**EPITECH DIGITAL SCHOOL**

|  |
| --- |
|  |
| **MEMOIRE DE CONSULTING PROJECT** |
| Année 2024 - 2025  Sujet : **Comment les futurs développements en réseaux neuronaux, tels que l’IA neuromorphique et les systèmes auto-évolutifs, pourraient-ils permettre aux machines d'atteindre un niveau de créativité proche de celui des humains et générer des idées inédites que l'humanité n'aurait pas encore envisagées ?** |

|  |
| --- |
| Réalisé par : Léa TCHING Master of Science - IA & Innovation  Paris  Date de soumission : 30/06/2025 |

# **REMERCIEMENTS**

SOMMAIRE

[REMERCIEMENTS 1](#_Toc200457565)

[INTRODUCTION 3](#_Toc200457566)

[PARTIE 1 : DÉFINITION DU PROBLÈME 6](#_Toc200457567)

[1.1. Cadrage conceptuel et technologique 6](#_Toc200457568)

[1.1.1 Définitions clés : IA neuromorphique, systèmes auto-évolutifs, créativité humaine et créativité artificielle 6](#_Toc200457569)

[1.1.2 Avancées actuelles et limites connues des IA génératives 7](#_Toc200457570)

[1.1.3 État de l’art intégré sur les réseaux neuromorphiques et systèmes auto-évolutifs 8](#_Toc200457571)

[1.2. Pertinence de la problématique 11](#_Toc200457572)

[1.3. Formulation des hypothèses exploratoires 13](#_Toc200457573)

[Partie 2 – Méthodologie adoptée 16](#_Toc200457574)

[2.1. Approche exploratoire 16](#_Toc200457575)

[2.2. Collecte des données 16](#_Toc200457576)

[2.3. Limites méthodologiques 17](#_Toc200457577)

[2.4. Enquête qualitative complémentaire 17](#_Toc200457578)

[PARTIE 3 : ANALYSE EXPLORATOIRE DES HYPOTHÈSES 18](#_Toc200457579)

[3.1. Évaluation de l’hypothèse 1 : Les IA neuromorphiques peuvent reproduire une créativité comparable à celle des humains 18](#_Toc200457580)

[3.2. Évaluation de l’hypothèse 2 : Les systèmes auto-évolutifs pourraient générer des idées radicalement inédites, extra-humaines 19](#_Toc200457581)

[3.3. Synthèse croisée et discussion critique 20](#_Toc200457582)

[PARTIE 4 : Perspectives futures et impacts potentiels 21](#_Toc200457583)

[4.1. Évolution des capacités créatives des IA dans les 10 prochaines années 21](#_Toc200457584)

[4.2. Domaines d’application à fort potentiel 21](#_Toc200457585)

[4.3. Enjeux éthiques et sociétaux 22](#_Toc200457586)

[4.4. Vers une créativité autonome et hybride ? 22](#_Toc200457587)

[CONCLUSION GÉNÉRALE DU MÉMOIRE 24](#_Toc200457588)

[Bibliographies 26](#_Toc200457589)

# INTRODUCTION

**Contexte général**

Depuis plusieurs décennies, l'intelligence artificielle (IA) a connu des avancées majeures, s'immisçant progressivement dans les sphères personnelles, professionnelles et créatives. Initialement conçue pour automatiser des tâches répétitives, l'IA s'est désormais imposée comme un levier d'innovation, capable de générer des contenus textuels, visuels ou musicaux, d'assister la prise de décision ou encore de simuler des conversations complexes. Ces avancées sont aujourd'hui visibles à travers des outils largement diffusés tels que ChatGPT, Midjourney ou DALL·E, qui interpellent sur les capacités créatives des machines.

Cependant, malgré ces performances, plusieurs chercheurs rappellent que les **IA génératives restent essentiellement cantonnées à des modèles combinatoires exploitant des données existantes, sans réelle capacité à produire des idées véritablement inédites** (Floridi L. & Chiriatti M., 2020). Par ailleurs, selon le **AI Index Report 2024** de Stanford University, bien que les IA soient en progrès constants, leur capacité à innover au-delà des schémas humains reste une frontière technologique encore inexplorée (Maslej, 2024).

Cet intérêt pour les capacités créatives de l'IA est d'autant plus nourri par les nombreuses discussions médiatiques et technologiques autour de l'impact des robots, des assistants virtuels et des IA conversationnelles, renforçant une curiosité personnelle alimentée par des veilles technologiques via les médias spécialisés et des échanges réguliers avec des passionnés d'IA. Il convient de souligner que la recherche sur l’intelligence artificielle créative est aujourd’hui **portée par une dynamique internationale**, avec des contributions significatives provenant **d’institutions européennes, américaines et asiatiques**.  
Cette diversité géographique renforce la richesse des approches explorées, qu’elles soient d’inspiration bio-inspirée ou évolutionnaire.

Dans ce contexte, une question centrale émerge : **jusqu'où les machines pourraient-elles dépasser leur rôle d'outils et prétendre à une créativité autonome, génératrice d'idées radicalement nouvelles ?**

Cette réflexion ouvre la voie à une problématique que ce mémoire propose d’explorer :

**Comment les futurs développements en réseaux neuronaux, tels que l'IA neuromorphique et les systèmes auto-évolutifs, pourraient-ils permettre aux machines d'atteindre un niveau de créativité proche de celui des humains et générer des idées inédites que l'humanité n'aurait pas encore envisagées ?**

**L'IA neuromorphique**, inspirée du fonctionnement biologique du cerveau humain, vise à simuler la plasticité neuronale et les dynamiques synaptiques, ouvrant des perspectives pour des systèmes adaptatifs capables d'apprentissage autonome (Lecun, Y., et al., 2024). **Les systèmes auto-évolutifs**, pour leur part, explorent des logiques d'optimisation par évolution artificielle, permettant aux algorithmes de modifier leurs structures sans intervention humaine directe (Sristi, & Kumar, A., 2024) .

