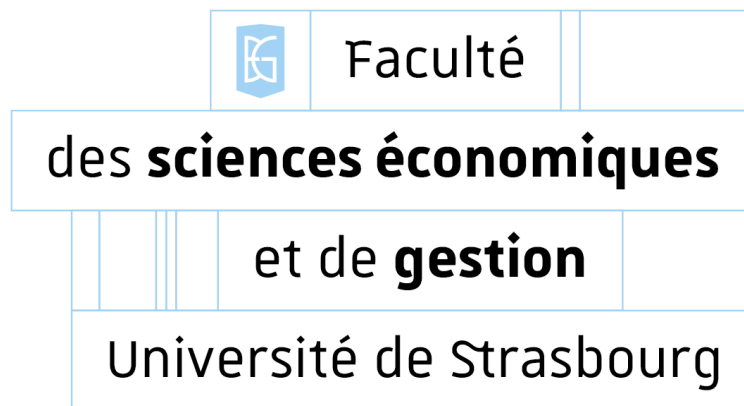


# L'accélération de la Recherche et du Développement grâce à l'Usage des Intelligences Artificielles: Analyse, Enjeux et Perspectives

Valentin Barthel

9 mars 2024



Comment les Intelligences Artificielles sont-elles utilisées en tant que procédé d'accélération pour la recherche et le développement ?

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Le rôle des IA pour la diffusion de la connaissance</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Réponses des IA aux outils de Collecte de Données et Méthodes d'Inférence pour la Recherche scientifique</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>L'émergence des Réseaux de Neurones Artificiels et des IA génératives aux disciplines scientifiques</b>	<b>7</b>
4.1	L'application des Réseaux de Neurones Artificiels . . . . .	7
4.1.1	Les RNA : catalyseur de la recherche? . . . . .	7
4.1.2	Implications et applications concrètes des méthodes des RNA en science . . . . .	8
4.2	Le rôle des IA génératives . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Inscription de l'IA dans le cercle vertueux de l'innovation</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Conclusion et Discussion</b>	<b>12</b>

# 1 Introduction

Le début du XXIe siècle est marqué par une 4e révolution industrielle (Schwab, 2017), se caractérisant par l'intégration croissante de technologies numériques avancées telles que les Technologies de l'Information et de la Communication, la Blockchain dans le cadre des systèmes de sécurité, la robotique ou encore l'Intelligence Artificielles (IA) avec les méthodes de Machine Learning (ML) pour la surveillance<sup>1</sup>. Conformément aux cycles de Kondratiev, nous retrouvons bien en début de cette révolution numérique, une structure de révolution comparable aux conséquences des paradigmes technologiques précédents. La révolution du numérique mène à de nouvelles normes et perspectives, notamment dans le cadre de nouvelles formes d'interaction et d'échanges d'informations menant à de profondes mutations au sens de K. Schwab dans le cadre de l'intégration de l'utilisation des technologies numériques au quotidien. À l'aide de ces nouvelles technologies issues de cette quatrième révolution industrielle, nos processus de production ont par ailleurs évolué en passant à un modèle 4.0, minimisant les coûts de production et le nombre de pièces défectueuses à l'aide d'un contrôle en temps réel de la qualité et d'automatisation de haute précision. Par ailleurs, le secteur du service subit une transformation, passant à une automatisation des services et une personnalisation de masse à l'aide d'informations collectées, d'algorithmes de classification et de l'analyse des préférences individuelles. L'expérience client se verra modifiée, notamment par le biais de technologies immersives et d'une connectivité accrue, permettant d'accéder plus rapidement à un plus grand nombre de services mais également d'en améliorer l'efficacité. Le progrès technique est un moteur essentiel pour la production de biens et de services, et par conséquent de croissance économique via l'amélioration de la productivité, la réduction des coûts de production ou encore la création de nouveaux marchés et d'industries. Cependant, les secteurs de la production de biens et de services industriels ne sont pas les seuls secteurs impactés. En effet, ces avancées en matière d'IA auront également un impact sur les procédés de Recherche et de Développement (R&D) pour le développement d'innovations. Dans cette revue de littérature, nous allons nous intéresser à comment l'émergence de l'IA, à l'image de l'efficacité pour la production industrielle, peut contribuer au progrès technique par le biais de l'amélioration des processus de R&D. Nous allons voir dans un premier temps, comment ces outils sont utilisés pour améliorer les performances de diffusion de connaissance. Nous verrons ensuite, comment les IA jouent

1. Lorsque l'on parle de surveillance dans le contexte de l'IA nous faisons référence à la collecte, à l'analyse et à l'utilisation de données pour surveiller et suivre les activités, les comportements ou les informations liées à des individus, des groupes ou des systèmes.

un rôle en tant qu'outil d'inférence statistique pour l'analyse de données et plus largement l'assistance des réseaux de neurones dans les différents champs scientifiques, notamment pour l'aide à la décision. Enfin, nous verrons que l'IA s'inscrit parfaitement en tant qu'outil de productivité scientifique dans le cadre du cercle vertueux d'innovation, menant à une cinquième révolution industrielle.

