer des inconvénients. Etant un objet complexe polymorphe, aucune définition précise ou universelle ne peut être donnée au Big Data.

Sa définition varie selon les communautés qui s'y intéressent en tant qu'utilisateur ou fournisseur de services. Une approche transdisciplinaire permet d'appréhender le comportement des différents facteurs : les concepteurs et fournisseurs d'outils (les informaticiens), les catégories d'utilisateurs (gestionnaires, responsables d'entreprises, décideurs politiques, chercheurs), les acteurs de la santé et les usagers.

3.3.L'Internet of things (IoT)

L'Internet des objets est composé de nombreux éléments complémentaires ayant chacun leurs propres spécificités. Ce concept est l'extension du réseau Internet au monde physique. Le besoin de connecter des objets logistiques et industriels est apparu dès les années 2000 et s'est développé avec les connexions machine-to-machine. Plus ouvert et avantagé par une finalité plus large, Internet a pris le pas.

Certains définissent¹ l'IdO comme des « objets ayant des identités et des personnalités virtuelles, opérant dans des espaces intelligents et utilisant des interfaces intelligentes pour se connecter et communiquer au sein de contextes d'usages variés». D'autres font l'hypothèse que l'IdO représente une révolution car il permet de connecter les gens et les objets n'importe où, n'importe quand, par n'importe qui.

Ces définitions, qui mettent l'accent sur la dimension ubiquitaire de l'IdO, personnifient les objets en leur attribuant intelligence et capacité de communiquer. Elles ne reflètent pas encore la dimension concrète liée aux usages de l'IdO.

¹ Pierre-Jean Benghozi, Sylvain Bureau, Françoise Massit-Folléa, « L'internet des objets », Editions de la maison des sciences de l'homme, Paris, France, 2009.

3.4.Mobilité

L'opérateur de l'industrie future sera mobile. En effet, cette mobilité comprend toutes les solutions et appareils – smartphones, tablettes, informatique à porter (wearable computing), applications mobiles, qui permettent de rester connecté et d'accéder en permanence à son environnement de travail, en situation de mobilité.

3.5.Réalité augmentée

La réalité augmentée est l'un des phénomènes émergents permis par le développement et la démocratisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) à la fin du XX^e siècle (tendances attentivement suivies par les prospectivistes) et elle participe à certaines *formes augmentées* du travail collaboratif et de l'économie collaborative telles que conceptualisées par Michel Bauwens.

C'est ainsi la superposition d'informations numériques sur une image réelle regardée à travers un écran, des lunettes ou un viseur. En milieu industriel, la réalité augmentée peut servir à guider l'opérateur pour effectuer certaines tâches ou certains gestes.

3.6.Réalité virtuelle

La réalité virtuelle (ou *multimédia immersif* ou *réalité simulée par ordinateur*) renvoie typiquement à une technologie informatique qui simule la présence physique d'un utilisateur dans un environnement artificiellement généré par des logiciels. La réalité virtuelle crée un environnement avec lequel l'utilisateur peut interagir.

C'est un environnement simulé créé par ordinateur dans lequel l'utilisateur est immergé et avec lequel il peut interagir. Elle trouve sa place aujourd'hui dans les phases de conception pour faciliter la communication autour d'un prototype numérique, par exemple. Autrement dit, la réalité virtuelle ajoute des éléments virtuels dans un environnement réel alors que la réalité virtuelle crée virtuellement un environnement réel ou imaginaire.

3.7. Cloud computing

« Le cloud computing » en français « l'informatique en nuage » ou « nuagique » ou encore « l'infonuagique » (au Québec)¹, est la fourniture de services informatiques (serveurs, stockage, bases de données, gestion réseau, logiciels, outils d'analyse, intelligence artificielle, etc.) via Internet (le cloud) dans le but d'offrir une innovation plus rapide, des ressources flexibles et des économies d'échelle.

C'est le modèle désormais établi d'industrialisation et de commercialisation de l'informatique. Dans le cloud, le fournisseur met à disposition de l'entreprise des ressources informatiques (des applications, par exemple) comme un service. L'entreprise utilisatrice n'a plus besoin d'acheter l'équipement matériel éventuel et la licence du logiciel.

¹ Office québécois de la langue française, « infonuagique » [archive], sur Le grand dictionnaire terminologique (consulté le 18 avril 2018).

Le cloud computing consiste à exploiter la puissance de calcul ou de stockage de serveurs informatiques distants par l'intermédiaire d'un réseau, généralement Internet. Les serveurs sont loués à la demande, le plus souvent par tranche d'utilisation, selon des critères techniques (puissance, bande passante, etc.), mais, également, au forfait.

Elle s'affranchit également de la maintenance de l'ensemble. Elle ne paie que le service consommé. Ses dépenses d'investissement de capital (Capex) sont transformées en dépenses opérationnelles (Opex), plus aisément maîtrisables.

Le *cloud computing*¹ se caractérise par sa grande souplesse : selon le niveau de compétence de l'utilisateur client, il est possible de gérer soi-même son serveur ou de se contenter d'utiliser des applicatifs distants en mode SaaS².

3.8.La Cobotique ou robotique collaborative³

« La **Cobotique** est le domaine de la collaboration homme-robot, c'est à dire de l'interaction, directe ou téléopérée, entre homme(s) et robot(s) pour atteindre un objectif commun⁴ ».

¹ Rajkumar Buyya, James Broberg, Andrzej M. Goscinski, "Cloud Computing: Principles and Paradigms", John Wiley & Sons, 2010.

² **SaaS (Software as a Service)** : une application proposée dans le cloud. Le **logiciel en tant que service** ou *software as a service* (SaaS) est un modèle d'exploitation commerciale des logiciels dans lequel ceux-ci sont installés sur des serveurs distants plutôt que sur la machine de l'utilisateur. Les clients ne paient pas de licence d'utilisation pour une version, mais utilisent librement le service en ligne ou, plus généralement, payent un abonnement.

³ Élément déjà abordé dans le chapitre 3.

⁴ Bernard Claverie, Benoit Le Blanc et Pascal Fouillat, « La Cobotique », Presses université de Bordeaux "Communication & Organisation", 2013, p. 203-214.

La robotique collaborative est une branche de la robotique qui regroupe les systèmes conçus pour interagir et collaborer avec l'être humain aux robots, les tâches pénibles et répétitives ; à l'opérateur celles impliquant un savoir-faire spécifique ou comportant une complexité particulière.

Le terme provient du mot anglais « cobot », néologisme issu de « coopération » et « robotique ». Il a été proposé en 1996 par J. E. Colgate, W. Wannasuphprasit et M. A. Peshkin, professeurs à la Northwestern University¹. Il a été introduit et initialement utilisé pour désigner des dispositifs d'assistance physique passifs qui guident les opérateurs.

Cependant, la Cobotique ne se limite pas à l'étude des cobots, qui sont des dispositifs techniques. Elle s'intéresse plutôt à l'interaction réelle, directe ou téléopérée, entre un opérateur humain et un système robotique².

Ses champs d'application sont variés, puisqu'elle est très présente dans l'industrie, mais est aussi une perspective importante pour le domaine du nucléaire (collaboration à distance), de la santé (chirurgie, rééducation, aide et suppléance), de la domotique, le domaine militaire, ou encore pour l'éducation.

¹ J. E. Colgate, W. Wannasuphprasit et M. A. Peshkin, « Cobots: Robots for Collaboration with Human Operators », *International Mechanical Engineering Congress and Exhibition*, 1996, p. 433-439.

² Théo Moulières-Seban, « Conception de systèmes cobotiques industriels (Thèse de doctorat) », Université de Bordeaux, 2017.

- Conclusion du chapitre 4

Les économies émergentes ont besoin de formuler des politiques dans le but ambitieux de récolter des bénéfices de second ordre. Les politiques visant à renforcer la participation au commerce électronique et aux plateformes numériques, par exemple, ne peuvent que stimuler la compétitivité à long terme d'un pays s'il est clair qu'un effort supplémentaire sera nécessaire pour pousser l'économie vers une position de développement technologique numérique.

