



---

## **La structure des révolutions industrielles : Trajectoires énergétiques, communicationnelles et économiques de la vapeur à l'intelligence artificielle**

The Structure of Industrial Revolutions: Energy, Communication, and Economic Trajectories from Steam to Artificial Intelligence

**Koné Abdoulaye**

Docteur en Sciences Juridiques et Politiques, spécialisé en Relations Internationales et Intelligence Artificielle, FSJES Cadi Ayyad, Marrakech.

---

**Résumé :** Cet article examine la structure des révolutions industrielles à travers la convergence de l'énergie, de la communication et de l'économie. En posant la question de recherche : « Comment l'évolution de l'énergie, de la communication et de l'économie conditionne-t-elle l'évolution des révolutions industrielles ? », l'étude se propose de démontrer le rôle fondamental de cette interconnexion dans les transformations industrielles majeures qui ont façonné les sociétés contemporaines.

La méthodologie adoptée est qualitative et utilise un modèle d'analyse fondé sur l'idée que chaque révolution industrielle débute par de nouvelles sources d'énergie. Celles-ci permettent l'émergence de moyens de communication innovants qui influencent les structures économiques. L'étude s'appuie sur une collecte de données diverses, issues d'ouvrages, d'articles de revues et de journaux, pour tracer l'évolution depuis la première jusqu'à la quatrième révolution industrielle.

L'analyse des éléments clés des différentes révolutions industrielles met en lumière des jalons déterminants : la machine à vapeur, l'imprimerie et le train à vapeur lors de la première révolution, les innovations comme le moteur à combustion interne, le télégraphe, et l'avion dans la seconde, et le développement d'Internet et d'énergies renouvelables dans la troisième. La quatrième révolution s'illustre par des avancées technologiques, telles que l'Intelligence artificielle et l'Internet des objets, qui redéfinissent à la fois la communication et l'économie, notamment par des modèles d'ubérisation. Cet article souligne l'importance de comprendre ces dynamiques interdépendantes pour appréhender le développement futur du paysage industriel global.

**Mots clés :** Révolutions industrielles, convergence, énergie, communication, économie, intelligence artificielle.

---

**Abstract :** This article examines the structure of industrial revolutions through the convergence of energy, communication, and economy. By posing the research question: « How does the evolution of energy, communication, and economy shape the development of industrial revolutions? », the study aims to demonstrate the fundamental role of this interconnection in the major industrial transformations that have shaped contemporary societies.

The adopted methodology is qualitative and uses an analytical model based on the idea that each industrial revolution begins with new sources of energy. These sources enable the emergence of innovative means of communication that influence economic structures. The study relies on a collection of diverse data from books, journal articles, and newspapers to trace the evolution from the first to the fourth industrial revolution.

The analysis of key elements from different industrial revolutions highlights significant milestones: the steam engine, printing press, and steam locomotive during the first revolution; innovations such as the internal combustion engine, telegraph, and airplane in the second; and the development of the Internet and renewable energies in the third. The fourth revolution is characterized by technological advancements such as artificial intelligence and the Internet of Things, which redefine both communication and economy, particularly through models of "uberization." This article emphasizes the importance of understanding these interdependent dynamics to grasp the future development of the global industrial landscape.

**Keywords :** Industrial revolutions, convergence, energy, communication, economy, artificial intelligence.

**Digital Object Identifier (DOI):** <https://doi.org/10.5281/zenodo.13934672>

---

## 1. Introduction

Les révolutions industrielles représentent des tournants majeurs dans l'histoire humaine, jouant un rôle clé dans le façonnement de la société moderne. En effet, chaque révolution a apporté des changements fondamentaux non seulement dans les modes de production, mais aussi dans les structures sociales et économiques qui en découlent. La première révolution industrielle, qui commence à la fin du XVIIIe siècle, est marquée par l'invention de la machine à vapeur en 1769 et l'apparition d'innovations telles que le métier à tisser mécanique et la locomotive. La seconde révolution industrielle, quant à elle, s'épanouit à partir de la fin du XIXe siècle avec l'invention de la lampe à incandescence en 1879, accompagnée des développements du télégraphe, du téléphone et de la télévision. La troisième révolution industrielle, initiée avec l'avènement d'Internet en 1969 et du web en 1989, est caractérisée par les percées en électronique et informatique. Enfin, la quatrième révolution industrielle, qui émerge à partir des années 2010, se distingue par la convergence de l'internet des objets, du big data, et de l'intelligence artificielle.

Une révolution industrielle peut être définie comme une convergence transformative de l'énergie, de la communication et de l'économie (Rifkin, 2014). Dans cette perspective, la littérature actuelle offre une multitude d'analyses sur les révolutions industrielles. Jeremy Rifkin, dans son ouvrage « La troisième révolution industrielle » (2012), met en lumière comment le pouvoir latéral redéfinit les dynamiques de l'énergie, de l'économie et de la société. Dans « La nouvelle société du coût marginal zéro » (2014), il explore l'impact disruptif de l'Internet des objets sur le capitalisme contemporain. Luc Ferry, dans « La Révolution transhumaniste » (2016), propose une analyse approfondie des dimensions économiques et médicales de cette troisième révolution, en soulignant ses implications éthiques et sociétales. Enfin, Klaus Schwab, dans « La quatrième révolution industrielle » (2017), examine les conséquences économiques et sociétales de cette nouvelle ère technologique, ainsi que les défis et les opportunités qu'elle engendre. Ces travaux offrent une compréhension enrichie des transformations en cours et de leurs répercussions sur notre avenir collectif.