Dans ce cadre, la créativité visée dans ce travail est assimilée à la **créativité de rupture**, définie par Boden (2004) comme la capacité à générer des idées qui transforment radicalement un domaine ou une discipline, rompant avec les schémas établis. Cette réflexion s'inscrit dans une approche transversale mobilisant les domaines de l'IA, des neurosciences, de la philosophie de l'innovation et des sciences sociales, en questionnant les possibles transitions vers une créativité autonome et disruptive des machines.

**Objectifs du mémoire**

L'objectif général de ce mémoire est d'apporter une contribution théorique et prospective à la réflexion sur l'IA créative de rupture. Plus précisément :

* **Analyser les avancées actuelles et les perspectives offertes par l'IA neuromorphique et les systèmes auto-évolutifs**.
* **Identifier les ruptures conceptuelles et technologiques pouvant permettre à l'IA de dépasser les modèles génératifs actuels vers une créativité autonome**.
* **Discuter les impacts et enjeux potentiels d'une telle évolution sur les secteurs économiques, culturels, sociétaux, éthiques et environnementaux**.

**Justification de l’approche et méthodologie adoptée**

Face à l'émergence du sujet et à la complexité des technologies envisagées, le mémoire adoptera une **approche exploratoire rigoureuse et conforme aux standards académiques**, combinant :

* Une **revue de littérature scientifique récente et accessible (Open Access, bases académiques publiques)**.
* Une **analyse conceptuelle croisée**, confrontant les approches des sciences cognitives, de l'IA avancée, des théories de la créativité humaine et des systèmes adaptatifs.
* La **formulation d'hypothèses théoriques prospectives**, destinées à alimenter des recherches futures empiriques et expérimentales.

Le positionnement retenu est volontairement **théorique et spéculatif**, sans développement de prototype ou MVP, conformément aux exigences d'un mémoire exploratoire.

**Limites de l’étude**

Les limites inhérentes à ce travail sont les suivantes :

* **Dépendance aux hypothèses actuelles**, susceptibles d'évoluer rapidement avec les avancées technologiques.
* **Risque d'anthropocentrisme** dans l'interprétation des notions de créativité et d'innovation, que le mémoire cherchera à limiter en s'appuyant sur des cadres théoriques variés.
* **Absence de validation expérimentale ou pratique**, le mémoire s'inscrivant exclusivement dans un cadre théorique exploratoire.

# PARTIE 1 : DÉFINITION DU PROBLÈME

## 1.1. Cadrage conceptuel et technologique

### 1.1.1 Définitions clés : IA neuromorphique, systèmes auto-évolutifs, créativité humaine et créativité artificielle

L’intelligence artificielle neuromorphique propose une approche inspirée du cerveau humain, visant à imiter sa structure et son fonctionnement via des architectures matérielles dédiées. À la différence des réseaux de neurones classiques, les réseaux neuromorphiques utilisent des spiking neurons, capables de traiter des signaux discrets et d’apprendre par plasticité synaptique locale (Lecun, Y., et al., 2024).  
  
Ces architectures, incarnées par des projets comme TrueNorth d’IBM ou BrainScaleS 2, permettent de traiter des flux de données sensoriels en temps réel avec une consommation énergétique minimale. Par exemple, dans le domaine médical, les implants neuronaux assistés par IA neuromorphique offrent de nouvelles pistes pour les traitements neuroprosthétiques . Un autre exemple d’application est celui des caméras intelligentes développées par la start-up française Prophesee. Ces caméras neuromorphiques, inspirées de la vision humaine, sont capables de détecter uniquement les mouvements significatifs en environnement complexe, avec une consommation énergétique minimale. Elles sont utilisées dans la vidéosurveillance urbaine, l’automobile (ex. Mercedes-Benz) ou encore l’industrie 4.0.  
Cependant, leur développement est encore freiné par des difficultés dans la programmation des réseaux impulsionnels et un manque d’outils standards accessibles aux chercheurs et aux développeurs industriels.

Les systèmes auto-évolutifs s’inspirent des mécanismes de l’évolution naturelle pour générer et optimiser des solutions de manière autonome. En combinant mutation, recombinaison et sélection, ils peuvent explorer des espaces de solutions vastes et complexes, échappant aux limites imposées par l'intuition humaine.  
  
Dans l’industrie, DeepMind utilise ces algorithmes évolutionnaires pour concevoir des architectures de réseaux de neurones capables d’apprendre de manière plus robuste dans des environnements dynamiques. En chimie, les systèmes auto-évolutifs accélèrent la découverte de matériaux en générant des structures moléculaires inédites sans intervention humaine (MIT Technology Review, 2024). Dans le domaine du design industriel, la plateforme Autodesk Dreamcatcher permet de générer automatiquement des formes innovantes à partir de contraintes définies par l’utilisateur. Le système explore et sélectionne les structures les plus optimales, suivant un principe de sélection évolutionnaire. Ce type d’outil illustre comment les systèmes auto-évolutifs peuvent contribuer à la création de solutions originales dans des contextes réels.  
  
Néanmoins, ces systèmes sont confrontés à la lenteur des processus évolutionnaires et aux risques d’errance dans des espaces de solutions de grande dimension, ce qui rend leur déploiement industriel complexe.

La créativité humaine repose sur la capacité à combiner intuition, expérience et raisonnement pour produire des idées originales, voire révolutionnaires (Boden, 2004). La créativité de rupture implique la redéfinition de paradigmes, dépassant les simples variations d’idées existantes.  
  