Différentes initiatives doivent donc être intégrées dans une stratégie nationale unique visant à préparer l'économie à aller au-delà de l'adoption et de l'utilisation de ces technologies. Ce n'est pas une tâche facile, en particulier parce que certaines des politiques conçues pour saisir les avantages de premier ordre ne sont pas forcément alignées sur les avantages de second ordre.

Afin de gérer parfaitement la transition vers la numérisation, les managers devront faire en sorte que l'économie ait la capacité de s'adapter; que les entreprises soient amenées par les forces du marché à faire preuve de flexibilité; que les gains économiques soient largement distribués; que « les divers programmes d'éducation, d'apprentissage, d'immigration et d'assurance-emploi se conjuguent bien avec les engagements des employeurs en matière de formation en milieu de travail » (Poloz, [2016], p. 6); et que les outils (par exemple, les statistiques, la fiscalité, ainsi que les politiques en matière de concurrence et de relations industrielles) et les institutions connexes qui gèrent l'économie soient actuels et en mesure de remplir leur mandat »¹.

¹ Chris D'Souza et David Williams, département des Analyses de l'économie canadienne, Revue de la Banque du Canada • PRintemPs 2017.

- **Chapitre 5 : La transformation de l'industrie par le numérique**

- **Introduction du chapitre 5**

L'industrie manufacturière traverse une période extrêmement incertaine et imprévisible concernant les dépenses et la confiance des consommateurs, d'une part, et la situation géopolitique et macro-économique au sens large est élevée. Aux États-Unis, le climat protectionniste fait de la fabrication l'un des principaux objectifs de la nouvelle présidence. Dans d'autres régions, des risques protectionnistes similaires sont présents.

Les constructeurs européens se mobilisent pour faire avancer la vision de l'industrie 4.0, malgré l'incertitude croissante encore plus rapidement qu'avant. En outre, dans d'autres régions du monde, les initiatives sont prises dans une réalité indéniable, où la mondialisation est passée d'une évidence pour beaucoup à une source de méfiance pour beaucoup d'autres.

Il est clair que dans de telles conditions, l'automatisation et la réduction des coûts sont de plus en plus nécessaires, tout en augmentant l'efficacité (augmentation du délai de commercialisation, de la numérisation et de la numérisation pour maximiser les revenus, etc.).

C'est très certainement ici que nous constatons une adoption encore plus rapide que prévu de l'Internet des objets industriel, dans laquelle les facteurs initiaux sont les mêmes que dans les facteurs initiaux de transformation numérique: accroître la souplesse et réduire les déchets, réduire les coûts et améliorer l'efficacité, de la fabrication opérations et processus opérationnels à la maintenance et aux services.

1. Les caractéristiques d'une usine numérisée

Le troisième élément et une conséquence inévitable des deux premiers est le rapprochement de la transformation numérique - dans les modèles économiques et dans la détection de nouvelles opportunités de revenus liés à l'information et liées à l'information dans l'évolution «en tant que service».

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'industrie 4.0 est un concept qui fait référence à une **quatrième révolution industrielle** et donc, à l'image des 3 dernières (machine à vapeur et mécanisation au 19ème siècle, production de masse et convoyeur au 20ème siècle, automatisation depuis les années 70), à une nouvelle méthode de production.

Plus concrètement, la numérisation de l'industrie ou l'usine 4.0 est un **système interconnecté** qui relie machines, méthodes de gestion (telles que les Enterprise Resource Planning, ERP) et les produits.

Il s'agit d'un « nouvel atelier » qui peut prendre les formes suivantes :

- ✓ Une usine innovante
- ✓ Une usine totalement digitalisée
- ✓ Une usine flexible
- ✓ Une usine tournée vers ses acteurs externes
- ✓ Une usine responsable sur le plan sociétal
- ✓ Une usine économe et responsable sur le plan environnemental :

2. Les enjeux autour de l'industrie numérisée

L'industrie du futur est une notion bien plus transverse, elle répond à des enjeux sur 4 plans majeurs :

- ✓ **Enjeux sur le plan technologique** : les marchés évoluent et l'exigence s'en trouve accrue. Il n'a jamais été aussi important de répondre à la demande dans des délais courts et aux prix négociés. Pendant ce temps, cette même demande trouve son envol dans les produits personnalisables, obligeant les industries à concevoir des procédés agiles et reconfigurables de manière presque instantanée.

- ✓ **Enjeux sur le plan organisationnel** : l'agilité des machines s'accompagne aussi d'une agilité organisationnelle. Enfin, la stratégie de montée en gamme et d'innovation, couplée à une production toujours plus flexible, nécessite de repenser le management et plus particulièrement celui des ressources humaines.
- ✓ **Enjeux sur le plan environnemental** : depuis les années 70, l'industrie fait l'objet de tensions, légitimes, sur le plan environnemental. Avec des ressources qui se raréfient, le changement climatique, et la transition énergétique peu à peu initiée dans tous les pays, l'usine 4.0 a plus que jamais besoin d'avoir une empreinte écologique très faible. Cette usine doit aussi "penser" à ses produits, souvent source majeure de pollution et de dette environnementale.
- ✓ **Enjeux sur le plan sociétal** : l'industrie doit chercher à réduire ses impacts négatifs sur son environnement économique et social (externalités négatives) et ainsi développer une responsabilité sociétale (RSE). Les nouvelles technologies, tout comme les nouvelles relations des différentes parties prenantes, les nouvelles méthodes de gestion etc. sont au cœur de l'usine 4.0 et ont pour but de répondre à ces enjeux.

3. Les défis de la transformation numérique de l'industrie (défis de l'industrie 4.0)

3.1. Les défis économiques et stratégiques

- Les principaux défis de la numérisation du secteur du secteur manufacturier sont ainsi :

✓ Le défi traditionnel des pénuries de compétences dans le secteur de la fabrication est presque entièrement lié à l'intégration des technologies de l'informatique et des technologies de l'information (technologie opérationnelle) et aux autres évolutions technologiques et client / service / innovation ;

✓ Un contexte macro-économique et géopolitique incertain dans lequel le risque doit être géré, les réductions de coûts et l'efficacité accrue inévitablement ;

✓ Une chaîne logistique plus complexe et connectée où données / informations et rapidité sont essentielles ;

- ✓ La nécessité de mieux comprendre les possibilités et les avantages qui peuvent être obtenus. Bien qu'il s'agisse d'une question stratégique et d'information, elle oblige également les entreprises manufacturières à comprendre les catalyseurs technologiques de nouvelles opportunités telles que les jumeaux numériques, la robotique, l'intelligence artificielle et l'impression 3D, parmi leurs avantages, leur cas d'utilisation et leur contexte global.

- ✓ Un client en constante évolution, avec un besoin croissant d'être non seulement plus centré sur le client, mais également plus adaptatif et innovant.
Un environnement très concurrentiel dans lequel les plus rapides sont sur le point d'acquérir des avantages et même de devenir perturbateurs ;

- ✓ La nécessité de diversifier et d'exploiter de nouvelles sources de revenus, en exploitant de nouveaux écosystèmes et des données (connectées), pour prospérer et, dans certains cas, survivre ;

- ✓ Manque de vision claire et d'approche globale stratégique pour tirer parti de la croissance des revenus et du potentiel de nouvelles sources de revenus d'Industrie 4.0 ;

3.2. Les défis du facteur humain

- ✓ Concernant le lien entre la numérisation de l'Industrie 4.0 et l'adaptation du facteur « travail L », il est à préciser que, la dimension du talent humain dans une réalité changeante où la technologie et l'innovation jouent des rôles plus profonds et le talent dans bon nombre des domaines mentionnés (données, IoT industriel, convergence des technologies de l'information et des télécommunications, nouveaux modèles commerciaux, etc.), ni la culture ne sont présents prendre les mesures nécessaires.

- ✓ En ce qui concerne la dimension de la pénurie de talents et de compétences, il est clair qu'au fur et à mesure que l'industrie 4.0 arrive et que la transformation numérique de la fabrication se poursuit, la réalité du travail change.