Ainsi, la question de recherche qui émerge est la suivante : **Comment l'évolution de l'énergie, de la communication et de l'économie conditionne-t-elle le déroulement des révolutions industrielles ?**

## **2. Méthode et intérêt de la recherche**

### **2.1. Modèle d'analyse et approche qualitative**

Le modèle d'analyse proposé repose sur l'idée que chaque révolution industrielle implique l'émergence de nouvelles sources d'énergie, lesquelles permettent le développement de nouveaux moyens de communication, tant au niveau des idées (par exemple, la machine à imprimer ou la télévision) que physique (comme le train à vapeur ou la voiture). Cette dynamique entre énergie et communication conduit à une redéfinition des structures économiques. En d'autres termes, une révolution industrielle survient lorsque de nouveaux systèmes énergétiques, augmentant la complexité des relations économiques, se combinent avec de nouvelles technologies de communication qui facilitent leur gestion. Cette convergence réduit le temps et l'espace, ce qui favorise la diversification et la croissance des activités économiques (Ferry, 2016, p. 97-98).

Pour cette étude, l'approche qualitative a été privilégiée, car elle permet une compréhension approfondie des phénomènes. Notre méthode de collecte de données repose principalement sur l'analyse des ouvrages, des articles de revues et des articles de journaux pertinents, afin d'assurer une vision holistique et nuancée des révolutions industrielles.

### **2.2. Intérêt du sujet**

L'étude des révolutions industrielles est essentielle pour comprendre les dynamiques de transformation sociétale à travers le temps. En analysant les interactions entre énergie, communication et économie, cet article vise à déceler les mécanismes sous-jacents qui propulsent ces révolutions et leurs répercussions sur le développement économique et social. La pertinence de ce sujet est accentuée par les transitions rapides que connaît notre époque, où les technologies numériques et les transformations énergétiques jouent un rôle prépondérant.

## **3. Les éléments clés de la première révolution industrielle**

### **3.1. L'énergie : La vapeur**

La vapeur, obtenue par le chauffage de l'eau, a été un élément essentiel dans le développement des machines à vapeur, qui ont transformé de manière radicale les processus de production. L'invention de la machine à vapeur par James Watt en 1769 a permis de mécaniser diverses industries, ce qui a augmenté la productivité et libéré les entreprises des contraintes précédemment imposées par l'énergie humaine ou animale (Mokyr, 1990). Cet avancement

technologique a marqué un tournant majeur vers l'industrialisation, en favorisant un modèle économique basé sur l'énergie à grande échelle et la production de masse.

### **3.2. La communication : L'imprimerie et le train à vapeur**

La vapeur a été un moteur primordial dans l'essor de l'imprimerie. En effet, elle a permis une production de masse qui a révolutionné la diffusion des idées. L'imprimerie a joué un rôle essentiel dans la diffusion rapide et large des idées, favorisant l'éducation et les mouvements sociaux. Elle a accéléré le processus d'impression de journaux, de revues et de livres, ce qui a contribué à l'alphabétisation à grande échelle en Europe et en Amérique. Parallèlement, le développement du train à vapeur a facilité le transport de personnes et de marchandises, permettant ainsi de relier les marchés tout en soutenant l'urbanisation (Ferry, 2016, p. 97-98). Les réseaux de transport à vapeur se sont révélés déterminants pour le processus d'industrialisation. Ils ont permis d'intégrer les ressources et les marchés nécessaires au capitalisme en plein essor (Hobsbawm, 1962). En facilitant le déplacement rapide et efficace de matières premières, tels que le charbon, le fer et le coton, ainsi que de produits manufacturés, ces réseaux ont non seulement réduit les coûts de transport, mais ont également élargi le champ d'action des entreprises.

La construction de chemins de fer et de canaux à vapeur a relié des régions isolées. Cela a favorisé l'émergence de nouveaux centres industriels et commerciaux. Par exemple, la révolution des chemins de fer en Grande-Bretagne a transformé des villes comme Manchester et Liverpool en pôles économiques dynamiques, attirant des investissements et une main-d'œuvre en quête d'opportunités.

### **3.3. L'économie : Naissance de l'usine et début de l'économie capitaliste**

La première révolution industrielle a constitué un tournant majeur dans l'évolution économique, marquant la transition d'une économie agraire vers une économie industrielle. L'émergence des usines en tant que nouvelles unités de production a entraîné des changements socio-économiques profonds, ce qui a transformé de manière significative les conditions de vie, les dynamiques de travail et exacerbé les inégalités sociales. Ce phénomène a également donné naissance à la classe ouvrière et a catalysé l'essor de l'économie capitaliste (Ferry, 2016). En même temps, le développement du capitalisme a remis en question les structures sociales et économiques traditionnelles, entraînant des bouleversements qui ont façonné le paysage socio-économique de l'époque (Engels, 1845). Ces transformations ont non seulement redéfini les

relations de production, mais ont également eu des répercussions durables sur la société moderne.

**Tableau 1 : La structure de la première révolution industrielle**

Éléments Clés	Détails	Dates
Énergie	Machine à vapeur de James Watt	1769
Communication	Imprimerie (communication des idées) et train à vapeur (transport)	15ème siècle (imprimerie), 1825 (train à vapeur)
Économie	Naissance de l'usine et début de l'économie capitaliste	Fin 18ème siècle - début 19ème siècle (1760-1840)
Période	Période de la révolution industrielle	1760-1840

Source : Le Tableau 1 est élaboré par le chercheur, auteur de cet article, dans le cadre de ses recherches.

#### 4. Les éléments clés de la deuxième révolution industrielle

##### 4.1. L'énergie : Innovations énergétiques

La deuxième révolution industrielle a été marquée par des innovations énergétiques majeures. Parmi ces innovations, l'invention de l'ampoule à filament par Thomas Edison en 1879 a marqué un tournant décisif dans les modes d'éclairage. Cette invention a non seulement permis d'allonger les heures de travail, mais elle a également favorisé l'émergence d'une culture nocturne, modifiant ainsi les rythmes de vie et de travail des populations urbaines (Mokyr, 1990).

Simultanément, le développement du moteur à combustion interne a été un catalyseur essentiel pour l'essor des transports modernes. Ce moteur a permis la production en série de véhicules motorisés, notamment l'automobile, qui a révolutionné non seulement la mobilité individuelle, mais aussi le transport de marchandises. L'essor de l'automobile a engendré des changements sociaux et économiques profonds, tels que l'expansion des infrastructures routières et l'émergence de nouvelles industries connexes, comme celle du pétrole et de l'automobile (Geels, 2005).