## 2 Le rôle des IA pour la diffusion de la connaissance

Il y a de nombreuses applications en IA dans le cadre de la diffusion des connaissances. En particulier, il existe de nombreuses plateformes et moteurs de recherche qui implémentent l'IA, permettant de faciliter significativement le processus de recherche et de partage des connaissances. Parmi ces outils, on peut citer certains moteurs de recherche académiques (Google Scholar entre autres) qui permettent à des chercheurs du monde entier d'accéder à un grand nombre de sources académiques. Google Scholar utilise des Information Retrieval models (IR models) afin de trouver les articles les plus pertinents à partir de mots-clés fournis au moteur de recherche. Cet outil va permettre d'une part de faciliter la recherche de publications intéressantes pour le chercheur, avec des résultats triés selon la pertinence, le nombre de citations, l'auteur notamment, mais également de fournir un accès rapide aux publications en ligne. D'autre part, Google scholar, à l'aide de son IR model va également pouvoir être utilisé pour créer des communautés scientifiques à partir de thématiques de recherche communes, d'un principe de citation, de reconnaissance et de visibilité. Ainsi, nous pouvons affirmer que la contribution des outils pour la diffusion, tels que Google Scholar, est importante et permet d'accroître drastiquement le processus de recherche. Parmi d'autres outils de recherche académique basés sur l'IA, nous pouvons citer le moteur de recherche Microsoft Academic (et son successeur OpenAlex depuis 2022) ou encore l'outil Semantic Scholar. Microsoft Academic recensait plus de 260 millions de publications (dont 88 millions parues dans des revues à comité de lecture) en open data (c'est-à-dire librement accessibles). Le moteur de recherche de Microsoft Academic basait ses résultats de recherche sur des techniques de ML et d'inférence sémantique, appliquées à des données obtenues sur le moteur de recherche généraliste de Microsoft, Bing. Semantic Scholar est un outil de recherche académique alimenté par IA, indexant plus de 200 millions d'articles de recherche universitaire. Semantic Scholar propose des fonctionnalités de recherche avancées, telles que de courts résumés des points les plus importants et des résultats des articles in-

dexés grâce à des techniques de NLP (Natural Language Processing). Semantic scholar permet également de stocker et organiser des papiers sélectionnés dans une bibliothèque en ligne, puis fournit des recommandations personnalisées d'articles en fonction des articles ajoutés à la bibliothèque (également à travers l'utilisation d'IA). Ces exemples d'applications d'IA pour favoriser et faciliter le processus de recherche académique sont d'une importance particulière dans le contexte de l'innovation, si on tient compte du lien étroit entre recherche académique et innovation. Ceci est d'une importance particulière dans l'étude de l'innovation, étant donné le rôle central qu'y joue la recherche académique. En effet, pour illustrer l'importance de la recherche fondamentale dans le processus innovatif nous pouvons citer des exemples tels que l'industrie de l'armement, l'industrie pharmaceutique qui ont un lien étroit avec le monde académique dans leurs efforts de R&D. Empiriquement, on peut également observer que lorsque des entreprises déposent des brevets, ces dernières citent très souvent des sources universitaires dans le processus de développement de leurs brevets. Ainsi, nous avons vu dans cette section que la recherche fondamentale stimule la recherche appliquée et que l'IA joue un rôle essentiel en favorisant la diffusion des connaissances, en particulier en utilisant de plus en plus les méthodes d'IA pour trouver des articles pertinents et rendre les recherches plus efficaces. Nous verrons dans la section suivante que l'IA joue également un rôle dans la compréhension de problèmes et l'optimisation de systèmes complexes.