- ✓ Selon IDC¹ (données fin 2016), d'ici 2020, 60% des ouvriers des usines G2000 travailleront aux côtés de technologies d'assistance automatisées telles que la robotique, l'impression 3D, l'IA et l'AR / VR.

- ✓ De plus, l'automatisation, l'optimisation et la transformation en cours ont un coût humain. D'un point de vue purement commercial, il s'agit également d'un défi.

¹ **IDC Manufacturing Insights:** Innovation de service et stratégies de produits connectés Le service de conseil est parfaitement adapté pour répondre aux besoins des entreprises: Producteurs recherchant des technologies et des modèles commerciaux de services et de diagnostics avancés pour améliorer la valeur et la différenciation des produits et augmenter les revenus des services.

✓ A cet effet, les conséquences humaines doivent être abordées à une époque de la numérisation rapide une menace. Chaque organisation, et dans le secteur manufacturier, est certainement un élément clé, elle doit prendre conscience de l'impact de l'automatisation et de son rôle dans la société, car le fait de négliger les coûts humains peut conduire à une érosion supplémentaire du capital de la marque et de la confiance, ainsi qu'au déclin de la confiance des consommateurs et de leurs achats » Puissance.

4. Les stratégies managériales de la transformation numérique de l'industrie

Maurice Ricci, [2016] a proposé un processus pertinent pour la transformation numérique de l'industrie en se basant sur plusieurs paramètres :

4.1. La reconstitution du modèle économique de l'entreprise

L'intégration du numérique dans le processus de production offre de nouvelles opportunités de création de valeur à l'entreprise. Il permet de reconstituer les moyens non seulement d'optimiser son activité mais aussi de se réinventer en se positionnant différemment sur la chaîne de création valeur.

4.2. L'innovation et l'accélération de la transition numérique

Face aux changements technologiques et à l'étendue des possibilités offertes par les recherches scientifiques, la capacité d'innovation devient un facteur clé de différenciation, de compétitivité et de performance. Elle doit devenir un axe primordial de développement de l'entreprise. L'innovation ne relève plus du domaine exclusif de la technique et de la R&D. Elle investit les autres dimensions de l'organisation : ses processus, sa manière de travailler, sa relation client, sa ligne de production, et, bien sûr, sa stratégie. Elle devient une démarche de transformation de l'entreprise dans son ensemble et non plus uniquement une façon d'améliorer les produits. Elle s'ouvre à l'écosystème et en tire parti (Ricci¹, [2016]).

Le numérique constitue une source quasi-intarissable d'innovations à la fois pour le produit, bien sûr, mais aussi pour modifier un usage, un processus, un modèle d'affaires. Dès lors, quoi de mieux pour commencer à s'ouvrir que de se rapprocher des reines du secteur : les startups et PME du numérique. En allant à leur rencontre, l'entreprise se familiarisera avec les technologies et usages qu'elle ne possède pas nécessairement en interne : produits connectés, impression 3D, usages mobiles, Big data, outil collaboratifs (Ricci, [2016]).

¹ Président du Comité Industrie du Futur Syntec Numérique.

4.3. Le renforcement de la relation Entreprise /Client

La transformation numérique de l'industrie participe à l'optimisation de la relation entretenue avec le client. Le numérique permet à enrichir ce dernier en y apportant plus d'interactivité, de proximité et de transparence. Il facilite ainsi la cohérence de l'expérience client sur l'ensemble des canaux d'interaction.

Selon Ricci, [2016]¹, les outils collaboratifs et les logiciels de gestion de la relation client (CRM – Customer Relationship Management, aujourd'hui appelés CX – Customer Experience) ont cette vocation. Les logiciels CX, par exemple, fournissent une vision complète du client et de sa situation (vision 360°) en concentrant dans un espace unique toutes les informations qui lui sont rattachées (lead marketing, opportunités, historique, contrats en cours, données SAV, données commerciales, litiges, etc.); cela, indépendamment du canal utilisé par le client pour entrer en contact avec la société (call center, email, courrier, site web, médias sociaux...).

¹ Selon l'auteur, les informations du client doivent être accessibles à tous les services de l'entreprise en contact avec celui-ci (marketing, service commercial, administration des ventes, SAV, etc.) afin d'assurer un suivi cohérent, efficace et fluide de la relation. De son côté, le client vit une expérience harmonisée de ses différents modes d'interaction avec l'entreprise.

4.4. L'accélération de la conception

Dans un contexte de concurrence mondiale et intense, il faut sans cesse innover, réduire les coûts et les délais de mise sur le marché. Pour y arriver, les entreprises n'ont d'autre choix que de concevoir leurs produits différemment. Cela d'autant que les produits eux-mêmes évoluent et se complexifient.

Le numérique propose une approche de la conception plus ouverte et collaborative. Il démocratise la simulation 3D et permet de mieux prendre en compte le logiciel dans le cycle de vie du produit. Il introduit de nouvelles techniques de fabrication qui élargissent l'horizon. Dans le monde numérique, l'évolution des services et des logiciels tend à se faire de manière continue. Pour atteindre ce rythme, les sociétés du numérique suivent deux règles : elles privilégient les évolutions incrémentales ; elles conduisent les projets de manière itérative et collaborative (Ricci, [2016]).

4.5. La proactivité de la chaîne industrielle

La réponse du numérique à la question de l'optimisation de la production, c'est de la piloter par les données. Comment ? En procédant à la numérisation et à l'interconnexion de l'ensemble des maillons de la chaîne de valeur industrielle : de la commande client à la livraison en incluant l'approvisionnement et les interactions avec les fournisseurs (Ricci, [2016]).

Ainsi numérisée et synchronisée, la chaîne se caractérise par sa flexibilité et sa modularité. Elle peut se reconfigurer automatiquement et s'ajuster en fonction de la demande. Elle s'adapte aux inévitables variabilités (prix et volumes des matières premières, aléas de l'approvisionnement, pannes de machines, fluctuations de la qualité, etc.) tout en conservant ses objectifs de qualité et de TRS optimisés.

La numérisation de la chaîne commence par celle de l'usine. Elle s'obtient par la connexion à l'IoT de tous ses éléments constitutifs : machines, pièces, produits, postes de travail. Équipés de capteurs et d'émetteurs, ces systèmes cyber-physiques communiquent entre eux et interagissent en continu, par le biais de réseaux, de passerelles d'adaptation et de plateformes d'échange de données.

4.6. La revalorisation du rôle de l'humain

Redonner l'envie de travailler à l'usine. Le numérique peut contribuer à cette autre ambition du programme Industrie du futur par une meilleure prise en compte des aspects humains et par une revalorisation du rôle de l'opérateur.

Dans une usine où les machines deviennent plus autonomes, le rôle de l'opérateur évolue vers celui de pilote responsable. Muni d'un terminal mobile connecté (smartphone, tablette, etc.) éventuellement renforcé, il gagne en autonomie, se déplace et surveille à distance les opérations en cours sur plusieurs machines. Des notifications sur son terminal mobile l'alertent des incidents. Il accède instantanément à la documentation nécessaire (Ricci, [2016]).

- Conclusion du chapitre 5

Dans le contexte de l'industrie 4.0, plusieurs éléments de sécurité doivent être pris en compte. Les systèmes de production ont des exigences importantes en matière de fiabilité, de disponibilité, de robustesse. Les pannes et les perturbations doivent être évitées.

De plus, l'accès aux données et services liés à la production doit être contrôlable pour protéger le savoir-faire de l'entreprise, et prévenir les dommages économiques. La sécurité est donc essentielle au succès des systèmes de fabrication intelligents. Il est important de s'assurer que les installations de production ne présentent aucun danger pour les personnes ou pour l'environnement, mais aussi les données et les informations qu'ils contiennent. Elles doivent être protégées contre l'utilisation abusive et l'accès non autorisé.

- **Chapitre 6 : Les impacts de la transformation numérique de l'industrie**

- **Introduction du chapitre 6**

Une révolution silencieuse est à l'œuvre au cœur de notre économie. Il s'agit de l'émergence de l'«industrie 4.0» qui touche notre économie à des niveaux très divers, des processus de production à la distribution, en passant par l'organisation du travail, ou encore le marketing ou la publicité.