En outre, la multiplication des centrales électriques a joué un rôle majeur dans l'industrialisation de la société moderne. Ces installations ont permis de fournir de l'électricité aux villes, ce qui a favorisé le développement d'industries de plus en plus énergivores et a amélioré les conditions

de vie des citoyens. L'accès à l'électricité a également permis l'essor d'appareils électroménagers et d'équipements industriels, transformant les modes de production et de consommation (Hughes, 1983).

#### **4.2. La communication : Télégraphe, radio, télévision, téléphone, voiture, train électrique, avion**

Les révolutions énergétiques de la deuxième révolution industrielle ont joué un rôle clé dans l'émergence de nouveaux moyens de communication. Le télégraphe et le téléphone, en particulier, ont transformé les échanges à distance en permettant une transmission rapide des informations. Cela a non seulement facilité les affaires et les relations internationales, mais a également considérablement réduit le temps nécessaire pour communiquer. Ces innovations ont élargi le champ des interactions humaines, rendant ainsi le monde plus interconnecté (Standage, 1998).

Parallèlement, l'émergence de la radio et de la télévision a introduit des outils de diffusion de masse qui ont profondément influencé la culture et la société. La radio, notamment, a permis de toucher un large public, devenant un vecteur essentiel d'information et de divertissement, tandis que la télévision a transformé la manière dont les gens consomment l'information et la culture, créant des phénomènes de société sans précédent (McLuhan, 1964). Ces médias ont joué un rôle central dans la formation de l'opinion publique et la diffusion des idéologies. Ils ont contribué à façonner les valeurs et les comportements des sociétés modernes (Bennett & Iyengar, 2008).

En ce qui concerne les moyens de transport, l'apparition de la voiture, du train électrique et de l'avion a considérablement amélioré la connectivité physique entre les régions et les pays. Ces innovations ont non seulement réduit les distances géographiques, mais ont également modifié les dynamiques économiques et sociales, facilitant le commerce et les échanges culturels à une échelle sans précédent. La voiture a permis une plus grande mobilité individuelle, tandis que le train électrique a révolutionné le transport de marchandises et de passagers, ce qui a rendu les déplacements plus rapides et plus efficaces (Hughes, 1983). L'avion, quant à lui, a ouvert de nouvelles perspectives en matière de voyages internationaux, en rapprochant les différentes régions du monde.

### 4.3. L'économie : Émergence des multinationales

La deuxième révolution industrielle est marquée par l'émergence des multinationales, un phénomène qui découle directement des progrès en matière de communication, de l'expansion des marchés, de la standardisation des produits et de la réduction des barrières commerciales. Ces éléments ont non seulement transformé le paysage économique de l'époque, mais continuent également d'influencer les dynamiques économiques contemporaines. En facilitant l'accès aux marchés internationaux, ces avancées ont permis aux entreprises de tirer parti des économies d'échelle et d'optimiser la répartition mondiale des ressources. Cela a redéfini les règles du commerce international. De plus, cette évolution a eu des répercussions profondes sur les politiques commerciales des États, qui ont dû s'adapter à un environnement de plus en plus globalisé, tout en prenant en compte les enjeux liés aux conditions de travail et aux droits des travailleurs. Des études, comme celles de Piketty (2014) et Stiglitz (2015), mettent en évidence l'impact des transformations économiques et technologiques sur l'accroissement des inégalités au sein des sociétés. Piketty souligne que la concentration de la richesse, alimentée par des rendements du capital supérieurs à la croissance économique, favorise une élite au détriment des classes moyennes et populaires. Stiglitz, de son côté, aborde l'asymétrie d'information, où des acteurs économiques privilégiés détiennent des informations exclusives, leur permettant de monopoliser les ressources et les opportunités, ce qui renforce encore les inégalités.

**Tableau 2 : La structure de la deuxième révolution industrielle**

Éléments Clés	Détails	Dates
Énergie	Ampoule à filament (Thomas Edison), moteur à combustion interne, centrales électriques	1879 (ampoule), 19ème siècle (moteur à combustion)
Communication	Télégraphe, radio, télévision, téléphone (communication des idées), voiture, train électrique et avion (transports)	1837 (télégraphe), 1876 (téléphone), 1903 (avion)
Économie	Émergence des multinationales	Fin 19ème siècle - début 20ème siècle
Période	Période de la révolution industrielle	1870-1914

**Source :** Le Tableau 2 est élaboré par le chercheur, auteur de cet article, dans le cadre de ses recherches.



## 5. Les éléments clés de la troisième révolution industrielle

### 5.1. L'énergie : Nouvelles sources et technologies

La troisième révolution industrielle, telle que décrite par Jeremy Rifkin (2012), représente une transformation profonde et nécessaire de notre modèle énergétique, axée sur l'adoption massive des énergies renouvelables et l'innovation technologique en faveur de la durabilité. Rifkin identifie cinq principes clés qui soutiennent cette transition énergétique :

- **La transition vers les énergies renouvelables** : Ce premier principe souligne l'importance des énergies solaires, éoliennes, et d'autres ressources renouvelables dans la lutte contre le changement climatique.
- **Transformation des bâtiments** : Rifkin propose de convertir les bâtiments en petites centrales électriques autonomes pouvant générer leur propre énergie.
- **Technologies de stockage** : Le développement des technologies de stockage, comme l'hydrogène, devient très important pour gérer l'intermittence des énergies renouvelables et répondre à la demande d'énergie.
- **Smart grids** : L'instauration de réseaux intelligents de distribution d'énergie permet un équilibre dynamique entre l'offre et la demande, s'inspirant du modèle décentralisé d'Internet.
- **Véhicules hybrides et à hydrogène** : La transition vers des véhicules plus vertueux, capables de s'intégrer aux smart grids pour optimiser la gestion de l'énergie, est également un élément central de cette révolution.

