

Entreprise Agentique - Blueprint Stratégique - Augmentation Cognitive et Transformation Organisationnelle

Partie I : La Genèse de l'Augmentation Cognitive

Cette partie établit le « pourquoi » fondamental derrière la quête de l'augmentation cognitive. Elle soutient que l'ère agentique actuelle n'est pas un développement soudain, mais l'aboutissement d'un parcours intellectuel de 80 ans visant à améliorer la sagesse humaine et les capacités de résolution de problèmes face à une complexité croissante.

Section 1 : Les Visionnaires : du Memex à la Symbiose

La Préoccupation Prophétique de Vannevar Bush

Au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, alors que le monde prenait la mesure de la puissance destructrice de la science incarnée par les bombardements atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki, l'ingénieur et administrateur scientifique Vannevar Bush exprima une profonde inquiétude. Dans son essai fondateur de 1945, « As We May Think », Bush s'alarmait de voir les efforts scientifiques orientés vers la destruction plutôt que vers la compréhension.¹ Sa proposition n'était pas une simple innovation technologique, mais une réponse philosophique et éthique à ce qu'il percevait comme une mauvaise application du progrès humain.

Au cœur de sa vision se trouvait le concept du Memex, un appareil qu'il décrivait comme une sorte de « machine à mémoire collective » et une « bibliothèque de connaissances collectives ».¹ Le

Memex n'était pas conçu pour simplement stocker et récupérer des informations plus rapidement. Son objectif était bien plus ambitieux : aider l'humanité à « grandir dans la sagesse de l'expérience de la race » et à manier le « grand registre » du savoir humain pour son « vrai bien ».¹ Il s'agissait d'un outil destiné à augmenter la sagesse humaine, et non seulement le rappel d'informations. Techniquement, Bush l'imaginait comme un bureau meublé de bobines de microfilms à ultra-haute résolution, de visionneuses d'écran et de commandes électromécaniques.¹ Cependant, l'innovation conceptuelle clé résidait dans sa capacité à créer des « pistes associatives » (

associative trails). L'utilisateur pouvait lier des documents, des notes et des images, créant ainsi des chemins de pensée qui imitaient la mémoire associative de l'esprit humain. Cette capacité à naviguer dans l'information par association, plutôt que par indexation rigide, reste un défi que les systèmes de fichiers informatiques modernes peinent encore à reproduire de manière fluide.¹ La vision de Bush était de déléguer les tâches routinières, comme les mathématiques avancées, aux machines, afin de libérer les scientifiques pour un travail plus « créatif et intuitif ».¹

La Symbiose Homme-Machine de J.C.R. Licklider

Quinze ans plus tard, en 1960, le psychologue et informaticien J.C.R. Licklider a prolongé la vision de Bush, la faisant passer d'une mémoire améliorée à un véritable partenariat cognitif. Dans son article « Man-Computer Symbiosis », Licklider a proposé une « relation complémentaire » et un « couplage très étroit » entre les cerveaux humains et les ordinateurs.³ Cette idée marquait une rupture conceptuelle majeure : l'humain n'utilisait plus la machine comme un simple outil, mais collaborait avec elle en tant que partenaire.

L'objectif de Licklider était d'« augmenter l'intellect humain en le libérant des tâches banales ».³ Il imaginait un avenir où les humains se concentreraient sur l'établissement des objectifs, la formulation d'hypothèses et l'évaluation des critères, tandis que les ordinateurs se chargeraient des problèmes formulables et des calculs complexes. Cette répartition des tâches fait directement écho à l'idée de Bush de déléguer le travail de routine aux machines pour libérer la créativité humaine. Pour Licklider, cette symbiose n'était pas une simple amélioration de l'efficacité ; il la considérait comme une étape fondamentale de l'« évolution humaine », où la collaboration en temps réel entre l'homme et la machine permettrait de penser comme jamais auparavant.³

L'Augmentation en Pratique de Douglas Engelbart

La concrétisation de ces visions a eu lieu le 9 décembre 1968, lors d'une démonstration publique de 90 minutes qui est entrée dans l'histoire sous le nom de « The Mother of All Demos ».⁴ Douglas Engelbart et son équipe du Augmentation Research Center (ARC) ont présenté leur oN-Line System (NLS), un système informatique complet qui incarnait les principes de Bush et Licklider.