Les nouvelles technologies qui mélangent les univers physique, numérique, biologique, digital, impression 3D, Big Data représentent les premiers facteurs de bouleversement économique et organisationnels des entreprises et de leurs fondements. L'intégration de ces développements technologiques et numériques influence toutes les disciplines, toutes les économies, toutes les industries et les comportements des consommateurs. Correctement utilisées, les technologies numériques peuvent ainsi contribuer à produire des biens mieux adaptés à la demande et de manière plus efficace, réduisant ainsi le gaspillage d'énergie et de matières premières et renforçant la compétitivité des entreprises.

Elles permettent aussi de contrôler plus intelligemment les transports et les flux de marchandises, réduisant la consommation énergétique et les coûts. Le potentiel de relocalisation de la production, avec la création d'emplois qui pourrait lui être liée, ne doit pas être négligé, notamment pour les secteurs qui se prêtent à une orientation accrue sur la demande et à une personnalisation des produits. Enfin, l'utilisation des technologies numériques constitue certainement une mine d'innovations pour notre économie d'exportation.

Les nouvelles technologies, les nouveaux produits et services, de même que les nouveaux modèles d'affaires peuvent perturber les opérations. Dans ce cas, l'adoption des principes de l'Industrie 4.0 devient une nécessité. Les dirigeants de demain doivent être prêts à se doter d'une nouvelle structure organisationnelle. Dans ce nouvel ordre économique, l'Industrie 4.0 transformera les entreprises sur plusieurs plans.

En effet, le chapitre présent a pour objet d'expliquer les impacts endogènes et exogènes de la numérisation de l'industrie sur le fonctionnement des organisations, le comportement des consommateurs, l'organisation du travail, les variations du marché, ainsi que les influences sur les différents secteurs d'activité :

1. L'impact sur la stratégie globale d'entreprise

Les solutions de l'Industrie 4.0 modifieront le mode de fonctionnement des entreprises. Elles influenceront le portefeuille de produits et services des entreprises. À l'heure actuelle, il convient de créer de nouveaux produits et services intelligents, mais les nouveaux modèles d'affaires deviendront rapidement une nécessité.

De plus, de jeunes entreprises proposant un modèle de valeur perturbateur pénétreront le marché. Dans ces conditions, la mise en œuvre de l'Industrie 4.0 nécessitera l'entière participation des dirigeants. Les entreprises devront saisir l'incidence de la transformation numérique sur l'ensemble de leur organisation.

2. L'impact sur le comportement des consommateurs

L'industrie 4.0 augmente le bien être des consommateurs parce qu'elle permet d'augmenter le nombre de variété et de diversifier le panier de consommation à moindre coût. Les nouvelles variétés seront même personnalisées puisqu'il est possible d'entrer en communication avec les machines durant le processus de production et modifier en personnalisant les variétés.

Cette nouvelle organisation de production s'appelle la «Smart Product» est basée sur la multiplication des capteurs qui émettent des signaux aux robots d'une chaîne de production dans le but d'adapter les variétés en fonction des goûts ou des besoins des clients.

3. L'impact sur l'organisation du travail

L'industrie 4.0 basée sur les systèmes robotisés et connectés vont bouleverser l'organisation de production des industries manufacturières. Elle impactera tous les métiers (ingénieurs, ouvriers, opérateurs de maintenance etc.) et le marché du travail. On assistera à une destruction créatrice d'emploi comme s'est passé durant les trois premières révolutions industrielles. Plusieurs emplois qui sont détruits et qui sont remplacés par de nouveaux.

En effet, au cours de la première révolution industrielle, la main d'œuvre a viré du secteur agricole vers le secteur industriel et par la suite avec la deuxième et troisième, la main-d'œuvre a migré de l'industrie vers les services. Les métiers d'avenir vont changer vers les activités liées aux technologies de l'information et à la robotisation L'industrie 4.0 exploite et dégage des informations très importantes qui dépassent de loin celle traditionnelle.

4. L'impact sur l'investissement

L'Industrie 4.0 aura une incidence considérable sur le secteur des TI. Aujourd'hui considérée comme une tendance innovante, la numérisation deviendra une compétence fondamentale¹. Le rapport CGI Global 1000 de 2016² a révélé que les organisations du secteur manufacturier cherchent à diminuer le coût d'exploitation des processus et systèmes existants, ainsi qu'à accroître les investissements dans la transformation numérique.

Elles peinent toutefois à faire les ajustements nécessaires au financement de cette transformation, car elles doivent poursuivre leurs activités commerciales tout en prenant le virage de l'Industrie 4.0. Dans un effort visant à accélérer la transformation, les manufacturiers intègrent rapidement l'automatisation et la numérisation.

¹ « Évoluer ou ne rien changer? » CGI.com Site consulté le 28 novembre 2016. https://www.cgi.com/sites/default/files/white-papers/evoluer-ou-ne-rien-hanger_etude-technique.pdf

² En 2016, dans le cadre du rapport CGI Global 1000, CGI a mené des entretiens en personne avec 87 dirigeants de fonctions d'affaires et informatiques d'organisations du secteur manufacturier dans 13 pays pour recueillir leurs commentaires sur les principales tendances sectorielles ainsi que sur leurs priorités et leurs plans d'affaires et informatiques.

5. L'impact sur les secteurs d'activité

- Toutes ces technologies intelligentes vont affecter tous les secteurs :
 - ✓ Le secteur médical sera équipé de plus en plus de robots qui seront capables de faire des opérations chirurgicales, de jouer le rôle des infirmiers d'une manière virtuelle et même de reconnaître des symptômes des maladies et d'agir en temps réel ;
 - ✓ Les banques seront plus sécurisées en minimisant les risques opérationnels. Les relations avec les clients seront plus personnalisées et plus rapides grâce aux connections entre les robots, les applications mobiles et les clients ;
 - ✓ Le e-commerce se développera grâce aux images 3D ;
 - ✓ Le secteur agricole profitera de l'intelligence artificielle par l'utilisation des drones qui permettent de surveiller les terrains, les cultures, les besoins en eau d'irrigation, de détecter les micro-organismes et les mutations génétiques.

6. L'impact sur la gestion du cycle de vie du produit

La gestion de la chaîne d'approvisionnement, la gestion des opérations et la gestion du cycle de vie du produit. La numérisation facilite déjà la collaboration des entreprises. Les solutions infonuagiques permettent aux entreprises de partager les données avec les clients, les fournisseurs et les autres partenaires de la chaîne d'approvisionnement.

Toutefois, une chaîne d'approvisionnement connectée et induite par la demande n'est possible que si les départements et les entreprises décloisonnent leurs structures. L'intégration des technologies opérationnelles (TO) et des technologies de l'information (TI) est nécessaire à la connexion du contrôle du processus, de la gestion des opérations et de la planification des affaires. Les entreprises devront aussi se doter de modèles de produits numériques pour la gestion complète du cycle de vie du produit.

7. L'impact sur l'évolution économique et managériale de l'organisation

Le passage au numérique reste une transformation en profondeur de l'entreprise. Elle modifie les processus et décloisonne l'organisation. Elle impulse aussi des façons de travailler différentes, requérant de la part des équipes, plus de collaboration, d'autonomie et de réactivité.

Elle nécessite, par ailleurs, une évolution des compétences, notamment celles des collaborateurs dans l'usine, dont l'environnement de travail et les outils changent grandement.

7.1. Décloisonnement des activités de l'entreprise

L'intégration de bout en bout des flux et des processus de la chaîne industrielle, comme le recentrage de l'entreprise autour du client, décloisonnent les grandes fonctions de l'organisation. L'atelier, en particulier, doit ouvrir ses portes aux autres activités de l'entreprise. Pour travailler en bonne intelligence et de manière réactive, les métiers sont amenés à communiquer et à partager des outils et des données.