Cette approche novatrice défie les modèles énergétiques traditionnels et ouvre la voie à une économie plus durable.

### 5.2. La communication : Avancées numériques

La troisième révolution industrielle a profondément transformé la communication. Au cœur de cette révolution, Internet et le Web ont établi des fondements solides pour la diffusion rapide et massive de l'information. Les réseaux sociaux, tels que Facebook et Twitter, ont redéfini les interactions humaines, permettant un partage instantané et une mobilisation collective sans précédent (Castells, 2012).

Les plateformes de partage de vidéos, comme YouTube, et les services de vidéo à la demande (VOD), tels que Netflix, ont révolutionné la consommation de contenu, offrant aux utilisateurs un accès illimité à une variété de médias (Jenkins, 2006). Les encyclopédies collaboratives,

comme Wikipedia, illustrent la puissance de la contribution collective à la connaissance et remettent en question les modèles traditionnels de publication (Lih, 2009).

L'émergence des réseaux sociaux, des plateformes de partage de vidéos et des encyclopédies collaboratives redéfinit les interactions sociales et renforce le pouvoir des utilisateurs, qui deviennent à la fois consommateurs et producteurs de contenu.

La technologie blockchain représente également une avancée majeure dans ce paysage numérique, en permettant une décentralisation des transactions économiques et en introduisant un nouveau modèle de confiance numérique. Du fait de sa capacité à garantir la transparence et la sécurité des échanges, la blockchain transforme non seulement le secteur financier, mais aussi d'autres domaines tels que la logistique, la santé et la gestion des données personnelles (Tapscott & Tapscott, 2016).

L'Internet des objets (IoT) émerge aussi comme un élément central de cette révolution de la communication, reliant une multitude d'appareils intelligents et facilitant une communication fluide et instantanée entre eux. Cette interconnexion permet non seulement une gestion optimisée des ressources, mais aussi une personnalisation accrue des services offerts aux utilisateurs. Un exemple emblématique de cette transformation est le smartphone, qui, à lui seul, incarne la convergence de la communication, de l'énergie et de la logistique au sein de l'écosystème IoT (Rifkin, 2014). En effet, cet appareil multifonctionnel a révolutionné la manière dont les individus interagissent, accèdent à l'information et gèrent leurs activités quotidiennes.

En parallèle, l'intelligence artificielle connaît une avancée fulgurante grâce à l'explosion des données générées par l'Internet des objets. Avant cette ère des données massives (Big Data), les algorithmes d'apprentissage automatique peinaient à fonctionner efficacement en raison de l'insuffisance des données disponibles. Désormais, ces algorithmes peuvent traiter des volumes de données sans précédent, ce qui leur permet d'identifier des tendances, d'apprendre de manière autonome et d'offrir des recommandations personnalisées. Cette synergie entre le Big Data et l'IA ouvre la voie à des applications novatrices dans divers secteurs (Koné, 2024).

Un autre élément clé de cette transformation est l'avènement de la 4G, ou quatrième génération de réseau mobile, qui a considérablement amélioré la connectivité mobile. La 4G a été lancée en novembre 2012, succédant ainsi à la 3G. Elle représente une avancée majeure dans le domaine des télécommunications, car elle marque l'entrée de l'internet mobile dans l'ère du très haut débit. Cette génération a permis une augmentation significative des débits de données et a

développé divers usages de l'internet mobile. Pour mieux comprendre cette évolution, il est important de considérer les générations précédentes. En 1986, la première génération (1G) a permis la réalisation d'appels vocaux basiques. Avec l'avènement de la 2G et du GSM, les communications vocales ont été améliorées, notamment à l'international, tout en introduisant la possibilité d'envoyer des SMS. En 2004, la 3G a permis l'accès à internet mobile grâce à la norme UMTS (Blondet, 2024).

La 4G repose sur la norme LTE (Long Term Evolution) et représente une véritable révolution en intégrant les appels vocaux sur Internet via la technologie voix sur IP. De plus, le multiplexage permet de transmettre simultanément plusieurs types d'informations sur un même canal, ce qui accroît la capacité de transmission de données. En 2015, la norme a évolué vers la 4G+, ou 4G LTE Advanced, qui améliore encore les performances des antennes-relais. Cette évolution permet l'agrégation de plusieurs fréquences, offrant ainsi une utilisation optimisée du spectre hertzien et des débits encore plus élevés (Blondet, 2024).

### **5.3. L'économie : Économie collaborative**

La structure décentralisée des systèmes énergétiques et de communication, caractéristique de la troisième révolution industrielle, notamment à travers l'émergence de l'internet des objets, a joué un rôle déterminant dans l'essor de l'économie collaborative. Ce phénomène, largement examiné par Jeremy Rifkin (2014), se manifeste par une transition vers un modèle économique axé sur le partage, la coopération et la solidarité entre les individus, qui constituent des valeurs fondamentales de cette nouvelle ère. Cette évolution s'accompagne d'un renforcement du sentiment communautaire et d'une valorisation du partage, privilégiant la coopération sur l'exclusion et l'accès sur la propriété. Les communaux collaboratifs, qui englobent des initiatives telles que le partage de ressources et l'entraide communautaire, illustrent cette dynamique émergente (Rifkin, 2014, p. 37-56).

Au cours de la troisième révolution industrielle, plusieurs tendances disruptives ont émergé, notamment le crowdsourcing, l'autopartage et la production additive (impression 3D). Ces pratiques ne se limitent pas à optimiser l'utilisation des ressources, mais elles encouragent également une culture de partage et de collaboration qui remet en question les modèles économiques traditionnels (Rifkin, 2014, p. 1). Par exemple, des plateformes comme BlaBlaCar, qui permet aux particuliers de covoiturer, et Turo, qui offre la possibilité de louer des voitures entre particuliers, illustrent cette nouvelle dynamique. Elles permettent aux individus de valoriser leurs actifs sous-utilisés tout en renforçant les liens sociaux.