### **3 Réponses des IA aux outils de Collecte de Données et Méthodes d'Inférence pour la Recherche scientifique**

Dans le cadre de la recherche scientifique, la collecte de données est l'une des premières étapes indispensables afin d'établir une découverte par le biais de compréhension d'un système, d'établir des hypothèses et obtenir des résultats qui valideront ou non ces hypothèses. Il est donc nécessaire de déployer des outils qui permettront de traiter un grand nombre de données rapidement et de développer des procédés efficaces afin d'effectuer des analyses dans le cadre d'une démarche scientifique. Pour répondre à une problématique, des procédés tels que l'extraction de données sur différents supports à l'aide d'outils s'offrent aux chercheurs. Parmi ces outils nous retrouvons des capteurs, des méthodes de Web scraping ou encore l'utilisation d'API (Interfaces de Programmation Applicatives) qui s'avèrent particulièrement efficaces pour la collecte et l'utilisation des données. L'utilisation de ces

outils dans des objectifs de la compréhension de systèmes est essentielle à la modélisation. Ces modélisations se feront souvent par des outils de ML à l'aide de données qui serviront à l'explication et la prédiction de phénomènes naturels ou sociologiques, des étapes importantes pour la prise de décisions qui viendront en amont. Pour illustrer nos propos, nous pouvons nous intéresser aux recherches effectuées dans le cadre de l'économie de l'environnement, plus particulièrement sur l'empreinte environnementale des Data centers aux Etats-Unis ([Siddik, Shehabi and Marston, 2021](#)). Des chercheurs États-Uniens se sont intéressés aux diverses externalités générées par les Data centers et leur effet sur l'environnement pour ensuite mettre un point d'honneur sur l'intérêt du déploiement stratégique de ceux-ci en prenant en compte le facteur environnemental. Dans cet article, il est intéressant d'observer la construction d'indicateurs afin d'estimer les besoins énergétiques totaux, l'efficacité de la consommation énergétique, la consommation électrique, l'évaluation des dépenses électrique pour le traitement de l'eau. L'originalité de ce papier réside également dans l'utilisation des données spatiales qui joueront un rôle clef dans cette étude. En effet, l'utilisation de données spatiales permet pour ces Data centers de construire ces indicateurs à partir de leur localisation [Data Center Map](#), leur besoin énergétique ainsi que l'observation des tendances météorologiques locales. Ces données permettent d'identifier les zones où les besoins énergétiques et de refroidissement des Data centers sont les plus élevés ainsi que la localisation où leur déploiement seront susceptibles d'avoir un impact négatif sur l'environnement. L'identification de ces régions aura un intérêt pour la recherche de solutions afin de réduire cet impact et serviront à la prise de décision.

Nous avons vu dans cette section, l'intérêt des outils de ML pour traiter et trouver des solutions à des problèmes complexes dans le cadre de recherche académique. Cependant, ces méthodes de résolution de problème afin d'approcher des optima peuvent s'utiliser pour la recherche appliquée ou dans des cas plus spécifiques, notamment dans le cadre d'études comportementales et de besoin du marché. En effet, la récupération de données et leur traitement grâce aux techniques de ML permettent de fournir des informations, notamment dans le cadre de l'identification des besoins des agents, les lacunes sur les marchés et les opportunités exploitables. Les IA trouveront donc également leur place dans l'analyse des structures complexes dans le cadre de la recherche appliquée. Nous verrons dans la section suivante comment ces outils de ML, et plus particulièrement les Réseaux de Neurones Artificiels (RNA) pourront être déployés dans le cadre de la R&D dans les différents champs scientifiques et quels seront leurs effet et rôle pour la prise de décision.

## 4 L'émergence des Réseaux de Neurones Artificiels et des IA génératives aux disciplines scientifiques

Les dernières années ont été marquées par une adoption importante des IA dans les méthodes scientifiques. En effet, ces technologies représentent un accroissement de la productivité et des possibilités pour les chercheurs, les rendant indispensables. Il est donc légitime de se demander comment l'IA influence la façon dont la recherche est menée, en considérant les RNA dans le cadre des outils de Deep Learning, notamment les IA génératives avec Large Languages Models (LLM). Nous mettrons l'accent dans cette section sur le rôle de ces outils et leurs applications concrètes dans le processus de R&D, ainsi que les avancées permises et leurs éventuelles limites.

### 4.1 L'application des Réseaux de Neurones Artificiels

#### 4.1.1 Les RNA : catalyseur de la recherche ?

Premièrement formalisé dans les années 1950, le concept de réseau neuronal artificiel s'inspire étroitement du fonctionnement des neurones biologiques avec le premier perceptron de Frank Rosenblatt ([Rosenblatt, 1958](#)). A l'image des neurones biologiques, les RNA communiquent via des synapses, les neurones le composant remplissent des fonctions bien spécifiques et s'appuient sur une structure par couches nodales. La couche d'entrée reçoit les informations brutes, étape équivalente à celle du traitement de différents signaux par les neurones biologiques. Les sorties d'informations d'une couche vont être par la suite transmises à la suivante via une fonction de transfert, la dernière couche fournissant les résultats du système. La diversité des tâches que les méthodes basées sur les RNA ont la capacité d'accomplir, en citant la modélisation et la prédiction, l'analyse d'images et des vidéos, la recherche génomique et l'optimisation comme exemples non-exhaustifs, témoigne de leur adéquation en tant qu'outil adapté aux problématiques scientifiques très variées. L'intérêt pour l'utilisation des RNA a connu une augmentation significative au cours des dernières années. [Bianchini, Müller and Pelletier \(2022\)](#) procèdent à une analyse de la diffusion de cette technologie émergente aux différents champs scientifiques, ainsi que de son impact dans le processus de recherche et de découverte scientifique. Pour la recherche, ces méthodes sont employées dans l'identification et la prédiction des connaissances pertinentes pour le chercheur. Quant à la dimension de découverte, les RNA visent essentiellement à prédire les