7.2. Ouverture de l'entreprise

Pour atteindre le niveau de flexibilité attendue, l'entreprise s'ouvre aussi à ses fournisseurs et à ses partenaires. Le donneur d'ordre qui livre à ses fournisseurs une vue prospective de sa production a plus de chance de les voir s'adapter et réagir à sa demande.

7.3. Développement des compétences informatiques

La convergence entre les technologies informatiques et industrielles à tous les niveaux de la chaîne requiert, par ailleurs, l'acquisition par certains métiers de connaissances, voire de compétences, informatiques. Si le responsable de la chaîne logistique est déjà plus souvent un informaticien qu'un industriel, c'est plus rarement le cas du responsable de la sécurité, qui doit désormais comprendre les enjeux de la cybersécurité. De la même façon, le responsable de la production doit comprendre comment le Big data peut améliorer son activité.

Les technologies numériques se caractérisent par leur rapidité d'évolution. Les connaissances et compétences dans ce domaine devront nécessairement être mises à jour régulièrement.

7.4. Accompagnement au changement

Un projet de transformation engendre à la fois des évolutions de compétences importantes, l'apparition de nouveaux métiers et des attitudes et modes de travail radicalement différents. Le projet doit veiller à accorder une place importante aux volets formation et accompagnement au changement. Ce sont des facteurs clés de réussite.

Cependant, contrairement aux technologies informatiques de la génération précédente, les usages et technologies numériques se répandent d'abord dans le grand public. Leur adoption dans le monde professionnel s'en trouve facilitée.

L'accompagnement RH peut commencer par une sensibilisation aux enjeux du numérique. Dans ce domaine, les approches innovantes comme le reverse mentoring, qui consiste à confier aux populations les plus jeunes de l'entreprise l'apprentissage aux nouveaux usages et produits numériques des populations les plus âgées de l'entreprise peut faciliter l'adhésion au projet et resserrer le lien social au sein de l'organisation.

7.5. Un patrimoine informationnel à protéger

En pénétrant dans l'usine, Internet et son cortège de technologies ouvertes l'a désenclavée et a augmenté son exposition à la cybermenace. Dans ce contexte, comment se protéger pour ne pas mettre à la merci du cybercrime, machines, logiciels de gestion de la production, données, voire utilisateurs et clients (si les produits sont eux-mêmes connectés) ? L'entreprise doit en premier lieu s'interroger sur le niveau de risque acceptable. Il s'agit là d'identifier et de classer le niveau de sensibilité de son activité, de son outil de production et de son patrimoine numérique pour définir les mesures techniques et organisationnelles à prendre.

Avec des usines numériques et une chaîne de valeur connectée, la sécurité actuelle en TI n'est plus suffisante pour protéger les entreprises. Plus les entreprises innovent, plus leur zone de vulnérabilité aux attaques s'élargit. Le défi réside dans la compréhension du potentiel de cyber-risques que comporte l'innovation.

Il est indispensable d'atténuer les risques de cybersécurité. La conception même des appareils industriels utilisant l'Internet des objets doit comprendre d'importants dispositifs de sécurité, et leur intégration à l'architecture de systèmes d'information et d'automatisation existants doit être sécurisée. Dans ces circonstances, il est primordial d'intégrer des systèmes de contrôle industriel et d'assurer la cybersécurité. De plus, la démarche pourrait aider les organisations manufacturières à se différencier de leurs concurrents.

- Conclusion du chapitre 6

La transformation de l'industrie 4.0 est une entreprise numérisée à travers l'Internet des objets et les réseaux virtuels qui permettent de contrôler des sujets physiques d'une manière continue et instantanée grâce à la communication avec les différentes machines et chaînes de production, la clientèle et les fournisseurs. Les capteurs qui se communiquent est l'outil qui permet d'agir sur les caractéristiques des variétés et le contrôle à distance.

Pour développer l'industrie 4.0, il faudrait investir au préalable dans un modèle virtuel 3D relatif aux produits et aux processus numérisés et totalement connectés avec tous les intervenants. Elle exige des investissements dans la recherche scientifique au sein des universités et des laboratoires des firmes qui devront coopérer ensemble en multipliant des partenariats de recherche.

Cependant, cette technologie intelligente pourra dégager de nouveaux défis. La connexion à outrance entre tous les intervenants augmente les risques en matière de cyber-sécurité. Le risque zéro est faible et les possibles failles et défauts de configuration peuvent être exploités.

- **Chapitre 7 : La numérisation de l'industrie et le monde du travail**

- **Introduction du chapitre 7**

La numérisation a transformé les sociétés et les économies au cours des vingt dernières années et cette évolution s'accélère. Les puissances transformatrices de l'intelligence artificielle, du Big data, de l'Internet des objets, des technologies mobiles et de la blockchain sont en cours de réalisation pour une quatrième révolution industrielle. Ce développement est essentiellement positif, améliorant le niveau de vie, l'espérance de vie et la qualité de la vie. Néanmoins, il peut également avoir des effets perturbateurs, notamment sur les marchés du travail.

La numérisation représente un profond changement dans le monde du travail. Elle ouvre la voie à de nouvelles possibilités d'automatisation et favorise l'avènement de nouvelles formes de travail. Il est essentiel pour la cohésion sociale et pour des institutions économiques fortes que les changements technologiques rapides soient gérés efficacement afin de maximiser les avantages et de minimiser les effets négatifs. Cela inclut d'équiper toutes personnes de la société des outils et des capacités nécessaires pour participer pleinement et avec succès à cette transformation numérique. En effet, la numérisation doit servir à la fois les intérêts de l'économie et de la main-d'œuvre helvétiques. Il faut saisir les opportunités qui se présentent et identifier les risques à un stade précoce.

1. Les impacts globaux de la numérisation sur l'emploi

1.1. La numérisation des processus industriels et le volume de l'emploi et son contenu en termes de compétences

Les auteurs en France¹ prônent une amélioration des **compétences**, des **certifications** et une meilleure **utilisation** de celles-ci. Ils proposent en outre de placer la transition numérique et l'automatisation au cœur du **dialogue social** et de **renforcer le rôle des partenaires sociaux**.

De nombreuses études universitaires ont tenté d'anticiper les effets de la numérisation sur le volume d'emploi. Les résultats concernant l'effet net des gains et des pertes sont extrêmement variés. Le seul consensus parmi les universitaires semble être: la transformation est profonde et rapide. Les effets nets sur le volume d'emploi des gains de productivité potentiels résultant de la numérisation, ainsi que les principes qui devraient régir la distribution de ces gains dans la société, restent des points de discussion dans le milieu universitaire, et entre les partenaires sociaux.

La prédisposition des lieux de travail, des entreprises et des secteurs à la numérisation est très contrastée : certains seront totalement transformés, tandis que d'autres resteront en grande partie intacts.

¹ Marie Dalle-Molle, « Automatisation, numérisation et emploi : le rapport du COE », 19 décembre, 2017.

La numérisation des produits et des processus, mais aussi l'organisation du travail, modifie spécifiquement les exigences en termes d'aptitudes et de compétences de la main-d'œuvre. D'une part, il faut davantage de compétences numériques : la programmation, l'utilisation d'interfaces abstraites avec des machines renforcées numériquement, etc. deviennent plus importantes à tous les niveaux.

D'autre part, des exigences en matière de qualifications, autres que numériques apparaissent également, comme c'est le cas avec toutes les évolutions technologiques, par exemple. la connaissance et la création de modèles d'entreprises pour le monde numérique, les compétences analytiques avancées (afin de donner un sens aux données générées par les détecteurs et les plateformes), et les compétences en cyber sécurité, mais aussi la capacité de communiquer, de coopérer, de prendre des décisions et d'assumer une responsabilité dans les processus de travail dématérialisés, à distance et asynchrones.

Bien que certaines compétences de base, telles que la lecture et le calcul conserveront et renforceront même leur importance dans un environnement de travail numérisé, d'autres composantes de compétences existantes peuvent devenir obsolètes en raison de la numérisation, menaçant l'employabilité de certains travailleurs et la compétitivité de certaines entreprises. Tel a souvent été le cas avec le changement technologique dans notre industrie. Les effets ne sont donc pas inconnus mais avec la numérisation, leur vitesse et leur ampleur augmentent.