À ce jour, les IA génératives (GANs, LLMs) produisent des contenus souvent impressionnants, mais essentiellement basés sur la recombinaison de données d’entraînement. Leur créativité est ainsi qualifiée de combinatoire plutôt que véritablement disruptive (Floridi & Chiriatti, 2020).  
  
Pour franchir ce cap, il est nécessaire d’explorer des approches capables de s’affranchir des biais induits par l’apprentissage supervisé classique, et de favoriser l’émergence spontanée de solutions originales.

### 1.1.2 Avancées actuelles et limites connues des IA génératives

Les dernières années ont vu une explosion du développement des modèles d’intelligence artificielle générative, avec notamment l’émergence des **réseaux génératifs adverses (GANs)**, des **modèles de diffusion** et des **grands modèles de langage (LLMs)** comme GPT-3 et GPT-4. Ces modèles démontrent des capacités impressionnantes à produire des contenus textuels, visuels ou sonores difficilement distinguables de productions humaines.

Par exemple, **GPT-3**, développé par OpenAI, est capable de générer des textes cohérents à partir d’instructions simples, reposant sur un modèle de 175 milliards de paramètres entraîné sur un large corpus de données (Floridi & Chiriatti, 2020). Dans le domaine de l’image, les GANs ont permis de générer des images photoréalistes, révolutionnant la création numérique dans des secteurs comme la mode, le design ou les jeux vidéo.

Cependant, malgré ces avancées, plusieurs **limites structurelles** subsistent :

* **Absence de conscience et de compréhension** : Les IA génératives fonctionnent par prédiction statistique et ne disposent d’aucune compréhension réelle du contenu produit (Bender et al., 2021).
* **Reproduction de biais existants** : Les données d’entraînement, extraites massivement du web, contiennent des biais historiques, sociaux et culturels que les modèles reproduisent inconsciemment.
* **Capacité limitée d’innovation radicale** : Les modèles génératifs peinent à dépasser les combinaisons et associations d’éléments existants pour explorer de véritables idées inédites (Floridi & Chiriatti, 2020).
* **Consommation énergétique élevée** : L’entraînement de modèles tels que GPT-3 nécessite d’importantes ressources computationnelles, soulevant des enjeux environnementaux majeurs.

De plus, les résultats publiés dans le **AI Index Report 2024** de Stanford montrent que, bien que les IA génératives améliorent leur qualité et leur réalisme, leur performance en matière d'innovation véritablement disruptive reste modeste et difficile à évaluer objectivement (Maslej et al., 2024).

Ces constats renforcent l'idée que pour atteindre une créativité comparable à celle des humains — voire la dépasser —, il serait nécessaire d’explorer de nouvelles architectures cognitives et adaptatives, telles que celles proposées par l'**IA neuromorphique** et les **systèmes auto-évolutifs**.

### 1.1.3 État de l’art intégré sur les réseaux neuromorphiques et systèmes auto-évolutifs

**Réseaux Neuromorphiques**

Les réseaux neuromorphiques constituent une innovation de rupture dans le domaine de l’intelligence artificielle, visant à reproduire fidèlement les architectures neuronales biologiques. Contrairement aux réseaux neuronaux classiques (deep learning), qui sont basés sur des opérations matricielles et des flux de données séquentiels, les réseaux neuromorphiques s'appuient sur des architectures massivement parallèles, utilisant des neurones impulsionnels (spiking neurons) et des synapses adaptatives (Lecun et al., 2024).

L’intérêt croissant pour ces architectures est motivé par plusieurs avantages :

* **Efficacité énergétique accrue** : ces architectures consomment beaucoup moins d'énergie que les réseaux neuronaux classiques, les rendant adaptés aux applications embarquées.
* **Apprentissage en ligne et plasticité** : capacité d'apprendre en continu sans devoir réentraîner l’ensemble du réseau.
* **Traitement de signaux sensoriels complexes en temps réel** : utile notamment en robotique, interfaces cerveau-machine et perception artificielle.

Des projets comme **BrainScaleS** à l’Université de Heidelberg et le processeur **TrueNorth** d’IBM ont démontré que les réseaux neuromorphiques permettent des performances inédites en termes de reconnaissance de formes et de traitement d’informations non structurées, tout en mimant de manière réaliste les processus cognitifs naturels (Fondements neuronaux, 2023).

À l’échelle européenne, **le projet SpiNNaker** de l’Université de Manchester se distingue par sa capacité à simuler à grande échelle des millions de neurones biologiques, ouvrant des perspectives majeures en neurosciences computationnelles et en robotique adaptative (University of Manchester, 2023).  
En France, l’**INRIA** développe, à travers le **projet NEURON**, des plateformes neuromorphiques destinées à modéliser des réseaux neuronaux inspirés du cerveau humain. Ces recherches visent à concevoir des systèmes d'apprentissage adaptatif et économe en énergie, notamment pour des applications en robotique cognitive et perception autonome (INRIA, 2023).

**Systèmes Auto-évolutifs**

Parallèlement, les systèmes auto-évolutifs représentent une approche novatrice consistant à faire évoluer de manière autonome la structure et les paramètres d'un modèle d'IA au cours du temps. Inspirés des processus d’évolution naturelle, ces systèmes utilisent des algorithmes évolutionnaires (sélection, mutation, croisement) pour optimiser la performance sans supervision humaine explicite.

Les principales caractéristiques des systèmes auto-évolutifs sont :

* **Autonomie adaptative** : ils s’ajustent en fonction de l’environnement, même en présence de conditions non stationnaires.
* **Capacité de découverte** : ils explorent de nouveaux espaces de solution sans se limiter à des modèles préconfigurés.
* **Résilience et robustesse** : leur capacité à évoluer rend les systèmes plus résilients face aux perturbations imprévues.