#### 4.1 L'application des Réseaux de Neurones Artificiels

éléments qui pourraient être combinés pour produire de nouvelles connaissances. En effet, comme le graphique suivant le montre (*cf. Figure 1*), les trois dernières décennies ont été caractérisées par un accroissement des publications scientifiques sur les méthodes des RNA (ligne bleue), ainsi que par une augmentation du taux de croissance de ce même type de publications depuis 2010, notamment dans les domaines de la technologie et des sciences physiques (ligne orange). En s'appuyant sur l'évolution du taux de croissance, les auteurs établissent un point commun avec le concept de cycle « double-boom » caractérisant la diffusion des nouvelles technologies du domaine d'origine dans les domaines d'application. Le taux de croissance semble bien vérifier les trois étapes : une étape initiale de développement théorique, un recul généré souvent par l'incapacité de dépasser la dimension théorique, et une étape marquée par des efforts continuels donnant naissance à de véritables avancées pratiques. Les résultats de leur étude empirique pour le domaine des sciences de la santé révèlent certains points intéressants concernant l'utilisation des RNA : les publications incluant des méthodes de RNA ont un impact scientifique plus important relativement à celles n'en incorporant pas, mais il y a de l'incertitude liée à cet impact. Ces papiers sont aussi associés à une baisse du degré de nouveauté, ce qui a mené les auteurs à conclure que pour les scientifiques les RNA jouent le rôle d'un outil d'exploration des pistes de recherche déjà bien définies au sein des domaines concernés. Nous pouvons donc observer qu'en dépit d'un rôle incontestable dans le processus scientifique, l'emploi des RNA s'accompagne de quelques limites notables liées à une certaine ambiguïté autour de leur impact et à une faible capacité de générer de nouvelles combinaisons interdisciplinaires, que nous allons d'ailleurs détailler dans la conclusion. Dans la section suivante nous mettrons l'accent sur les applications scientifiques pratiques développées à l'aide des méthodes de RNA.

##### 4.1.2 Implications et applications concrètes des méthodes des RNA en science

En s'intéressant à l'amélioration des processus de R&D à la suite de l'emploi des méthodes de RNA pour la recherche, nous pouvons mettre en évidence de nombreuses applications pratiques permises par celles-ci. [Xu, Liu, Cao, Huang, Liu, Qian, Liu, Wu, Dong, Qiu et al. \(2021\)](#) soulignent la diversité des domaines concernés et des innovations existantes en passant par les sciences médicales, la géoscience ou encore la science des matériaux. Au niveau des sciences médicales, un exemple pertinent est le dispositif IA IDx-DR qui permet de prédire la rétinopathie diabétique, ou encore l'application SkinVision, utilisée pour la détection des cancers de la peau. En ce qui concerne la science des matériaux, les méthodes des



## 4.2 Le rôle des IA génératives

RNA représentent une méthode de criblage virtuel à haut débit permettant l'amélioration du design des matériaux et la baisse des coûts liés aux simulations théoriques et empiriques. Pour la géoscience, l'emploi des RNA dans la prévision de la demande et de la capacité d'eau conduit à une diminution considérable des coûts opérationnels pour les réseaux d'eau urbaine. De plus, certaines méthodes de RNA sont utilisées pour saisir avec une grande précision les effets du changement climatique. Plus précisément, cela permet aux scientifiques de détecter les variations de couleurs des coraux à travers l'analyse des images des récifs en eau peu profonde. En chimie analytique et en physique, les algorithmes de DL sont utilisés pour exploiter de très larges volumes de données en chromatographie et spectroscopie. Par exemple, dans le contexte de la diffusion Raman, une technologie de spectroscopie vibratoire puissante employée pour l'identification des analytes, des réseaux de neurones convolutifs ont été déployés pour repérer des caractéristiques dans les spectres de Raman, permettant ainsi la découverte de nouvelles molécules. Tous ces exemples non-exhaustifs témoignent donc de la variété des utilisations envisageables pour les RNA, tout en soulignant la multiplicité des acteurs et des contextes concernés. Que ça soit pour la création de nouveaux dispositifs, l'optimisation des processus ou bien la meilleure prise en compte des enjeux sociétaux actuels, l'intégration des méthodes de RNA a conduit à de véritables innovations au sein de nombreuses disciplines scientifiques. Cela est en cohérence avec le caractère de « méthode générale émergente d'invention » que [Bianchini et al. \(2022\)](#) associent à l'IA.