Directement inspiré par le Memex de Bush¹, le NLS d'Engelbart n'était pas une simple collection d'inventions, mais un système intégré conçu pour « augmenter l'intellect humain ».⁵ La démonstration a présenté pour la première fois un ensemble d'éléments fondamentaux de l'informatique moderne : la souris, l'hypertexte, le traitement de texte, les fenêtres, la collaboration sur écran partagé et la liaison dynamique de fichiers.⁴ Cependant, pour Engelbart, ces innovations n'étaient que des technologies habilitantes au service d'un objectif supérieur : aider les humains à « opérer dans le domaine des structures d'information complexes ».⁵ Il voyait son travail comme une réponse directe à la nécessité de « guider la société vers une utilisation correcte des connaissances scientifiques ».⁴

De plus, Engelbart a introduit la philosophie du « bootstrapping » : utiliser le système pour améliorer le système lui-même dans une stratégie évolutive.⁴ L'équipe de l'ARC utilisait quotidiennement le NLS pour son propre travail, créant une boucle de rétroaction continue qui améliorait à la fois les outils et les pratiques de travail. Ce concept est un précurseur direct de l'effet « AI Flywheel » qui sera discuté plus loin dans ce rapport.

Ce qui unit ces visions pionnières n'est pas simplement une prédiction technologique, mais un impératif éthique et humaniste sous-jacent. Le point de départ de Vannevar Bush n'était pas un problème commercial, mais un problème de société : la puissance destructrice de la science.¹ Son

Memex était une solution proposée pour aider l'humanité à gérer ses connaissances accumulées pour le « vrai bien ».¹ Licklider a poursuivi ce thème, voyant la symbiose comme une étape fondamentale de l'« évolution humaine »³, libérant l'esprit pour une pensée d'ordre supérieur. Engelbart a explicitement lié son travail à la nécessité de « guider la société vers une utilisation correcte des connaissances scientifiques ».⁴ Cette intention originelle offre un point de repère critique pour évaluer les

déploiements modernes de l'IA agentique, souvent axés sur la productivité et la réduction des coûts. Une « Entreprise Agentique » réussie devrait donc être évaluée non seulement sur son retour sur investissement, mais aussi sur sa capacité à augmenter l'intelligence collective et la capacité de résolution de problèmes de ses membres humains, restant ainsi fidèle à la vision originelle. La question fondamentale demeure : construisons-nous des outils pour l'efficacité ou des partenaires pour la sagesse?

Section 2 : L'Esprit Étendu : Fondements Philosophiques et Cognitifs

Le Principe de Parité

Pour comprendre comment des systèmes d'IA peuvent devenir des partenaires cognitifs, il est essentiel de se tourner vers la philosophie de l'esprit. En 1998, les philosophes Andy Clark et David Chalmers ont proposé la thèse de l'« Esprit Étendu » (Extended Mind - EM), qui soutient que les états et processus mentaux peuvent être partiellement constitués par des objets situés au-delà du cerveau et du corps.⁶ Cette thèse fournit le cadre philosophique justifiant le traitement des systèmes externes comme faisant partie intégrante de la cognition.

Le cœur de leur argumentation est le « Principe de Parité » (Parity Principle - PP), qu'ils formulent ainsi : « Si, face à une tâche, une partie du monde fonctionne comme un processus qui, s'il se déroulait dans la tête, nous n'hésiterions pas à reconnaître comme faisant partie du processus cognitif, alors cette partie du monde fait (selon nous) partie du processus cognitif ». ⁶ En d'autres termes, si un outil externe joue un rôle fonctionnellement équivalent à un processus cérébral interne, il doit être considéré comme faisant partie de l'esprit.

Les Conditions de l'Extension Cognitive

Pour illustrer ce principe, Clark et Chalmers utilisent la célèbre expérience de pensée

d'Otto et Inga.⁶ Inga, qui a une mémoire biologique normale, se souvient que le Musée d'Art Moderne (MoMA) se trouve sur la 53e rue et s'y rend. Otto, qui souffre de la maladie d'Alzheimer, utilise un carnet pour stocker des informations. Lorsqu'il veut aller au MoMA, il consulte son carnet, y lit l'adresse et s'y rend. Clark et Chalmers soutiennent que le carnet d'Otto joue le même rôle fonctionnel que la mémoire biologique d'Inga. Dans les deux cas, l'information est stockée, accessible et guide l'action. Le carnet n'est pas simplement un outil que Otto utilise ; il est le support de sa croyance.