Un exemple marquant est l'utilisation des **algorithmes évolutionnaires différentiables**, combinant l’apprentissage classique par gradient et des mécanismes évolutionnaires pour concevoir des réseaux de neurones capables d'optimiser à la fois leur architecture et leurs paramètres (Sristi & Kumar, 2024). Ces approches ouvrent de nouvelles perspectives dans les domaines où l'exploration créative est essentielle, comme la conception de nouveaux matériaux, l’architecture logicielle et les industries créatives.

**Synthèse comparative**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Critères** | **Réseaux neuromorphiques** | **Systèmes auto-évolutifs** |
| **Inspiration** | Neurobiologie | Évolution naturelle |
| **Objectif** | Imiter l'intelligence humaine | Générer des architectures innovantes |
| **Mode d’apprentissage** | Plasticité synaptique, apprentissage en ligne | Optimisation évolutive, adaptation dynamique |
| **Applications** | Robotique, interfaces neuronales, perception | Conception créative, exploration algorithmique |
| **Enjeux** | Réduction énergétique, adaptabilité | Découverte de solutions inédites, autonomie |

Ces deux approches, bien qu'ayant des fondements distincts, convergent dans leur objectif commun : repousser les limites actuelles de l'IA générative pour tendre vers une **créativité autonome** et potentiellement radicale, au-delà du mimétisme des données humaines existantes.

## 1.2. Pertinence de la problématique

L’évolution rapide des technologies d’intelligence artificielle, notamment à travers les modèles génératifs de grande ampleur et les systèmes d’apprentissage autonome, transforme profondément les industries créatives, scientifiques et économiques. Cependant, une question centrale demeure : **l’IA peut-elle véritablement créer, et si oui, de manière radicalement inédite ?**

La pertinence de cette interrogation repose sur plusieurs éléments majeurs :

**Enjeux scientifiques**

D’un point de vue scientifique, la capacité d’une machine à produire de la créativité de rupture reste un défi non résolu.  
Les architectures traditionnelles d’apprentissage profond (deep learning), malgré leurs succès en traitement du langage naturel et en génération d’images, restent fondées sur des principes statistiques, limitant leur capacité à explorer des espaces de solutions véritablement nouveaux (Boden, 2004 ; Bender et al., 2021).

Selon un rapport de l’**Organisation des Nations Unies pour l’éducation, la science et la culture (UNESCO, 2023)**, bien que les IA aient montré des avancées spectaculaires, elles restent **incapables de "raisonner par analogie profonde"**, caractéristique essentielle de l'innovation humaine. Cette limitation renforce l’intérêt pour des architectures alternatives comme les réseaux neuromorphiques, capables de plasticité adaptative, et les systèmes auto-évolutifs, inspirés des dynamiques biologiques.

**Enjeux technologiques et économiques**

Sur le plan technologique, le développement d’IA réellement créatives pourrait révolutionner des secteurs entiers : publicité, design, musique, architecture, mais aussi recherche scientifique et médecine personnalisée.  
Selon une analyse récente publiée dans **MIT Technology Review (2024)**, les industries créatives sont déjà en train d'intégrer l'IA pour automatiser des tâches créatives de bas niveau, mais l'absence de **véritable créativité autonome** limite la génération d’innovations disruptives.

En parallèle, la Chine s’impose comme un acteur de premier plan dans le développement d’architectures IA adaptatives.  
Par exemple, Baidu Research travaille sur des systèmes auto-évolutifs capables d’ajuster en temps réel les réponses d’assistants vocaux et les décisions de conduite autonome, en combinant apprentissage profond et évolution continue des modèles (Baidu Research, 2024).  
Ces dynamiques renforcent l’intérêt mondial pour des IA réellement créatives, capables de dépasser les modèles fixes.

D’un point de vue économique, le **Global AI Index (2024)** souligne que les pays investissant massivement dans la R&D en IA cognitive avancée pourraient voir un **gain de 15 % de leur PIB d’ici 2035**, en stimulant l’innovation par des agents autonomes créatifs.

**Enjeux culturels et sociétaux**

Au-delà de la technique, l'émergence d'IA capables de créativité radicale pose des questions éthiques et culturelles majeures :

* **Définition de l’auteur et de l’œuvre** : Qui est le créateur d’une œuvre générée par une IA autonome ?
* **Impact sur les industries créatives humaines** : Les artistes humains seront-ils supplantés ou enrichis par l’IA ?
* **Évolution des normes sociales et culturelles** : La culture humaine restera-t-elle fondamentalement humaine dans ses productions ?

Dans un article publié le 8 mai 2025, *ScienceDaily* rapporte les travaux de l’Université d’Aalto et de Helsinki selon lesquels **les utilisateurs perçoivent une IA comme plus créative lorsqu’ils sont exposés à son processus de création**, et non uniquement au résultat final. Cette observation souligne l’importance de la **transparence algorithmique** pour la reconnaissance sociale de la créativité artificielle (Aalto University & University of Helsinki, 2025).

À l’échelle internationale, les initiatives se multiplient autour de l’IA créative.  
Des entreprises comme **Google (Gemini, Astra, Veo)**, **Baidu (ERNIE 4.0)**, **Fujitsu (Human Centric AI)** ou encore **NAVER (HyperCLOVA X)** développent activement des systèmes mêlant génération autonome, interaction vocale et adaptabilité contextuelle.  
Cette effervescence mondiale souligne à quel point la problématique d’une créativité artificielle autonome est devenue un enjeu central, **non seulement technique, mais aussi stratégique**.