L'économie collaborative se positionne également comme une réponse proactive aux défis climatiques contemporains. En proposant des solutions innovantes et durables face aux crises environnementales, elle démontre son potentiel à influencer positivement les comportements économiques et sociaux. Des études, telles que celles de Botsman et Rogers (2010) sur le « sharing economy », soulignent comment ces modèles peuvent réduire l'empreinte carbone et promouvoir une consommation plus responsable.

**Tableau 3 : La structure de la troisième révolution industrielle**

Éléments Clés	Détails	Dates
<b>Énergie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Énergies renouvelables (solaire, éolien, biomasse)</li> <li>- Smart grids (réseaux électriques intelligents)</li> <li>- Hydrogène</li> <li>- Émergence du Big Data (ascension des technologies d'apprentissage automatique)</li> </ul>	Années 2000-Présent
<b>Communication</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Internet et Web (fondements de la communication moderne)</li> <li>- Réseaux sociaux (Facebook, Twitter, etc.)</li> <li>- Plateformes de partage de vidéos (YouTube)</li> <li>- Plateformes de vidéo à la demande (Netflix, Hulu)</li> <li>- Encyclopédies collaboratives (Wikipedia)</li> <li>- Blockchain (émergence)</li> <li>- Internet des objets (émergence)</li> <li>- 4G (quatrième génération de téléphonie mobile)</li> </ul>	Années 1990-Présent
<b>Économie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Économie collaborative (BlaBlaCar, Turo)</li> <li>- Modèles économiques basés sur le partage et l'accès plutôt que la possession</li> </ul>	Années 2010-Présent
<b>Période</b>	Période de la révolution industrielle	Années 1990-Présent

**Source :** Le Tableau 3 est élaboré par le chercheur, auteur de cet article, dans le cadre de ses recherches.

## 6. Les éléments clés de la quatrième révolution industrielle

La quatrième révolution industrielle, souvent désignée comme l'Industrie 4.0, se distingue par l'intégration de technologies innovantes dans tous les domaines de la production et des services. Cette transformation entraîne une profonde évolution du paysage économique et social.

## 6.1. L'énergie : Innovations technologiques

La puissance de calcul, le big data et l'intelligence artificielle constituent des formes d'énergie dans le paysage contemporain, car elles alimentent des processus, des décisions et des innovations à travers divers secteurs.

L'essor de la puissance de calcul représente « une énergie computationnelle ». Selon la loi de Moore, énoncée par Gordon Moore en 1965, le nombre de transistors sur un microprocesseur double tous les deux ans. Cela génère une puissance de calcul exponentielle, permettant ainsi de traiter des quantités massives de données à des coûts de plus en plus réduits (Moore, 1985). Cette capacité est essentielle pour entraîner les systèmes d'intelligence artificielle, exécuter des algorithmes avancés, simuler des environnements complexes et résoudre des problèmes logiques. Cette dynamique énergétique est le fondement de l'innovation technologique, impactant tous les domaines de la société moderne, des infrastructures aux services.

Le Big Data peut être considéré comme « une énergie informationnelle ». Il représente le potentiel inexploité des données générées par l'Internet des objets et d'autres sources, qui peuvent être utilisées pour extraire des insights précieux. Chaque jour, d'énormes volumes de données sont collectés, alimentant ainsi les algorithmes d'apprentissage et constituant le moteur d'une compréhension approfondie des tendances et des comportements. En tirant parti de ces vastes ensembles de données, les entreprises peuvent maximiser leur efficacité opérationnelle et optimiser leurs processus décisionnels. De ce fait, cette énergie devient un levier stratégique incontournable pour innover et anticiper les besoins du marché.

L'intelligence artificielle représente une avancée majeure dans le domaine de la cognition, agissant comme une nouvelle forme d'« énergie cognitive ». Cette technologie simule des processus de pensée humaine, tels que l'apprentissage, la compréhension et la prise de décision. L'IA exploite la puissance de calcul et les données massives pour créer des modèles capables de résoudre des problèmes complexes, d'automatiser des tâches et même de générer de nouvelles idées.

À l'instar de la machine à vapeur qui a transformé le travail physique en automatisant des tâches, l'IA, notamment à travers des applications comme les IA génératives, redéfinit les tâches intellectuelles en automatisant des processus créatifs et analytiques. Par exemple, des outils tels que ChatGPT peuvent rédiger des articles, traduire des textes, générer des idées de contenu ou assister à la programmation en proposant des lignes de code. Dans le domaine de la recherche, les algorithmes d'IA sont capables d'analyser des milliers d'articles scientifiques pour déceler

des tendances et des lacunes, ce qui accélère considérablement le processus d'innovation. De plus, les systèmes de recommandation basés sur l'IA, comme ceux de Netflix ou Spotify, personnalisent l'expérience utilisateur en scrutant les préférences individuelles, rendant ainsi la découverte de nouveaux contenus plus intuitive et efficace. Ainsi, l'IA ne remplace pas seulement des tâches intellectuelles, elle les réinvente.

La puissance de calcul est essentielle pour traiter et analyser les données. Cette analyse est vitale pour le Big Data, qui représente une vaste quantité de données capable de générer des connaissances et des insights. En retour, le Big Data alimente l'intelligence artificielle, qui simule des processus intellectuels et prend des décisions basées sur ces analyses. Ainsi, la puissance de calcul permet d'exploiter le Big Data, qui est fondamental pour entraîner les systèmes d'IA (Koné, 2024).

## **6.2. La communication : Nouveaux paradigmes**

L'Internet des objets représente un jalon majeur dans la transformation communicationnelle au sein de la quatrième révolution industrielle. En permettant aux objets de communiquer entre eux, l'IoT crée un écosystème interconnecté où les données peuvent être échangées et analysées en temps réel. Cette interconnexion facilite non seulement la prise de décision, mais elle permet également l'automatisation des processus, optimisant ainsi l'efficacité opérationnelle dans divers secteurs, tels que l'industrie, la santé et les transports (Schwab, 2017). Par exemple, dans le secteur de la santé, des dispositifs connectés peuvent surveiller en continu les paramètres vitaux des patients, permettant une intervention rapide en cas d'anomalies (Miorandi et al., 2012).