## 4.2 Le rôle des IA génératives

[Bilgram and Laarmann \(2023\)](#) offrent une typologie des usages de modèles conversationnels pour favoriser le processus d'innovation : selon les auteurs, les LLM tels que ChatGPT peuvent jouer un rôle tant bien dans le front end, la phase initiale de l'innovation, que dans l'élaboration de prototypes de certains produits, telles que des applications. Dans un premier temps, les auteurs mettent en avant l'usage de modèles conversationnels dans l'élaboration d'analyses préliminaires sur l'environnement des affaires. En effet, ils montrent que des modèles tels que ChatGPT permettent d'effectuer des analyses PESTEL (sur l'environnements Politique, Économique, Socioculturel, Technologique, Écologique, Légal) ou SCAMPER (Substitute, Combine, Adapt, Modify, Put to another use, Eliminate, Reverse, une méthode de pensée créative) de façon bien plus rapide et tout aussi efficace qu'elles sont menées traditionnellement au sein de firmes. Les auteurs réussissent également à créer des profils types de clientèle et à identifier des besoins potentiels au sein d'un projet. Les

#### 4.2 Le rôle des IA génératives

exemples précédents mettent en avant le rôle que peuvent jouer les IA génératives dans la partie explorative du front end innovatif. Les auteurs mentionnent également le potentiel qu'ont les LLM dans la phase de création d'idées, bien que ces dernières manquent encore de réelle créativité et d'originalité (un reproche souvent fait aux LLM, qui basent leur fonctionnement sur un corpus d'information pré-existant). D'autre part, Bilgram et Laarman mettent en avant le rôle des IA génératives dans une phase avancée du processus innovatif, à savoir la création de prototypes digitaux. Dans le papier, les auteurs décrivent leur processus itératif de création d'une application pour propriétaires de voitures BMW. À l'aide d'instructions précises pour guider le modèle d'IA, les auteurs ont réussi à programmer un prototype fonctionnel pour l'application souhaitée et ceci sans avoir de connaissances en programmation. Par cet exemple, les auteurs mettent en lumière les importants gains en efficacité et en productivité qui sont à attendre dans le processus innovatif grâce aux modèles conversationnels. En effet, il aurait été impensable il y a quelques années de produire un prototype d'application, une des dernières étapes avant l'implémentation sur le marché d'un produit, avec une telle efficacité et sans même avoir recours à de la main-d'œuvre spécialisée dans le domaine. Les exemples évoqués dans cet article montrent que les LLM pourraient significativement accélérer le processus de la R&D, et prochainement, affecter davantage l'ensemble des étapes du processus de la publication scientifique. Par ailleurs, l'usage de ces IA génératives pourrait permettre l'acquisition de nouvelles compétences et d'une assistance en corrélation avec celles exigées pour l'adaptation des nouvelles générations de chercheurs aux nouvelles compétences techniques, notamment dans le cadre d'expériences simulées et d'apprentissage par renforcement.

Cependant, malgré les avantages incontestables des agents conversationnels au niveau de la recherche, dont notamment l'accélération du processus d'innovation par une diminution du temps de publication et la multiplication des perspectives scientifiques (Van Dis, Bollen, Zuidema, van Rooij and Bockting, 2023), cette approche présente quelques limites substantielles liées à la dimension créatrice. En effet, les auteurs soulignent qu'en utilisant les LLM dans la recherche scientifique, les chercheurs s'exposent au risque d'introduire dans leurs papiers des informations fausses et de nombreux biais. Un autre défi à relever est constitué par le plagiat, ce qui renvoie naturellement à la question : Quelle est la vraie source de l'innovation ? Comme mis en avant par l'article, le problème réside dans le fait que le modèle GPT reproduit du contenu déjà enregistré sans en citer les sources, ce qui pose à la fois le problème du plagiat involontaire et du partage non-consenti de certaines idées propres, qui pourraient être reprises par la suite par d'autres chercheurs. Par ailleurs, à ce jour les

informations reçues par ChatGPT et autres LLM peuvent potentiellement être fausses ou partiellement justes, nous menant à suivre un arbre de décision précis afin de proposer une production à valeur scientifique (cf. *Figure 2*)