Pour qu'une ressource externe soit considérée comme une partie constitutive de l'esprit, elle doit remplir plusieurs conditions pratiques, qui sont jugées comme étant indépendamment nécessaires et conjointement suffisantes ⁶ :

1. **Constance** : La ressource externe doit être une constante dans la vie de l'agent, tout comme le cerveau l'est. Otto porte toujours son carnet sur lui.
2. **Accessibilité élevée** : L'objet doit être facilement et rapidement accessible. Otto peut consulter son carnet sans effort.
3. **Fiabilité et approbation** : L'agent doit se fier à l'information contenue dans la ressource et l'approuver sans hésitation, la traitant comme une croyance. Otto fait automatiquement confiance à ce qui est écrit dans son carnet.

Le Goulot d'Étranglement de la Conscience

Une nuance cruciale de la thèse de l'Esprit Étendu est que Clark et Chalmers estiment que si les états mentaux *non conscients* (comme les croyances stockées dans un carnet) peuvent s'étendre, les états *conscients* (l'expérience vécue, le *qualia*) ne le peuvent probablement pas. Ils justifient cette distinction par la vitesse de traitement et la bande passante extrêmement élevées des processus neuronaux, que les technologies externes actuelles ne peuvent pas reproduire.⁶ La conscience, selon eux, semble dépendre de cette dynamique interne à haute fréquence, créant une barrière pour l'extension de l'expérience phénoménale.

Cette distinction philosophique a des implications profondes pour l'architecture de l'Entreprise Agentique. La thèse de l'Esprit Étendu, initialement conçue pour l'individu, peut être transposée à l'échelle de l'organisation. L'architecture de l'Entreprise Agentique, en particulier sa dépendance à un Graphe de Connaissances d'Entreprise (Enterprise Knowledge Graph - EKG) partagé, peut être comprise comme la première

mise en œuvre pratique d'un *esprit étendu collectif*. L'EKG fonctionne comme le système de croyances externalisé et non conscient de l'ensemble de l'organisation.

Ce parallèle se construit logiquement. Premièrement, la thèse de l'EM fournit des conditions pour qu'un objet externe fasse partie du processus cognitif d'un individu : constance, accessibilité et fiabilité.⁶ Deuxièmement, un EKG, tel qu'il sera détaillé dans la Partie III, est conçu pour être la source unique de vérité de l'organisation — un référentiel constant, fiable et accessible de ses connaissances.⁸ Troisièmement, les agents, qu'ils soient humains ou IA, au sein de l'entreprise sont conçus pour interroger cet EKG afin de récupérer des informations (des « croyances ») et d'agir en conséquence, en faisant confiance à son contenu. Par conséquent, l'EKG remplit les conditions du principe de parité, non pas pour un seul individu, mais pour le

collectif d'agents (humains et IA) qui constituent l'entreprise. Cette perspective recadre l'EKG, qui n'est plus un simple actif informatique, mais un composant central de l'architecture cognitive de l'organisation. Cela implique également que porter atteinte à l'intégrité de l'EKG (par exemple, par empoisonnement de données) n'est pas seulement une violation de données, mais une forme de « dommage cognitif » infligé à l'organisation elle-même.

Partie II : L'Avènement de l'IA Agentique

Cette partie déconstruit le concept d'« agent », en retraçant son évolution depuis les premiers modèles théoriques jusqu'aux systèmes sophistiqués actuels, alimentés par les grands modèles de langage (LLM). Elle établit que les agents modernes sont le fruit d'une convergence de multiples domaines de l'informatique et de l'IA, auparavant distincts.