Parallèlement, la réalité virtuelle (VR) et la réalité augmentée (AR) redéfinissent les paradigmes d'interaction numérique. Ces technologies offrent des expériences immersives qui transforment la manière dont les utilisateurs interagissent avec les données et les environnements numériques. En intégrant des éléments virtuels dans le monde réel ou en créant des environnements entièrement immersifs, la VR et l'AR ouvrent de nouvelles avenues pour l'engagement utilisateur, la formation professionnelle et la conception de produits (Schmalstieg & Hollerer, 2016). Par exemple, dans le domaine de la formation, des simulations en VR permettent aux employés de pratiquer des compétences dans un environnement sans risque, tandis que l'AR peut enrichir l'expérience d'apprentissage en superposant des informations contextuelles sur des objets physiques (Dünser et al., 2012).

Un autre élément clé de cette transformation est l'émergence de la technologie 5G, qui promet de révolutionner la communication en offrant des vitesses de transmission de données considérablement plus élevées et une latence réduite. La 5G permet non seulement une connectivité améliorée pour les appareils IoT, mais elle ouvre également la voie à des applications avancées telles que les véhicules autonomes, la réalité augmentée, la télémédecine et les villes intelligentes. Grâce à sa capacité à gérer un grand nombre de connexions simultanées, la 5G facilite l'intégration de technologies (Roche et al., 2018).

Ces innovations technologiques ne se contentent pas de modifier la manière dont nous communiquons, elles redéfinissent également les attentes des utilisateurs en matière d'interaction et d'engagement. À mesure que ces technologies continuent d'évoluer, il est nécessaire de considérer les implications éthiques et sociétales de leur adoption, notamment en ce qui concerne la vie privée, la sécurité des données et l'accessibilité (Zuboff, 2020).

### **6.3. Économie : L'ubérisation comme phénomène en plein essor**

L'ubérisation désigne l'interconnexion instantanée entre l'offre et la demande grâce à des technologies avancées (IoT, Big Data et IA). Elle transforme les relations entre prestataires de services et clients en favorisant des interactions directes et personnalisées grâce à des plateformes. Cela facilite l'accès à des services sur demande tout en optimisant les coûts et en améliorant l'expérience utilisateur. L'ubérisation est l'une des conséquences de l'économie collaborative, elle présente plusieurs spécificités notables :

- L'ubérisation se distingue de l'économie collaborative par le fait que les prestataires sont généralement des professionnels, contrairement aux services occasionnels proposés par des particuliers dans le cadre de l'économie collaborative (par exemple, les chauffeurs d'Uber par rapport aux conducteurs de Blablacar).
- Les plateformes de type ubérisé appliquent des commissions élevées sur les transactions, ce qui leur permet de réaliser des profits considérables et de renforcer leur position sur le marché. À l'inverse, la monétisation dans le cadre de l'économie collaborative est souvent moins structurée.
- L'ubérisation crée une concurrence déloyale pour les acteurs établis dans des secteurs traditionnels, comme le montre l'exemple d'Uber dans le domaine des taxis et d'Airbnb dans l'hôtellerie (Ferry, 2016, p. 17-18).
- L'ubérisation soulève des enjeux concernant la régulation des marchés et la protection des travailleurs, souvent laissés dans une zone grise sur le plan juridique. Des mesures,

telles que la création de statuts spécifiques pour les travailleurs de plateformes, pourraient s'avérer nécessaires (Fernandez, Y., 2019).

La quatrième révolution industrielle se caractérise aussi par des avancées dans la convergence NBIC (Nanotechnologies, Biotechnologies, Informatique et Sciences Cognitives), qui transforment les pratiques industrielles et médicales. La technologie CRISPR-Cas9 est utilisée pour effectuer des modifications génétiques, et des recherches sont en cours pour son application dans le traitement des maladies héréditaires. L'ingénierie cellulaire crée des tissus artificiels pour remplacer des organes défaillants. NEURALINK a développé des implants cérébraux pour restaurer la motricité chez des patients tétraplégiques et faciliter l'interaction avec des prothèses. L'impression 3D révolutionne la fabrication en produisant des prothèses sur mesure et des organes bio-imprimés, ce qui améliore la médecine régénérative. Le développement de prothèses bioniques intégrant des éléments électroniques illustre le potentiel des NBIC. Cependant, des défis éthiques et techniques subsistent avant l'intégration complète des NBIC, qui pourrait définir la cinquième révolution industrielle.

**Tableau 4 : La structure de la quatrième révolution industrielle**

Éléments Clés	Détails	Dates
<b>Énergie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puissance de calcul (poursuite de la loi de Moore)</li> <li>- Maturité du Big Data avec l'IoT</li> <li>- Maturité de l'IA avec le Deep Learning</li> </ul>	Années 2010- Présent
<b>Communication</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Internet des objets (maturité)</li> <li>- Réalité virtuelle (VR) et réalité augmentée (AR)</li> <li>- 5G (cinquième génération de téléphonie mobile)</li> </ul>	Années 2010- Présent
<b>Économie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'ubérisation (modèles économiques disruptifs)</li> </ul>	Années 2010- Présent

**Source :** Le Tableau 4 est élaboré par le chercheur, auteur de cet article, dans le cadre de ses recherches.



## **7. La Révolution industrielle actuelle : Troisième ou quatrième ?**

### **7.1. Les arguments en faveur de la troisième révolution industrielle**

La période que nous vivons actuellement suscite des débats importants concernant sa classification en tant que troisième ou quatrième révolution industrielle. Un des arguments clés en faveur de sa désignation en tant que troisième révolution industrielle réside dans la temporalité des révolutions industrielles passées. Historiquement, le laps de temps entre chaque révolution industrielle est d'environ un siècle (Ferry, 2016, p. 114). Cela suggère que le monde pourrait encore être en train de véritablement digérer et s'adapter aux changements et aux innovations introduits par la troisième révolution industrielle, principalement centré sur l'avènement de l'informatique et de l'automatisation.