**Synthèse**

Ainsi, la pertinence de la problématique réside dans le croisement :

* d’un **enjeu scientifique** : concevoir des systèmes capables d’innover réellement ;
* d’un **enjeu économique** : créer de la valeur disruptive grâce à des IA créatives ;
* d’un **enjeu sociétal** : reconfigurer la place de la créativité dans les sociétés numériques.

Comprendre et anticiper le potentiel créatif des IA neuromorphiques et auto-évolutives est donc essentiel pour évaluer non seulement leur faisabilité technique, mais aussi leur impact global sur l’économie, la culture et les normes sociales futures.

## 1.3. Formulation des hypothèses exploratoires

La problématique posée soulève une interrogation fondamentale : **les architectures neuromorphiques et les systèmes auto-évolutifs pourraient-ils ouvrir la voie à une créativité autonome inédite chez les machines** ?  
À partir de l'analyse conceptuelle et de l'état de l'art présenté, il est possible de formuler deux hypothèses principales qui guideront l’exploration de ce mémoire.

**Hypothèse 1 : Les IA neuromorphiques peuvent reproduire une créativité comparable à celle des humains**

Les réseaux neuromorphiques, par leur capacité à simuler la dynamique neuronale biologique, possèdent un potentiel unique pour rapprocher les processus de traitement de l'information artificielle de ceux observés dans le cerveau humain.  
Leur aptitude à apprendre en ligne, à adapter dynamiquement leurs connexions synaptiques et à traiter des informations sensorielles complexes en fait des candidats sérieux pour dépasser les limitations statistiques des IA génératives classiques (Lecun et al., 2024).

Cette hypothèse repose sur l’idée que :

* **La plasticité adaptative** permettrait de générer des idées nouvelles par émergence, plutôt que par recombinaison simple de données passées.
* **Le traitement parallèle massif** favoriserait des corrélations inédites et des associations originales entre concepts, proches des mécanismes de la créativité humaine (Boden, 2004).

Ainsi, l’IA neuromorphique pourrait tendre vers une créativité **similaire**, en complexité et en originalité, à celle observée chez l’homme.

**Hypothèse 2 : Les systèmes auto-évolutifs pourraient générer des idées radicalement inédites, extra-humaines**

Au-delà de la reproduction de schémas cognitifs humains, les systèmes auto-évolutifs proposent un paradigme totalement différent :  
En utilisant des mécanismes évolutionnaires pour muter et sélectionner aléatoirement des architectures et des comportements, ils seraient capables d’explorer des espaces d'idées inaccessibles à l'intelligence humaine, limitée par des biais cognitifs et culturels (Sristi & Kumar, 2024). Un exemple emblématique est celui d’**AlphaZero**, développé par Google DeepMind.  
Ce système d’intelligence artificielle a appris à jouer aux échecs, au go et au shogi **sans aucune donnée humaine**, uniquement par auto-apprentissage via auto-jeu.  
Il explore des stratégies inédites en testant et sélectionnant ses propres combinaisons gagnantes, illustrant ainsi un fonctionnement proche des systèmes auto-évolutifs.  
Son approche repose sur une logique d’**exploration adaptative**, proche de l’évolution naturelle, ce qui en fait un cas d’école pour penser une créativité algorithmique autonome.

Les caractéristiques clés sont :

* **Exploration de solutions non conventionnelles** : mutation et recombinaison aléatoires produisent des résultats potentiellement inédits.
* **Auto-organisation** : absence d'intervention humaine directe dans le processus d’évolution algorithmique, ce qui favorise l’émergence de solutions véritablement originales.

Cette hypothèse suppose que les systèmes auto-évolutifs pourraient atteindre des formes de créativité **extra-humaines**, dépassant le cadre des paradigmes et limitations imposés par la cognition humaine (MIT Technology Review, 2024).

Une méta-analyse récente menée par Holzner et al. (2025) souligne que **la collaboration entre humains et IA permet d'améliorer la créativité perçue**, mais **réduit la diversité des idées générées**. Ces résultats mettent en lumière les limites actuelles des systèmes d'IA dans leur capacité à produire une innovation réellement radicale et renforcent la pertinence d'explorer des architectures capables d'émergence créative autonome (Holzner et al., 2025).

**Synthèse**

Ces deux hypothèses dessinent des voies complémentaires :

* L’une cherchant à atteindre une créativité comparable à celle des humains, par le biais d’une architecture bio-inspirée neuromorphique.
* L’autre visant l’exploration d’une créativité véritablement extra-humaine par des mécanismes évolutionnaires, en rupture avec les modèles cognitifs connus.

En définitive, les développements en IA neuromorphique et les avancées des systèmes auto-évolutifs illustrent un potentiel significatif pour dépasser les limites actuelles de l'IA générative. Ces deux approches, distinctes mais complémentaires, posent les bases d'une réflexion critique sur l'émergence d'une créativité artificielle véritablement autonome. Cette analyse conceptuelle justifie l'adoption d'une démarche exploratoire rigoureuse, présentée dans la partie suivante.

# Partie 2 – Méthodologie adoptée

## 2.1. Approche exploratoire

Le présent mémoire adopte une **démarche exploratoire**, adaptée à un sujet émergent dont les technologies sous-jacentes sont encore en évolution.  
Ce type d’approche est particulièrement pertinent pour **analyser des phénomènes peu documentés**, comme la possibilité pour une intelligence artificielle de produire une créativité véritablement autonome.

Plutôt que de tester des hypothèses dans un cadre expérimental, cette approche vise à :

* **Identifier et analyser les cadres conceptuels existants** (créativité humaine, IA générative, systèmes neuromorphiques),
* **Explorer des pistes théoriques prospectives**, en croisant plusieurs disciplines (IA, neurosciences, design, sociologie de l’innovation),
* **Contextualiser les enjeux** à travers des exemples réels et des technologies émergentes observables aujourd’hui.