## 5 Inscription de l'IA dans le cercle vertueux de l'innovation

Nous avons vu dans les sections précédentes que les IA permettaient d'améliorer la diffusion de la connaissance et qu'il y avait un intérêt à les utiliser dans les processus de R&D, permettant ainsi l'accroissement générale de la productivité pour les découvertes scientifiques. Nous verrons dans cette section que cette hausse du progrès technique conduit par les premières révolutions industrielles mène vers un système d'innovation en cascade. Ce système d'innovation issu des principes d'accumulation des connaissances suppose que les révolutions industrielles s'engrènent et déclenchent une série de développements subséquents. Cette approche s'avère intéressante puisqu'elle permet de justifier l'importance de l'IA en tant que mécanisme clé dans cette quatrième révolution industrielle ainsi que les suivantes, dans lesquelles de nouveaux moyens seront déployés pour les améliorations de procédés de R&D. Les innovations de la quatrième révolution industrielle telles que les IA sont dépendantes des innovations de la révolution précédente. En effet, l'apport dans le domaine de l'électronique durant la deuxième moitié du XXe siècle a été une avancée majeure et nécessaire pour le développement des intelligences artificielles qui ont émergé dès la fin du XXe siècle. Ces avancées découlent en partie de l'effet cascade entre le développement du software et du hardware. Assurément, des contraintes techniques en termes de matériel pour les applications algorithmiques sont rapidement apparues, donnant lieu aux multiples « Hivers de l'IA ». Les activités de la deuxième partie du XXe siècle ont montré qu'il était autant nécessaire de développer le software que le hardware, menant à une amélioration synergique entre ces derniers. L'apparition des intelligences artificielles durant la quatrième révolution industrielle semble provenir de la révolution industrielle antérieure mettant en œuvre les moyens électroniques et de nouvelles méthodes algorithmiques servant de prémices aux intelligences artificielles du XXe siècle. Les IA servent aujourd'hui comme moteur de progrès pour les ordinateurs quantiques, les technologies qui candidatent à être au centre d'une prochaine révolution industrielle [L'Informatique Quantique: la 5e révolution](#). En effet, d'une part, l'IA pourrait jouer un rôle dans un objectif dans l'amélioration des hardwares et d'autre part dans l'optimisation des softwares. L'IA trouve un rôle pour la conception de

matériaux nécessaires pour l'optimisation des structures et des matériaux qui composent ces ordinateurs quantiques ou encore pour la surveillance de la température adéquate pour le refroidissement des composants. Par ailleurs, l'IA peut s'avérer utile pour l'optimisation des algorithmes quantiques ainsi que pour la détection et la correction des erreurs quantiques. Dans le contexte actuel, l'utilisation des algorithmes de Deep learning est contrainte par la puissance de calcul disponible menant donc à une limitation par le hardware (Thompson, Greenewald, Lee and Manso, 2020) (*cf. Figure 3*). Les ordinateurs quantiques offrent une puissance de calcul supérieure à l'ordinateur binaire, permettant de dépasser les limites du hardware binaire selon la requête, permettant ainsi le déploiement des algorithmes de Deep Learning plus gourmands en ressources (Moret-Bonillo, 2015). Par conséquent, les performances actuelles permettent en partie la construction des ordinateurs quantiques qui, à leur tour, permettront l'amélioration exponentielle des possibilités en termes d'IA. Dans notre contexte, l'implication de l'IA semble s'inscrire parfaitement dans un processus d'accumulation de connaissance. Nous avons vu que l'émergence des IA découle de l'électronique et sert au déploiement des technologies quantiques, qui seront au cœur d'une cinquième révolution industrielle étroitement liés aux révolutions précédentes. Les innovations n'étant pas un processus ponctuel mais bien un processus cumulatif qui se renforce au fil du temps, nous assistons donc à un cercle vertueux des innovations dans lequel l'IA s'intègre.

## 6 Conclusion et Discussion

Dans cette revue de littérature, nous nous sommes penchés sur l'importance de l'IA pour l'accroissement de la productivité dans le contexte des processus de R&D. Nous avons exploré plusieurs faces du rôle de l'IA en tant que procédé d'accélération pour la R&D, en mettant leur rôle pour la diffusion de connaissance, leur capacité à traiter à l'aide de méthodes d'inférence des quantités volumineuses de données obtenus à l'aide d'autres outils numériques pour comprendre des systèmes complexes. Par ailleurs, nous avons pu constater également l'importance des RNA en tant qu'outil émergent dans les différents champs scientifiques. Dans le contexte d'une quatrième révolution industrielle, les innovations dans le domaine de l'IA appartiennent au cercle vertueux de l'innovation. Les premières avancées en matière d'IA ont mené à de l'accumulation de connaissance, et par conséquent à des innovations. Ces innovations ont ensuite amélioré l'efficacité des processus de R&D permettant la multiplicité des nouvelles innovations. En d'autres mots, l'utilisation des technologies de

l'IA mène à un progrès technique exploitable pour la R&D de manière vertueuse au même titre que les technologies des révolutions industrielles antérieures.