1.2. La transformation numérique du travail et son influence sur la relation de travail

Dans cet élément, les chercheurs français ont précisé qu'il existe un lien positif entre progrès technologique et organisations flexibles, ainsi que les innovations technologiques et organisationnelles améliorent la performance et les capacités d'innovation pour les employeurs et les employés.

Dans ce cadre, les auteurs en France soulignent que les machines ne sont capables de reproduire que des tâches et non de mobiliser des compétences, autrement dit, d'exercer des métiers.

La possibilité technique de travailler à distance, à n'importe quel moment, avec des appareils mobiles, remet en cause l'unité du temps et de l'espace pour le travail, et les notions de « temps de travail » et de « lieu de travail ».

La surveillance par l'entreprise contractante des travaux réalisés est légitime (afin de contrôler l'exécution de la tâche, et pour des considérations de santé & sécurité sur le lieu de travail), mais, compte tenu de la possibilité technique de collecter en permanence de grands volumes de données liées au travail et aux travailleurs à de courts intervalles de temps et à très faible coût, certains droits et limites pourraient être analysés de manière plus détaillée entre les partenaires sociaux.

La possibilité technique de conclure des contrats individualisés à des coûts de transaction très faibles crée des défis potentiels et des opportunités, en termes de négociations collectives. Les employeurs et les syndicats doivent réfléchir à leurs rôles et se demander si ceux-ci doivent évoluer.

1.3. Les technologies numériques et les opportunités spécifiques en matière de santé, de sécurité et des risques

Les nouvelles technologies génèrent des opportunités dans le domaine de l'ergonomie (utilisant la simulation numérique des processus de travail) et donc dans les soins de santé préventifs sur le lieu de travail.

De même, l'utilisation accrue de systèmes d'assistance à contrôle numérique peut alléger le stress physique et mental, améliorer le niveau d'emploi des travailleurs seniors et des personnes en situation de handicap.

La responsabilité individuelle en matière de santé et de sécurité au travail (SST) augmente lorsque les salariés ont une plus grande autonomie. Les exigences en matière de SST sur des lieux de travail fixes et établis ne peuvent être transposées telles quelles aux postes de travail mobiles et aux bureaux à domicile. Cette transposition pourrait donc faire l'objet de discussions ultérieures entre les partenaires sociaux.

Les gens utilisent la même technologie numérique (ordinateurs, téléphones portables « smartphones ») à titre privé et professionnel. Cette situation pose des questions quant au chevauchement entre ce que les gens font dans leur vie privée et professionnelle.

Les recherches doivent non seulement être axées sur les dangers, mais aussi examiner la réalisation du potentiel en préservant ou en améliorant l'employabilité des gens et en rendant les entreprises plus compétitives.

Les machines ou les véhicules autonomes, dont les actions peuvent dépendre de l'apport d'un grand nombre d'entités indépendantes, peuvent engendrer de nouveaux risques d'accident et de nouvelles questions d'indemnisation.

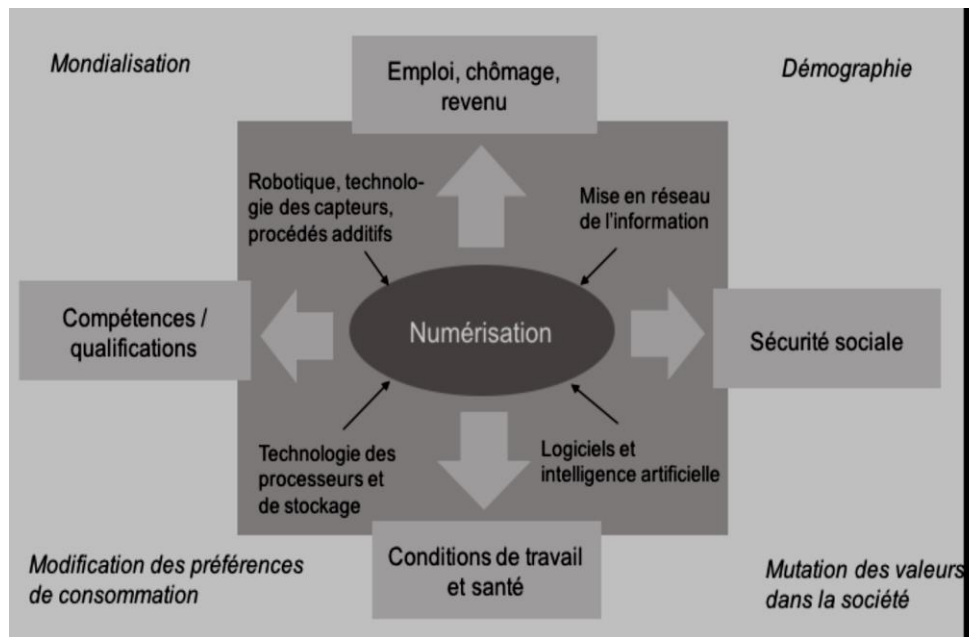
2. Marché du travail et numérisation : tendances et vecteurs

L'impact de la numérisation sur le monde du travail – et notamment sur l'emploi, le chômage, les revenus, les profils de compétences, les qualifications, les conditions de travail, la santé, la sécurité sociale, doivent être considérés dans le contexte global du changement structurel.

La numérisation interagit avec d'autres *tendances à long terme* qui ont prise sur le fonctionnement du marché du travail (cf. rectangle gris clair de la figure). À un niveau inférieur¹ également, la révolution numérique est directement influencée par certains *vecteurs* (cf. rectangle gris foncé de la figure).

¹ Rapport du Conseil fédéral donnant suite aux postulats 15.3854 Reynard du 16 septembre 2015 et 17.3222 Derder du 17 mars 2017.

Figure (7.1.) : Tendances et vecteurs du changement structurel et de la numérisation



Source : figure originale inspirée d'Economix Research & Consulting, [2016].

2.1. Tendances à long terme

Les *transformations sociales* modifient les valeurs, les conceptions et les *modes de consommation*. La génération des enfants du numérique (soit les personnes qui ont toujours vécu dans un environnement numérique) se distingue des générations précédentes par son utilisation des médias et par sa manière de travailler.

Si la majorité des jeunes entrant sur le marché du travail considère aujourd'hui encore qu'un emploi stable et bien rémunéré représente l'élément le plus important d'un «travail de qualité », certains actifs privilégient l'équilibre entre le travail et la vie personnelle, alors que d'autres aspirent à plus d'autonomie et tendent à mêler vie privée et vie professionnelle.¹

De nouveaux modes de consommation font également leur apparition, à l'image de la demande croissante de produits individualisés ou de l'avènement de l'économie de partage (selon le principe « utiliser au lieu de posséder »)².

2.2. Vecteurs du changement structurel

Les vecteurs de la révolution numérique peuvent être caractérisés par les progrès techniques réalisés dans les domaines principaux³ :

✓ *La croissance exponentielle de la puissance des processeurs et l'amélioration des techniques de stockage*

¹ Ministère fédéral du travail et des affaires sociales (Allemagne), [2017].

² Cf. Rifkin [2007].

³ C'est un résumé établi à partir de : Cf. Conseil fédéral [2017] ; Brynjolfsson/McAfee [2014] ; Pratt, [2015] ; Ministère fédéral du travail et des affaires sociales (Allemagne), [2017].

Ces technologies facilitent la communication, la gestion et la surveillance des processus de gestion et de production ; elles simplifient également la communication entre les consommateurs et les entreprises.

✓ ***La prolifération de systèmes d'intelligence artificielle***

Ces systèmes sont fondés sur l'apprentissage automatique et sur des algorithmes, tels les logiciels de reconnaissance vocale (Siri, Watson) ou les logiciels de traduction (Google Translate).

✓ ***La robotique et la technologie des capteurs***

C'est dans l'industrie de transformation que la robotique est actuellement la plus utilisée, ainsi les nouvelles techniques de fabrication telles que les *procédés additifs* (impression 3D) qui permettent d'explorer de nouvelles formes de production individualisées et de viser des gains d'efficience.