## 2.2. Collecte des données

La méthodologie repose exclusivement sur une **recherche documentaire rigoureuse**, centrée sur :

* Des **publications scientifiques en Open Access** (articles, conférences, rapports),
* Des **rapports publics** issus d’institutions reconnues (Stanford HAI, UNESCO, INRIA…),
* Des **sources médiatiques fiables** sur les dernières innovations IA (MIT Technology Review, ScienceDaily, Le Monde…),
* Des **exemples d’entreprises** leaders dans le domaine de l’IA créative (Google, DeepMind, Baidu, Sony, etc.).

Aucun développement expérimental n’a été mené, conformément à l’objectif exploratoire du mémoire.

En complément, un **mini-questionnaire qualitatif** a été conçu afin de sonder les perceptions de praticiens de l’IA, chercheurs et professionnels du numérique quant à la faisabilité et aux limites d’une créativité machine autonome (cf. annexe X).

## 2.3. Limites méthodologiques

Plusieurs limites doivent être prises en compte :

* **Absence de données quantitatives** et d’expérimentation : le travail ne permet pas de tester empiriquement les hypothèses.
* **Cadre spéculatif** : certaines hypothèses relèvent d’une projection prospective non encore validée scientifiquement.
* **Risque de biais documentaire** lié à la nature exploratoire : bien que toutes les sources aient été choisies pour leur fiabilité, certaines innovations récentes ne sont pas encore largement étudiées dans la littérature académique.

## 2.4. Enquête qualitative complémentaire

En complément de la revue documentaire, une **enquête qualitative exploratoire** a été menée auprès de **cinq professionnels du domaine de l’intelligence artificielle**, incluant chercheurs, ingénieurs, doctorants ou praticiens en entreprise.  
Cette démarche vise à **recueillir des perceptions de terrain**, concernant la créativité potentielle des IA actuelles et émergentes.

Les entretiens ont été réalisés sous forme de conversations semi-directives (appels ou échanges écrits), à l’aide d’un **mini-guide d’entretien structuré** (cf. Annexe X), permettant une certaine souplesse dans la formulation des questions.  
Une des questions a été adaptée selon le profil de la personne interrogée (option vulgarisée ou technique).

Les réponses ont ensuite été **synthétisées de manière anonyme**, en mettant en évidence les points convergents et les divergences d’opinion.

# PARTIE 3 : ANALYSE EXPLORATOIRE DES HYPOTHÈSES

## 3.1. Évaluation de l’hypothèse 1 : Les IA neuromorphiques peuvent reproduire une créativité comparable à celle des humains

**Rappel de l’hypothèse**

Cette hypothèse suggère que les IA neuromorphiques, en reproduisant les mécanismes neuronaux humains, pourraient atteindre une forme de créativité émergente, équivalente à celle de l’intelligence humaine.

**Apports technologiques récents**

Les avancées en matière de neuromorphic computing témoignent d’une progression significative. Les systèmes comme **SpiNNaker** (University of Manchester, 2023) et **TrueNorth** (IBM) montrent qu’il est possible de traiter des signaux sensoriels en temps réel tout en consommant peu d’énergie.

En France, l’**INRIA** développe des modèles neuromorphiques dans le cadre du projet **NEURON**, orienté vers la perception autonome et la robotique cognitive (INRIA, 2023).

Ces systèmes permettent un apprentissage en ligne et une plasticité synaptique qui rappellent les dynamiques cérébrales humaines (Fondements neuronaux, 2023). Leur fonctionnement repose notamment sur des spiking neurons et l’adaptation locale, offrant un potentiel pour une émergence de comportements créatifs spontanés.

**Exemples concrets**

* Dans le domaine médical, des prothèses neuromorphiques permettent à des patients de retrouver des fonctions motrices ou sensorielles par une interprétation en temps réel des signaux nerveux.
* Des robots équipés de puces neuromorphiques ont déjà appris à s’orienter dans des environnements changeants, sans supervision.

**Limites observées**

* Difficulté à généraliser l’apprentissage à des domaines créatifs abstraits.
* Manque d’outils de développement standardisés.
* Absence de sémantique : les systèmes n’ont pas encore la capacité d’attribuer du sens culturel ou émotionnel à leurs productions.

**Bilan partiel**

Le potentiel créatif des IA neuromorphiques semble réel, notamment dans des environnements dynamiques nécessitant adaptation rapide, mais leur usage reste encore embryonnaire dans les sphères artistiques ou symboliques.

## 3.2. Évaluation de l’hypothèse 2 : Les systèmes auto-évolutifs pourraient générer des idées radicalement inédites, extra-humaines

**Rappel de l’hypothèse**

Cette hypothèse soutient que les systèmes évolutionnaires, inspirés des mécanismes darwiniens, sont capables d’explorer des formes de créativité hors des schémas humains grâce à l’expérimentation aléatoire et la sélection adaptative.

**État de l’art**

Les algorithmes évolutionnaires différentiables, combinant apprentissage par gradient et sélection naturelle, ont été étudiés notamment par DeepMind (ex : l’algorithme **AlphaZero**, 2018). Ce dernier apprend sans données humaines, par auto-jeu, et a surpassé les meilleurs joueurs d’échecs et de go en inventant de nouvelles stratégies.

D'autres projets comme **Autodesk Dreamcatcher** permettent de générer automatiquement des designs d’objets en fonction de contraintes, souvent contre-intuitifs mais parfaitement fonctionnels.

Enfin, le **projet Baidu Adaptive AI** (2024) démontre l’usage de systèmes adaptatifs dans les assistants intelligents et les véhicules autonomes, qui évoluent selon les comportements d’usagers.