Cependant, nous avons pu voir ensemble qu'il existait à ce jour encore des limites à l'utilisation des IA avancées dans le cadre des RNA. En effet, en reprenant l'analyse de [Bianchini et al. \(2022\)](#), il semble que cette technologie n'a pas encore atteint son potentiel maximum. Malgré d'être un outil de recherche très complexe et d'une incontestable utilité au sein de nombreux domaines scientifiques, sa capacité de pouvoir créer de nouvelles combinaisons des connaissances inter-domaines et donc de conduire à des transformations radicales dépendra largement de certains défis à relever, comme les auteurs mêmes le soulignent : l'acceptabilité sociale de l'IA, la collaboration entre les communautés scientifiques, ainsi que la gouvernance de la data. Autrement dit, il s'agit de prendre en compte la dimension de « responsabilité » associée au processus d'innovation. Plus précisément, dans le cadre de l'utilisation des IA générative avec ChatGPT, nous avons vu la discussion de [Van Dis et al. \(2023\)](#) autour des problématiques d'éthique concernant la transparence des chercheurs et la responsabilité de l'acte scientifique, ce qui nous amène à quelques questions qui feront vraisemblablement l'objet des interventions de régulation dans le futur : Qui devrait être tenu responsable d'un papier incluant du contenu GPT ? Qu'en est-il des droits sur la propriété intellectuelle ?

Pour conclure, les IA transforment radicalement la manière dont la R&D sont menés. Leur impact sur la diffusion de connaissance et leur complémentarités aux outils de collecte de données, les méthodes d'inférence ou encore l'utilisation des RNA renforce l'idée d'une inscription de cette technologie dans un cercle vertueux de l'innovation. Cependant, il est crucial de prendre en compte les différents inconvénients et défis liés à l'éthique et le manque de fiabilité de l'utilisation de ces technologies pour les aspects créatifs de la R&D. L'avenir de la R&D repose en grande partie sur la capacité à exploiter pleinement le potentiel des IA de manière responsable, collaborative et éthique.

## Les Annexes

### Les figures

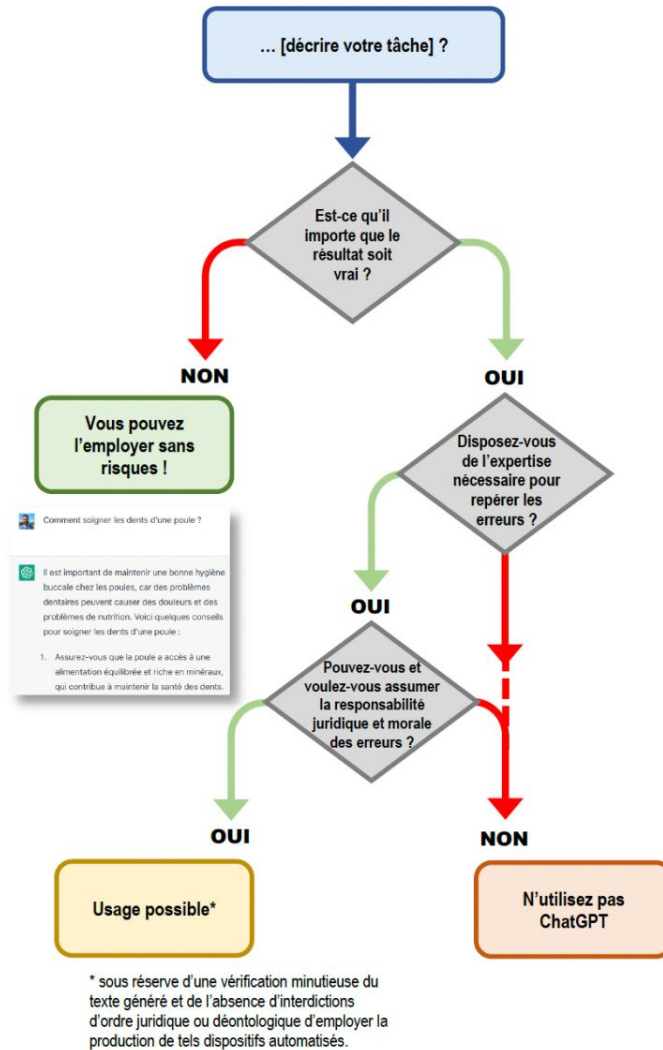


**Figure 1.** Tendances de l'activité de publication des RNA par domaine scientifique.

Notes : Les lignes bleues indiquent le nombre de publications et les lignes orange les taux de croissance dans chaque domaine scientifique. Les taux de croissance sont calculés comme des moyennes mobiles sur trois ans et ne tiennent pas compte des publications antérieures à 2001. Les domaines scientifiques correspondent aux domaines de recherche du WoS. Le panel H se réfère à la recherche publiée sur arXiv.org, sur la base de l'échantillon discuté dans la section 3.