De surcroît, le phénomène de « destruction créatrice » de Joseph Schumpeter (1934) peut également soutenir l'argument selon lequel nous ne sommes pas encore clairement entrés dans une nouvelle phase révolutionnaire. Dans ce cadre, Schumpeter stipule que l'innovation entraîne à la fois la destruction de certains emplois et la création d'autres, ce qui est représentatif des mutations profondes qui ont caractérisé la troisième révolution industrielle. Les changements dans les modèles d'emploi et les dynamiques de l'économie globale font ainsi écho aux transformations déjà mises en œuvre durant cette période, renforçant l'idée que nous pouvons toujours être en train de vivre les effets systémiques de cette révolution.

### **7.2. Les arguments en faveur de la quatrième révolution industrielle**

À l'opposé, de nombreux experts plaident que nous sommes engagés dans une quatrième révolution industrielle, identifiable par la rapidité et la profondeur des changements technologiques. Klaus Schwab (2017) souligne que cette nouvelle phase est marquée par la confluence de technologies novatrices, telles que l'intelligence artificielle, l'Internet des objets et la biotechnologie, qui transforme profondément la manière dont l'économie et la société fonctionnent. Cette dynamique des technologies numériques est sans précédent et apparaît comme une rupture par rapport aux révolutions précédentes, où les innovations étaient plus linéaires et moins interconnectées.

En outre, l'interconnexion et la convergence des technologies actuelles entraînent un impact synergique sur les systèmes économiques et sociaux. La quatrième révolution industrielle repose sur l'interaction entre les mondes physique, numérique et biologique. Ces changements interconnectés ont des implications qui dépassent l'amélioration des processus de production. Ils affectent également la communication, la consommation d'énergie, la mobilité et les

relations humaines. Par conséquent, les défis et les opportunités de cette ère technologique dépassent les attentes de la troisième révolution industrielle. Cette évolution transforme les paradigmes traditionnels en matière d'économie, d'éducation et d'interaction sociale (Schwab, 2017). La quatrième révolution industrielle appelle également à une réflexion éthique et à une régulation proactive, afin de garantir que les bénéfices de ces avancées technologiques soient équitablement répartis et que les risques associés, tels que la perte d'emplois ou la protection des données personnelles, soient efficacement gérés.

## 8. Conclusion

L'analyse des révolutions industrielles, à travers le prisme de la convergence de l'énergie, de la communication et de l'économie, offre une perspective éclairante sur l'évolution des sociétés humaines. Chaque révolution a apporté des innovations majeures qui ont redéfini les modes de production, de communication et de consommation, entraînant des transformations profondes des structures sociales et économiques.

- **Première révolution industrielle :** L'introduction de la machine à vapeur et la naissance de l'usine ont marqué le début d'une ère de mécanisation.
- **Deuxième révolution industrielle :** Cette période a consolidé des avancées en électricité et en communication, favorisant l'essor des multinationales.
- **Troisième révolution industrielle :** Elle a été caractérisée par l'émergence de l'Internet, des énergies renouvelables et de nouveaux modèles économiques, tels que l'économie collaborative.

À l'aube de la **quatrième révolution industrielle**, nous assistons à une synergie inédite entre l'intelligence artificielle, le Big Data et l'Internet des objets. Ces innovations ont le potentiel de transformer considérablement les systèmes économiques et de communication, tout en redéfinissant notre rapport à l'énergie.

Depuis la troisième révolution industrielle, débutée dans les années 1970 avec les technologies de l'information, le temps entre les révolutions industrielles s'est réduit. Les deux premières révolutions industrielles se sont étendues sur plusieurs décennies. En revanche, la transition vers la troisième a été rapide en raison de l'essor des ordinateurs et d'Internet. La quatrième révolution industrielle se caractérise par l'intégration des technologies numériques, physiques et biologiques, ce qui a provoqué des changements structurels en quelques années. Par ailleurs,

la mondialisation et l'interconnexion des marchés favorisent également une diffusion rapide des technologies, transformant ainsi les paradigmes économiques et sociaux à un rythme inégalé.

**La cinquième révolution industrielle** s'annonce avec d'importantes implications énergétiques, grâce à la convergence NBIC. Cette transformation pourrait intégrer des nanomatériaux pour l'optimisation des systèmes photovoltaïques, ainsi que la création de biocarburants à partir de déchets organiques. La maturité des innovations comme CRISPR-Cas9, est susceptible de transformer la médecine génomique. Parallèlement, l'intégration croissante d'organes électroniques pourrait favoriser l'émergence de l'homme bionique. De plus, l'informatique quantique promet des progrès dans la recherche pharmaceutique et l'intelligence artificielle.

Sur le plan de la communication, la technologie 6G permettra des échanges de données à des vitesses ultrarapides et avec une latence quasi nulle. Cela favorisera un environnement immersif, enrichi par les hologrammes et la réalité augmentée avancée. Les villes intelligentes, soutenues par cette connectivité, transformeront les interactions sociales. Des androïdes, conçus pour une communication naturelle avec les humains, viendront renforcer cette dynamique. Les systèmes de communication quantique garantiront la sécurité des échanges d'informations.

Économiquement, un paradigme basé sur l'économie circulaire et la collaboration homme-machine pourrait émerger. L'industrie 5.0, axée sur la durabilité, permettrait une approche éthique et responsable dans la production, avec l'utilisation de robots collaboratifs dans des usines intelligentes.