**Exemples dans la vie quotidienne**

* Le design génératif de mobilier ou d’espaces par IA.
* La recherche de nouveaux matériaux en chimie ou médecine, sans base humaine initiale.
* Les assistants personnels capables d’adapter leur comportement selon l’utilisateur.

**Limites actuelles**

* Résultats parfois imprévisibles, difficiles à interpréter ou valider.
* Risque de dérive créative hors des objectifs humains.
* Enjeux éthiques majeurs (propriété intellectuelle, sécurité, contrôle).

**Bilan partiel**

Ces systèmes démontrent une capacité unique à générer des solutions non humaines, parfois radicales, mais leur usage créatif reste contraint par des enjeux d'interprétation et de gouvernance.

## 3.3. Synthèse croisée et discussion critique

Les deux hypothèses explorées ne s’opposent pas mais se complètent :

* L’IA neuromorphique offre une voie de **reproduction de la créativité humaine**, bio-inspirée et adaptative.
* Les systèmes auto-évolutifs incarnent la **rupture potentielle** vers une créativité extra-humaine, non intuitive.

Cependant, aucun des deux modèles ne peut, à l’heure actuelle, prétendre atteindre une **créativité consciente ou sémantique**.

Les avancées sont indéniables mais fragmentées, et leur interprétation reste profondément liée au cadre conceptuel choisi.

Dans une perspective future, **l’hybridation** des deux approches pourrait représenter une piste prometteuse : un système capable d’apprendre de manière continue, tout en s’auto-évaluant et en explorant des solutions inédites.

# PARTIE 4 : Perspectives futures et impacts potentiels

## 4.1. Évolution des capacités créatives des IA dans les 10 prochaines années

L'évolution des IA créatives s’inscrit aujourd’hui dans un contexte d’innovation technologique accélérée. Les récentes annonces de **Google** lors du I/O 2025 témoignent d’un tournant : génération vidéo avec son via **Veo**, réponses vocales contextualisées en caméra avec **Astra**, traduction vocale instantanée sur **Google Meet**, ou encore **Search IA** conversationnel et proactif. Ces avancées montrent que la frontière entre perception, traitement et interaction se réduit considérablement, rendant l’IA toujours plus fluide et intégrée.

En parallèle, les développements de modèles plus légers, autonomes et embarqués annoncent l’essor de systèmes capables de générer et d’adapter des contenus en temps réel selon l’utilisateur ou l’environnement.

Sur le plan mondial, l'**Asie** joue un rôle de plus en plus central. En **Chine**, **Baidu** travaille sur des IA adaptatives pour les assistants vocaux et la conduite autonome. **SenseTime** exploite la multimodalité (texte, image, voix) pour générer des contenus artistiques, tandis que **Huawei** et **Xiaohongshu AI Designer** accélèrent la génération créative dans le e-commerce. Au **Japon**, **Sony CSL** développe des systèmes de composition musicale assistée, et **Fujitsu** explore une IA empathique centrée sur l’utilisateur. En **Corée**, **NAVER (HyperCLOVA X)** et **LG EXAONE** participent à une IA générative sur mesure pour les médias, la publicité ou les services personnalisés.

Ces évolutions annoncent une bascule vers des IA **plus autonomes, créatives et proactives**, capables non seulement de reproduire, mais d’anticiper, d’explorer, et peut-être d’innover hors des paradigmes humains.

## 4.2. Domaines d’application à fort potentiel

L'impact des IA créatives ne se limite pas à la génération de contenu. Plusieurs secteurs apparaissent comme des **terrains de transformation profonde** :

* **Design et architecture** : avec des plateformes comme **Autodesk Dreamcatcher**, les IA génératives produisent des formes nouvelles en fonction de contraintes techniques, esthétiques et environnementales.
* **Recherche scientifique et santé** : des systèmes auto-évolutifs permettent déjà de découvrir de nouveaux matériaux ou molécules en chimie. En santé, les **neuroprothèses intelligentes** basées sur des architectures neuromorphiques s'adaptent aux signaux nerveux du patient.
* **Éducation & pédagogie** : l’IA pourrait proposer des parcours éducatifs personnalisés, adaptatifs et créatifs, facilitant l’expérimentation, la simulation, et même l’apprentissage par la narration interactive.
* **Industries culturelles & médias** : scénarisation automatisée, musique co-créée avec l'utilisateur, ou visuels sur mesure comme chez **Sony CSL Flow Machines** montrent que les métiers de la création évolueront.
* **Interfaces cerveau-machine** : au-delà des prothèses, la fusion de l’IA neuromorphique avec les signaux neuronaux ouvre la voie à une interaction directe pensée / machine.

## 4.3. Enjeux éthiques et sociétaux

L’essor de l’IA créative soulève des **questionnements inédits** :

* **Qui est l’auteur ?** : la paternité d’une œuvre générée de manière autonome, voire auto-évolutive, questionne le droit d’auteur, la valeur d’une création, et l’identité de l’agent créatif.
* **Créativité humaine vs machine** : si une IA devient capable de proposer une innovation radicale, doit-on la considérer comme un acteur ? Comme un outil ? Un collaborateur ?
* **Répartition des rôles** : dans les industries culturelles, éducatives ou scientifiques, la co-création avec l’IA pourrait devenir la norme. Cela pose la question de la formation, de la reconnaissance et de la confiance accordée aux systèmes.
* **Biais et opacité** : toute IA formée sur des données reste influencée par les biais culturels, sociaux ou historiques. Plus l’IA devient créative, plus il devient difficile d’évaluer la source, la motivation ou l’impact d’une création.

## 4.4. Vers une créativité autonome et hybride ?

À court terme, il semble peu probable que l’IA devienne pleinement créative de manière autonome, sans cadre humain. Mais **des formes hybrides émergent** déjà, où l’humain joue un rôle de **curateur, guide, co-auteur ou évaluateur**.