Source : Artificial intelligence in science : An emerging general method of invention, [Bianchini et al. \(2022\)](#)

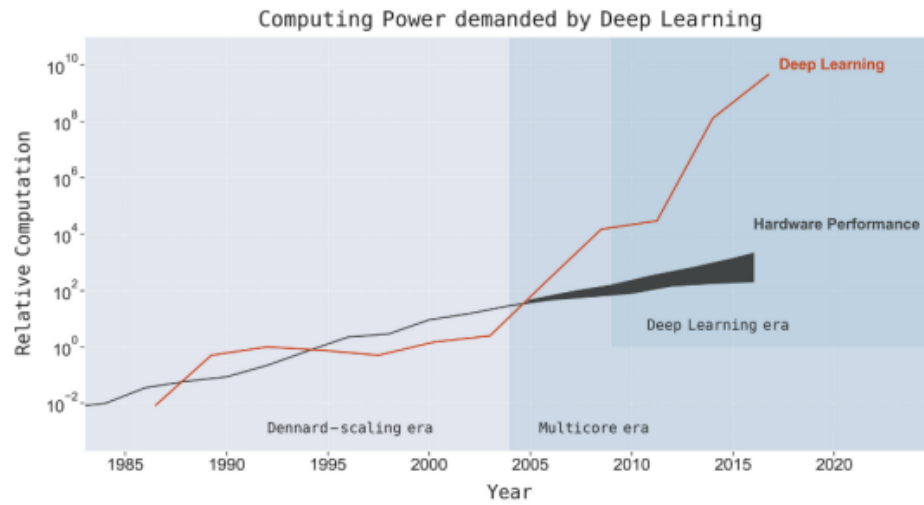
## Est-ce sûr d'utiliser ChatGPT pour...



(CC)BY 2023 Yannick Meneceur, adapté et traduit de Aleksandr Tiulkanov  
Avec l'aimable autorisation de l'auteur

**Figure 2.** Arbre de décision pour l'utilisation de ChatGPT

Source : ChatGPT : sortir de la sidération, Yannick Meneceur (2023)



**Figure 3.** Computing Power demanded by Deep Learning

Source : The Computational Limits of Deep Learning, [Thompson et al. \(2020\)](#)



## Références

- Bianchini, Stefano, Moritz Müller, and Pierre Pelletier**, “Artificial intelligence in science : An emerging general method of invention,” *Research Policy*, 2022, 51 (10), 104604.
- Bilgram, Volker and Felix Laarmann**, “Accelerating Innovation with Generative AI : AI-augmented Digital Prototyping and Innovation Methods,” *IEEE Engineering Management Review*, 2023.
- Dis, Eva AM Van, Johan Bollen, Willem Zuidema, Robert van Rooij, and Claudi L Bockting**, “ChatGPT : five priorities for research,” *Nature*, 2023, 614 (7947), 224–226.
- Moret-Bonillo, Vicente**, “Can artificial intelligence benefit from quantum computing?,” *Progress in Artificial Intelligence*, 2015, 3, 89–105.
- Rosenblatt, Frank**, “The perceptron : a probabilistic model for information storage and organization in the brain.,” *Psychological review*, 1958, 65 (6), 386.
- Schwab, Klaus**, *The fourth industrial revolution*, Currency, 2017.
- Siddik, Md Abu Bakar, Arman Shehabi, and Landon Marston**, “The environmental footprint of data centers in the United States,” *Environmental Research Letters*, 2021, 16 (6), 064017.
- Thompson, Neil C, Kristjan Greenewald, Keeheon Lee, and Gabriel F Manso**, “The computational limits of deep learning,” *arXiv preprint arXiv :2007.05558*, 2020.
- Xu, Yongjun, Xin Liu, Xin Cao, Changping Huang, Enke Liu, Sen Qian, Xingchen Liu, Yanjun Wu, Fengliang Dong, Cheng-Wei Qiu et al.**, “Artificial intelligence : A powerful paradigm for scientific research,” *The Innovation*, 2021, 2 (4).