Section 3 : Anatomie d'un Agent Intelligent

Définition Classique de l'Agence

Le concept d'agent est devenu central en intelligence artificielle et en informatique. Pour comprendre l'IA agentique, il faut d'abord définir les propriétés fondamentales qui caractérisent un agent intelligent. S'appuyant sur les travaux fondateurs de chercheurs comme Michael Wooldridge et Nick Jennings, un agent est généralement défini par quatre attributs clés ¹⁰ :

1. **Autonomie** : C'est la capacité de l'agent à fonctionner sans l'intervention directe d'humains (ou d'autres agents) et à exercer un contrôle sur ses propres actions et son état interne. Contrairement à un objet dans la programmation orientée objet, qui exécute passivement une méthode lorsqu'elle est invoquée, un agent a le contrôle de décider s'il doit ou non entreprendre une action qui lui est demandée.¹⁰
2. **Réactivité (ou Réponsivité)** : Un agent doit percevoir son environnement (qui peut être le monde physique, un utilisateur, un réseau d'autres agents ou Internet) et répondre de manière opportune aux changements qui s'y produisent.¹⁰ Il ne fonctionne pas en vase clos, mais est situé et interagit avec son contexte.
3. **Proactivité** : Les agents ne se contentent pas de réagir à leur environnement. Ils doivent être capables d'adopter un comportement opportuniste et orienté vers des objectifs, en prenant l'initiative lorsque cela est approprié. Ils poursuivent des buts et ne se contentent pas d'attendre des stimuli externes.¹⁰
4. **Sociabilité** : Les agents doivent pouvoir interagir avec d'autres agents, qu'ils soient artificiels ou humains, afin de mener à bien leur propre résolution de problèmes et d'aider les autres dans leurs activités. Cette capacité sociale est essentielle pour la collaboration et la coordination dans les systèmes complexes.¹⁰

C'est la combinaison de ces quatre attributs au sein d'une seule entité logicielle qui confère au paradigme agent sa puissance et le distingue des paradigmes connexes comme les systèmes orientés objet ou les systèmes experts.¹⁰

L'Architecture Cognitive BDI

Pour mettre en œuvre ces propriétés, en particulier la proactivité et l'autonomie, les chercheurs ont développé des architectures cognitives. L'une des plus influentes est

le modèle **Belief-Desire-Intention (BDI)**, basé sur la théorie philosophique du raisonnement pratique de Michael Bratman.¹² Le modèle BDI structure le raisonnement d'un agent autour de trois attitudes mentales¹⁴ :

- **Croyances (Beliefs)** : Elles représentent l'état informationnel de l'agent, son modèle du monde et ce qu'il tient pour vrai. Les croyances ne sont pas nécessairement des connaissances factuelles ; elles peuvent être fausses ou incomplètes et sont mises à jour en fonction des perceptions de l'agent.¹²
- **Désirs (Desires)** : Ils représentent l'état motivationnel de l'agent. Ce sont les objectifs, les préférences ou les états idéaux du monde que l'agent aimerait atteindre. Un agent peut avoir plusieurs désirs, parfois contradictoires, qui ne sont pas tous réalisables.¹²
- **Intentions (Intentions)** : Elles représentent l'état délibératif de l'agent. Une intention est un sous-ensemble de désirs auquel l'agent s'est engagé. Avoir une intention signifie avoir adopté un objectif et choisi un plan d'action pour l'atteindre. Les intentions sont plus stables que les désirs et guident le comportement de l'agent à court terme.¹²

Le passage des désirs aux intentions et des intentions aux actions est géré par deux processus de raisonnement pratique¹² :

1. **La Délibération** : C'est le processus stratégique par lequel l'agent décide quels désirs poursuivre *maintenant*. Il filtre les désirs pour n'en retenir qu'un ensemble cohérent et réalisable, qui devient son ensemble d'intentions.
2. **Le Raisonnement Moyens-Fins (Means-Ends Reasoning)** : C'est le processus tactique par lequel l'agent décide quelles actions ou quel plan exécuter pour satisfaire ses intentions engagées.

Architectures Modernes d'Agents Alimentés par LLM

Les architectures contemporaines d'agents autonomes basés sur les LLM, bien que technologiquement très différentes, reproduisent et étendent fonctionnellement les principes des modèles classiques comme le BDI. Une enquête approfondie sur ces systèmes propose un cadre unifié qui englobe la plupart des travaux récents.¹⁶ Cette architecture se compose de quatre modules principaux :

- **Module de Profilage (Profiling Module)** : Ce module définit le rôle, la personnalité et les objectifs de l'agent (par exemple, « vous êtes un codeur

expert en Python »). Il peut être défini manuellement, généré par un LLM ou aligné sur des ensembles de données du monde réel. Ce module est l'analogue direct des **Désirs** et **Intentions** du modèle BDI, car il établit l'état motivationnel et les objectifs de l'agent.¹⁶