✓ *La mise en réseau d'informations ou la connexion d'objets*

Ces systèmes dits «cyberphysiques » sont des réseaux de petits ordinateurs dotés de capteurs et d'actionneurs communiquant entre eux par l'internet et capables d'interagir (internet des objets).

- **Conclusion du chapitre 7**

Enfin, nous devons reconnaître que cette nouvelle ère de révolution technologique sera autant social, qu'économique. L'ampleur du changement exigera une adaptation sociétale considérable et que Ce processus nécessitera une préparation et une discussion approfondies. Nous devons commencer à réfléchir maintenant aux différentes approches de développement qui peuvent aider à atténuer les impacts sociaux et économiques de la révolution technologique dans les pays avancés et en développement.

- Conclusion générale

L'économie numérique, et l'économie l'internet et ses utilisations commerciales ont suscité un grand intérêt. Cependant, les technologies informatiques et de réseautage ont le potentiel de transformer non seulement le comportement du consommateur, mais aussi le fonctionnement de l'économie. Une économie caractérisée par ces technologies est l'économie numérique, où les agents de marché se comportent différemment selon des règles économiques différentes de celles de l'économie physique.

D'une autre part, il est à rajouter que, la numérisation a justifié des conséquences sur pratiquement tous les domaines culturels et notamment socioéconomiques. En rapport avec cette nouvelle tendance de fond, de nouveaux thèmes prennent plus d'importance liés à la sécurité des données, la protection des données, la cybercriminalité, ainsi la gestion de l'entreprise dans l'ère numérique, la formation et formation continue, les médias sociaux, la sharing economy etc.

Nous avons essayé à travers ces cours intégrés dans ces cours de discuter sur quelques implications économiques des technologies numériques. Nous avons tenté de présenter les principales questions de recherche sur les techniques et les outils de l'économie numérique, les effets de l'industrie 4.0, le paiement numérique, et les transactions économiques en ligne, l'intelligence artificielle, les techniques et les piliers du Big Data, les politiques des monnaies virtuelles, les questions fiscales et monétaires et la mondialisation des marchés via les GAFA et les BATX.

Enfin, il est à rajouter que, l'Industrie 4.0 modifiera le visage de l'ensemble du système manufacturier, tant son architecture et sa structure organisationnelle que les produits, les services et les modèles opérationnels. L'élaboration et la mise en œuvre de ces solutions se feront certes de manière progressive en s'inscrivant dans une tendance à long terme, mais la conjoncture est déjà favorable. Les entreprises qui ne sont pas au fait des nouvelles technologies et qui n'investissent pas dans des projets pilotes perdront leur avantage concurrentiel et rateront l'occasion d'être à la tête de la transformation qui balaie actuellement le secteur manufacturier.

Notre objectif a été de démontrer à quel point les transformations économiques déclenchées par l'utilisation des technologies de l'information et de la communication sont fondamentales.

Nous concluons en notant sur le niveau international que les technologies numériques et informatiques et de réseautage améliorent non seulement l'efficacité économique des institutions financières et entreprises, mais présentent également un nouveau type de marché fictif et numérique qui pourrait être un exemple de marché parfait nécessitant un réexamen plus vigoureux des hypothèses et résultats économiques fournis par études menées sur les marchés traditionnels.

Outre, sur le niveau national que, l'Algérie présente un potentiel de développement important dans le secteur du numérique dans les années futures, elle représente cependant une faible dynamique dans le domaine du numérique, qui est en effet principalement due à un manque important de dispositifs d'accompagnement et de financement, ainsi un faible développement des activités d'innovation. Enfin, nous espérons que notre pays sera amené à rattraper une grande partie de son retard par rapport aux pays émergents et développés en termes de valeur ajoutée réalisée par les TIC.

- Sources bibliographiques

- ✓ Acemoglu, D., et P. Restrepo (2017). « Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets », communication présentée à l'assemblée générale annuelle de l'American Economic Association, Chicago, 7 janvier.
- ✓ Agrawal, A., J. S. Gans et A. Goldfarb (2017). « What to Expect from Artificial Intelligence », *MIT Sloan Management Review*, vol. 58, no 3.
- ✓ Arthur, W. B. (2011). « The Second Economy », *McKinsey Quarterly*, October, p. 1-9.
- ✓ Autor, D., D. Dorn, L. F. Katz, C. Patterson et J. Van Reenen (2017) *Concentrating on the Fall of the Labor Share*, document de travail no 23108, National Bureau of Economic Research.
- ✓ Baldwin, J. R., et W. Gu (2013). *Mesure de la productivité multifactorielle à Statistique Canada*, document de recherche no 31 de la série « La Revue canadienne de productivité », Statistique Canada. Publication no 15-206-X au catalogue.
- ✓ Baldwin, J. R., W. Gu, R. Macdonald et B. Yan (2014). *Qu'est-ce que la productivité? Comment la mesure-t-on? Quelle a été la productivité du Canada pour la période de 1961 à 2012?*, document de recherche no 38 de la série « La Revue canadienne de productivité », Statistique Canada. Publication no 15-206-X au catalogue.
- ✓ Banque de Suède (2015). « Digitisation and Inflation », *Monetary Policy Report*, février, p. 55-59.
- ✓ Bibbee, A. (2012). *Unleashing Business Innovation in Canada*, document de travail no 997, Département des Affaires économiques, Organisation de coopération et de développement économiques.

- ✓ Bloom, N., R. Sadun et J. Van Reenen (2012). « Americans Do IT Better: US Multinationals and the Productivity Miracle », *The American Economic Review*, vol. 102, no 1, p. 167-201.
- ✓ Bloom, N., et J. Van Reenen (2010). « Why Do Management Practices Differ Across Firms and Countries? », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 24, no 1, p. 203-224.
- ✓ Boston Consulting Group (2015). *The Robotics Revolution: The Next Great Leap in Manufacturing*. Broadberry, S., B. M. S. Campbell et B. van Leeuwen (2013). « When Did Britain Industrialise? The Sectoral Distribution of the Labour Force and Labour Productivity in Britain, 1381–1851 », *Explorations in Economic History*, vol. 50, no 1, p. 16-27.
- ✓ Brynjolfsson, E., et A. McAfee (2015). *Le deuxième âge de la machine : travail et prospérité à l'heure de la révolution technologique*, Paris, Odile Jacob. Cao, S., M. Salameh, M. Seki et P.
- ✓ St-Amant (2015). *Trends in New Firm Entry and New Entrepreneurship in Canada*, document d'analyse du personnel no 2015-11, Banque du Canada.
- ✓ Cardona, M., T. Kretschmer et T. Strobel (2013). « ICT and Productivity: Conclusions from the Empirical Literature », *Information Economics and Policy*, vol. 25, no 3, p. 109-125.
- ✓ Crafts, N. (2014). *Productivity Growth During the British Industrial Revolution: Revisionism Revisited*, document de travail no 204, Centre for Competitive Advantage in the Global Economy.
- ✓ Davis, S. J., et J. Haltiwanger (2014). *Labor Market Fluidity and Economic Performance*, document de travail no 20479, National Bureau of Economic Research.

- ✓ Derviş, K., et Z. Qureshi (2016). *The Productivity Slump—Fact or Fiction: The Measurement Debate*, document de travail, coll. « Global Economy and Development », Brookings.
- ✓ Ericsson, N. R. (2016). *Economic Forecasting in Theory and Practice: An Interview with David F. Hendry*, Conseil des gouverneurs de la Réserve fédérale, coll. « International Finance Discussion Papers », no 1184.
- ✓ Forum économique mondial (FEM) (2016a). *Digital Transformation of Industries: Logistics Industry*, livre blanc du Forum économique mondial préparé en collaboration avec Accenture.
- ✓ (2016b). *Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology*, document préparé en collaboration avec le Boston Consulting Group.
- ✓ Forum économique mondial (FEM) (2016c). *Digital Transformation of Industries: Automotive Industry*, livre blanc du Forum économique mondial préparé en collaboration avec Accenture.
- ✓ Frey, C. B., et M. A. Osborne (2017). « The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation? », *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 114, no C, p. 254-280.
- ✓ Fung, B., et H. Halaburda (2016). *Central Bank Digital Currencies: A Framework for Assessing Why and How*, document d'analyse du personnel no 2016-22, Banque du Canada.
- ✓ Fung, B., M. Molico et Gerald Stuber (2014). *Electronic Money and Payments: Recent Developments and Issues*, document d'analyse du personnel no 2014-2, Banque du Canada.