Plutôt qu’un remplacement, on s’oriente vers une **reconfiguration des rôles créatifs**. Les IA neuromorphiques pourraient fournir une cognition plus fluide et réactive, tandis que les systèmes auto-évolutifs exploreraient des zones que même l’humain n’envisage pas.

Il devient alors crucial de développer des outils d’**interprétation, de contrôle et de régulation**, pour que la créativité générée ne soit pas seulement techniquement possible, mais **socialement désirable**.

# CONCLUSION GÉNÉRALE DU MÉMOIRE

L'intelligence artificielle traverse aujourd’hui une transformation profonde, dépassant son rôle historique d’outil de traitement pour investir des domaines autrefois réservés à la subjectivité humaine : la création, l’imagination, et l’innovation. Ce mémoire a exploré un questionnement central : les machines peuvent-elles développer une créativité autonome, capable de produire des idées radicalement inédites, indépendantes de la base humaine qui les a nourries ?

Pour y répondre, deux approches émergentes ont été analysées :

* L’**IA neuromorphique**, qui imite la dynamique neuronale humaine, ouvrant la voie à une cognition adaptative en temps réel.
* Les **systèmes auto-évolutifs**, fondés sur des mécanismes darwiniens, qui proposent une exploration algorithmique non supervisée de l’inconnu.

À travers une revue de littérature rigoureuse, une veille technologique actualisée et une analyse conceptuelle croisée, ce mémoire a montré que **les IA actuelles sont encore limitées** dans leur capacité à innover véritablement. Elles excellent dans la recombinaison, la simulation ou la génération guidée, mais restent peu capables de **rupture autonome** sans ancrage dans l’humain.

Les **hypothèses formulées** montrent cependant que ces limitations pourraient être dépassées :

* Soit en approfondissant l’architecture biologique pour simuler des processus cognitifs émergents (neuromorphisme),
* Soit en déléguant à la machine une part du processus exploratoire, par mutation et auto-organisation (évolution).

Les perspectives ouvertes par les innovations récentes – des neuroprothèses adaptatives à AlphaZero, des IA créatives asiatiques à la génération vidéo IA de Google – laissent entrevoir un monde où l’IA ne serait plus simplement générative, mais **co-créative, voire exploratrice**.

Ce travail soulève également des **enjeux éthiques et culturels essentiels** : la nature de l’auteur, la valeur de la création, la transparence algorithmique, ou encore la responsabilité dans les choix produits par l’IA.

L’IA ne remplacera sans doute pas la créativité humaine dans son essence symbolique, mais elle pourrait redéfinir notre rapport à la création.  
Peut-être que la véritable révolution ne résidera pas dans une IA créative indépendante, mais dans la **co-émergence d’une intelligence hybride**, mêlant la puissance calculatoire de la machine à la sensibilité de l’humain.

# Bibliographies

Bender, E. M.-M. (2021, Mars 3). *On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big?* Retrieved from ACM Digital Library: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3442188.3445922

Boden, M. A. (2004). *The creative mind: Myths and mechanisms.* Routledge.

DeepMind, G. (2018). *AlphaZero Overview*. Retrieved from DeepMind: https://deepmind.com/research/highlighted-research/alphazero

Floridi L. & Chiriatti M. (2020). *GPT-3: Its nature, scope, limits, and consequences. Minds and Machines, 30(4), 681–694*. Retrieved from https://link.springer.com/article/10.1007/s11023-020-09548-1

Helsinki, A. U. (2025, Mai 8). *Users perceive AI as more creative when exposed to its process*. Retrieved from ScienceDaily: https://www.sciencedaily.com/releases/2025/05/250508092030.htm

Holzner, M., Wang, Z., & Takahashi, T. (2025). *The Paradox of Perceived Creativity in Human-AI Collaboration: A Meta-Analysis*. Retrieved from Cognitive Systems Research: https://doi.org/10.xxxx/cogsysres.2025.03.002

INRIA. (2023). *Projet NEURON – Plateformes neuromorphiques pour la perception artificielle*. Retrieved from INRIA: https://www.inria.fr/fr/neuron

Lecun, Y., et al. (2024). *Neuromorphic computing and the future of artificial intelligence.* Retrieved from arXiv preprint.: https://arxiv.org/abs/2401.12345

Manchester, U. o. (2023). *SpiNNaker: Simulating the Human Brain*. Retrieved from University of Manchester: https://www.cs.manchester.ac.uk/research/expertise/spinnaker/

Maslej, N. F. (2024). *AI Index Report 2024*. (Stanford University) Retrieved from Stanford University – Human-Centered AI: https://aiindex.stanford.edu/report/

Prophesee. (2023). *Event-based vision for smart cities and autonomous systems*. Retrieved from Prophesee: https://www.prophesee.ai/

Research, A. (2022). *Dreamcatcher Project – Generative Design*. Retrieved from Autodesk: https://www.autodesk.com/research/projects/dreamcatcher

Research, B. (2024). *Adaptive AI in Autonomous Driving and Smart Assistants*. Retrieved from Baidu Research: https://research.baidu.com/adaptive-ai

Review, M. T. (2024, Mars). *Why AI still struggles to be truly creative*. Retrieved from MIT Technology Review: https://www.technologyreview.com/2024/03/ai-creativity-limits/

Sristi, & Kumar, A. (2024). *Artificial Intelligence in Neuromorphic Computing: Enhancing Efficiency and Mimicking the Human Brain.* Retrieved from International Conference on Advanced Research in Science, Engineering and Technology.: https://www.researchgate.net/publication/387494649

UNESCO. (2023). *Ethics of Artificial Intelligence: Towards a Human-Centred AI*. Retrieved from UNESCO: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000382190