**La sixième révolution industrielle** pourrait introduire la fusion contrôlée comme source d'énergie renouvelable, tandis que l'intelligence artificielle générale optimisera la gestion des réseaux énergétiques. L'apogée des technologies NBIC pourrait engendrer des individus modifiés, tels que les mutants, la généralisation des hommes bioniques et les cyborgs. Les mutants évoluent grâce à des modifications génétiques, les hommes bioniques intègrent des éléments artificiels pour améliorer leurs fonctions, et les cyborgs combinent le biologique et le mécanique (DE ROSNAY, 2015).

Les interfaces cerveau-machine transformeront les interactions humaines, permettant des communications directes par la pensée. La robotique autonome et les systèmes hyperloop réinventeront la mobilité et les infrastructures industrielles.

Enfin, l'introduction d'un revenu universel pourrait répondre aux défis de l'automatisation. Les gouvernements pourraient financer des initiatives communautaires avec les bénéfices des

technologies automatisées. Cela garantirait un niveau de vie décent pour la population. Toutefois, un modèle économique hypercapitaliste pourrait également émerger. Ce modèle risquerait de concentrer le pouvoir entre les mains de géants technologiques. Une telle dynamique risquerait d'accentuer les inégalités et d'affaiblir l'intervention des États, menaçant la souveraineté nationale au profit d'une gouvernance mondiale dominée par des intérêts privés. Ces futurs potentiels soulèvent des questions éthiques, sociales et environnementales essentielles. Les interactions complexes entre énergie, communication et économie continueront de conditionner le développement technologique ainsi que le modèle de société. Dans ce contexte, quelles stratégies durables et inclusives pourraient être adoptées pour optimiser les avantages des révolutions industrielles à venir, tout en intégrant les enjeux éthiques, sociaux et environnementaux qu'elles engendrent ?

## Références

Billinghurst, M., & Duenser, A. (2012). Augmented Reality in the Classroom. *Computer*, 45 (11), 56-63. <https://doi.org/10.1109/MC.2012.111>.

Blondet, M. (2024, 10 juin). C'est quoi la 4G et comment ça marche ? Ariase. <https://www.ariase.com/mobile/dossiers/4g>.

Botsman, R., & Rogers, R. (2010). *What's Mine Is Yours: The Rise of Collaborative Consumption*. Harper Business.

Castells, M. (2012). *Networks of Outrage and Hope: Social Movements in the Internet Age*.

DE ROSNAY, J (2015). Vers la fusion homme-machine. Un Web en symbiose avec notre cerveau et notre corps. *Sociétés*, 2015/3 n° 129. pp. 41-47. <https://doi.org/10.3917/soc.129.0041>.

Engels, F. (1845). *La situation de la classe ouvrière en Angleterre en 1844*.

Fernandez, Y. (2019). Réflexion sur l'ubérisation des professions réglementées: Conséquences juridiques d'un nouveau modèle économique. In H. Simonian-Gineste & S. Torricelli-Chrifi (Eds.), *Les professions (dé)réglementées* (pp. 1-). Presses de l'Université Toulouse Capitole. <https://doi.org/10.4000/books.putc.6116>.

Ferry, L. (2016). *La révolution transhumaniste*. Plon.

Geels, F. (2005). Processes and Patterns in Transitions and System Innovations: Refining the Co-Evolutionary Multi-Level Perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 72(6), 681–696. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2004.08.014>.

Hobsbawm, E. J. (1962). *The Age of Revolution: 1749-1848*. Weidenfeld & Nicolson.

Hughes, A. (1983). Book Review: Analysis of Electrical Machines. *International Journal of Electrical Engineering & Education*, 20(3), 281-282. <https://doi.org/10.1177/002072098302000322>.

Jenkins, H. (2006). *Convergence Culture: Where Old and New Media Collide*. New York University Press.

- Koné, A. (2024). La convergence de l'internet des objets, du big data et de l'intelligence artificielle. *International Journal of Applied Management and Economics*, 2(8).  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.11653470>.
- Lih, A. (2009). *The Wikipedia Revolution: How a Bunch of Nobodies Created the World's Greatest Encyclopedia*. Hyperion.
- McLuhan, M. (1965). *Understanding Media: The Extensions of Man*. W. Terrence Gordon.
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of Things: Vision, Applications and Research Challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497-1516.  
<https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>.
- Mokyr, J. (1992). The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 12(3), 183.  
<https://doi.org/10.1177/027046769201200318> [Original work published 1990].
- Moore, G. E. (1965). Cramming More Components onto Integrated Circuits. *Electronics Magazine*, 38, 114-117.
- Piketty, T. (2014). *Capital in the Twenty-First Century* (A. Goldhammer, Trans.). The Belknap Press of Harvard University Press.
- Rifkin, J. (2012). *La troisième révolution industrielle : Comment le pouvoir latéral va transformer l'énergie, l'économie et le monde*. Les Liens Qui Libèrent.
- Rifkin, J., & al. (2014). *La nouvelle société du coût marginal zéro : L'Internet des objets, l'émergence des communaux collaboratifs et l'éclipse du capitalisme*. Les Liens Qui Libèrent.
- Roche, E. M., Dickens-Jr, B. H., & Townes, W. (2018). La prochaine génération de téléphonie mobile (5G) et ses implications (Infrastructure, Réglementation). *Netcom*, 32-1/2, 139-162. <https://doi.org/10.4000/netcom.2869>.
- Schmalstieg, D., & Höllerer, T. (2016). *Augmented Reality: Principles and Practice*. Pearson Professional.
- Schwab, K. (2017). *La quatrième révolution industrielle*. DUNOD.
- Standage, T. (1998). *The Victorian Internet: The remarkable Story of the Telegraph and the Nineteenth Century's Online Pioneers*. Walker and Co.
- Stiglitz, J. E. (2015). *La grande fracture : Les sociétés inégalitaires et ce que nous pouvons faire pour les changer*.
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World*. Portfolio.
- Zuboff, S. (2020). *L'âge du capitalisme de surveillance: Le combat pour un avenir humain face aux nouvelles frontières du pouvoir*.