- ✓ Gordon, R. J. (2014a). *The Demise of U.S. Economic Growth: Restatement, Rebuttal, and Reflections*, document de travail no 19895, National Bureau of Economic Research.
- ✓ (2014b). *A New Method of Estimating Potential Real GDP Growth: Implications for the Labor Market and the Debt/GDP Ratio*, document de travail no 20423, National Bureau of Economic Research.
- ✓ (2015). « Secular Stagnation: A Supply-Side View », *The American Economic Review*, vol. 105, no 5, p. 54-59.
- ✓ (2016). « Perspectives on the Rise and Fall of American Growth », *The American Economic Review*, vol. 106, no 5, p. 72-76.
- ✓ Green, D. A., et B. M. Sand (2015). « Has the Canadian Labour Market Polarized? », *Revue canadienne d'économique*, vol. 48, no 2, p. 612-646.
- ✓ Kaplan, G., B. Moll et G. L. Violante (2016). *Monetary Policy According to HANK*, document de travail no 2016/2, Council on Economic Policies.
- ✓ Katz, R. L., et P. Koutroumpis (2013). « Measuring Digitization: A Growth and Welfare Multiplier », *Technovation*, vol. 33, nos 10-11, p. 314-319.
- ✓ Keynes, J. M. (1931). « Perspectives économiques pour nos petits-enfants », dans *Essais de persuasion*, Paris, Librairie Gallimard.
- ✓ Krugman, P. (1997). *The Age of Diminished Expectations*, Cambridge, MIT Press.
- ✓ Lev, B., S. Radhakrishnan et P. C. Evans (2016). *Organizational Capital: A CEO's Guide to Measuring and Managing Enterprise Intangibles*, coll. « Measuring and Managing Organizational Capital Series », no 1, The Center for Global Enterprise.

- ✓ Mendes, R. R. (2014). *The Neutral Rate of Interest in Canada*, document d'analyse du personnel no 2014-5, Banque du Canada.
- ✓ Organisation de coopération et de développement économiques (2016).
- ✓ *OECD Compendium of Productivity Indicators 2016*, Paris, Éditions OCDE.
- ✓ Poloz, S. S. (2016). *De coupeurs de bois à spécialistes des TI : l'expansion de l'économie des services du Canada*, discours prononcé devant l'Institut C.D. Howe, Toronto, 28 novembre.
- ✓ Reynolds, J., et R. Cuthbertson (2014). *Retail & Wholesale: Key Sectors for the European Economy: Understanding the Role of Retailing and Wholesaling Within the European Union*, Oxford Institute of Retail Management, Saïd Business School, Université d'Oxford.
- ✓ Schumpeter, J. A. (1939). *Business cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, New York, McGraw-Hill Book Company.
- ✓ (1947). « The Creative Response in Economic History », *Journal of Economic History*, vol. 7, no 2, p. 149-159.
- ✓ (1990). *Capitalisme, socialisme et démocratie*, Paris, Payot.
- ✓ Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*, Genève, Forum économique mondial.
- ✓ Syverson, C. (2016). *Challenges to Mismeasurement Explanations for the U.S. Productivity Slowdown*, document de travail no 21974, National Bureau of Economic Research.
- ✓ Temin, P. (1997). « Two Views of the British Industrial Revolution », *Journal of Economic History*, vol. 57, no 1, p. 63-82.
- ✓ Tugwell, R. G. (1931). « The Theory of Occupational Obsolescence », *Political Science Quarterly*, vol. 46, no 2, p. 171-227.

- ✓ Van Ark, B. (2016). « The Productivity Paradox of the New Digital Economy », *International Productivity Monitor*, vol. 31, p. 3-18.
- ✓ Van Reenen, J., N. Bloom, M. Draca, T. Kretschmer, R. Sadun, H. Overman et M. Schankerman (2010), '*The Economic Impact of ICT: Final Report*', London, Centre for Economic Performance. Publication SMART N. 2007/0020.
- ✓ Varian, H. (2016). « Intelligent Technology », *Finance and Development*, vol. 53, no 3, p. 6-9.

- Sources Webographiques

<https://www.usine-digitale.fr/article/les-ia-d-alibaba-et-microsoft-battent-les-humains-a-la-lecture.N638758>

<https://www.letemps.ch/economie/2017/04/25/jack-alibaba-un-outil-propager-leconomie-numerique>

http://www.liberation.fr/france/2018/01/09/batx-les-quatre-geants-du-web-chinois_1621349

<https://mbamci.com/les-batx-plus-forts-que-les-GAFAM/>

<https://www.usinenouvelle.com/editorial/la-chine-ambitionne-de-devenir-leader-mondial-de-l-intelligence-artificielle-d-ici-a-2025.N632893>

<https://humanoides.fr/intelligence-artificielle-chine/>

https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/rpt-un-nouveau-site-d-ia-a-pekin-atteste-des-ambitions-chinoises_119555

<http://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/2017/12/13/32001-20171213ARTFIG00159-google-ouvre-un-laboratoire-dedie-a-l-intelligence-artificielle-a-pekin.php>

<https://www.wired.com/2017/06/ai-revolution-bigger-google-facebook-microsoft/>

<http://www.phonandroid.com/ces-2018-france-pays-plus-startup-etats-unis.html>

<https://www.capital.fr/economie-politique/la-france-veut-devenir-un-champion-de-lintelligence-artificielle-et-elle-commence-par-changer-la-facon-dont-on-enseigne-les-maths-a-lecole-1270160>

<https://www.capital.fr/lifestyle/le-depute-cedric-villani-vous-demande-votre-avis-pour-elaborer-une-strategie-ambitieuse-de-la-france-dans-lintelligence-artificielle-1267602>

http://www.lepoint.fr/high-tech-internet/cedric-villani-ne-craignez-pas-l-intelligence-artificielle-mais-les-humains-qui-seront-derriere-04-01-2018-2184056_47.php

<https://www.usine-digitale.fr/article/intelligence-artificielle-apple-s-est-offert-la-start-up-francaise-regaind-en-secret.N594963>

<https://business.lesechos.fr/entrepreneurs/actu/030647027737-qui-est-regaind-la-start-up-francaise-rachetee-par-apple-313974.php>

<https://www.lsa-conso.fr/jd-com-va-deployer-des-centaines-d-epiceries-sans-employes-dans-toute-la-chine,276262>

<http://www.rtl.fr/actu/futur/facebook-investit-dans-l-intelligence-artificielle-et-la-formation-en-france-7791936722>

<https://www.developpez.com/actu/150787/La-Chine-veut-devenir-leader-mondial-de-l-intelligence-artificielle-avec-un-plan-de-developpement-national-visant-a-augmenter-son-poids-economique/>

Table des matières

- <i>Introduction générale</i>	1
<i>Chapitre préliminaire : « Un préambule sur l'économie industrielle »</i>	4
<i>Chapitre 1 : Eléments de base sur l'économie numérique</i>	15
<i>Chapitre 2 : L'intelligence artificielle</i>	52
<i>Chapitre 3 : L'industrie 4.0 : Automatisation, programmation et robotisation</i>	60
<i>Chapitre 4 : Les grandes tendances induites par le numérique</i>	69
<i>Chapitre 5 : La transformation de l'industrie par le numérique</i>	80
<i>Chapitre 6 : Les impacts de la transformation</i>	93
<i>Chapitre 7 : La numérisation de l'industrie et le monde du travail</i>	105
- <i>Conclusion générale</i>	115
- <i>Bibliographie</i>	118
- <i>Table des matières</i>	126