- **Module de Mémoire (Memory Module)** : Ce module stocke les informations perçues de l'environnement, permettant à l'agent d'apprendre, d'évoluer et de maintenir une cohérence comportementale. Il s'inspire de la mémoire humaine avec des structures à court terme (généralement implémentées via la fenêtre de contexte du LLM) et à long terme (souvent une base de données vectorielle externe pour un stockage persistant). Ce module est l'analogue des **Croyances** du modèle BDI.¹⁶
- **Module de Planification (Planning Module)** : Ce module confère à l'agent la capacité de décomposer des tâches complexes en sous-tâches plus simples. La planification peut se faire avec ou sans boucle de rétroaction de l'environnement. Ce module est l'analogue direct des processus de **Délibération** et de **Raisonnement Moyens-Fins** du modèle BDI.¹⁶
- **Module d'Action (Action Module)** : Ce module traduit les décisions de l'agent en résultats concrets en interagissant avec l'environnement. L'action est souvent médiatisée par l'utilisation d'outils externes (API, bases de données, etc.).¹⁶

Une innovation clé dans le module de planification est le framework **ReAct (Reason + Act)**.¹⁷ ReAct propose une synergie puissante entre le raisonnement et l'action en demandant au LLM de générer de manière

entrelacée des traces de raisonnement (pensées) et des actions spécifiques à la tâche. Par exemple, pour répondre à une question complexe, l'agent pourrait générer la séquence suivante : Pensée 1 (je dois trouver X), Action 1 (rechercher X sur Wikipedia), Observation 1 (résultat de la recherche), Pensée 2 (maintenant que je sais X, je dois trouver Y), etc. Cette approche permet à l'agent de suivre dynamiquement son plan, de gérer les exceptions et, surtout, d'interfacer avec des outils externes pour recueillir des informations, ce qui permet de fonder son raisonnement sur des faits et de combattre les hallucinations, un problème majeur des LLM.¹⁸

Section 4 : Des Agents Uniques aux Écosystèmes Collaboratifs

Principes des Systèmes Multi-Agents (MAS)

La véritable puissance de l'IA agentique se manifeste lorsque des agents individuels collaborent. Un Système Multi-Agents (MAS) est un système informatique composé de plusieurs agents intelligents qui interagissent pour résoudre des problèmes difficiles ou impossibles à résoudre pour un agent seul ou un système monolithique.²⁰ Les MAS se caractérisent par plusieurs propriétés fondamentales :

- **Autonomie** : Les agents sont au moins partiellement indépendants et conscients d'eux-mêmes.²⁰
- **Vues Locales** : Aucun agent ne possède une vue globale complète du système, ou le système est trop complexe pour qu'un agent puisse exploiter une telle connaissance.²⁰
- **Décentralisation** : Il n'y a pas d'agent désigné comme contrôleur central ; le contrôle est distribué.²⁰

Ces systèmes tendent à trouver la meilleure solution à leurs problèmes sans intervention extérieure, manifestant des comportements d'auto-organisation et d'auto-direction.²⁰

Communication entre Agents et Ontologies

Pour que des agents autonomes puissent collaborer efficacement, ils doivent non seulement parler un langage commun, mais aussi partager une compréhension commune du monde.

- **Langages de Communication d'Agents (ACL)** : Des protocoles standardisés ont été développés pour faciliter la communication inter-agents. Le plus connu est le **FIPA-ACL** (Foundation for Intelligent Physical Agents - Agent Communication Language).²¹ Ce protocole est basé sur la théorie des actes de langage, qui modélise la communication comme des actions (des « performatifs »). Par exemple, un agent peut envoyer un message avec le performatif ask-one (demander une information) ou inform (fournir une information). Le protocole standardise ces actes de communication, mais pas le contenu du message lui-même.²¹
- **Le Rôle Critique d'une Ontologie Commune** : Une leçon cruciale tirée des standards comme FIPA-ACL et KQML est qu'un langage commun est insuffisant.

Pour une véritable compréhension mutuelle, les agents doivent partager une **ontologie commune**.²¹ Une ontologie est une spécification formelle des concepts d'un domaine et des relations qui existent entre eux. Elle agit comme un dictionnaire de concepts partagé. Sans ontologie commune, deux agents pourraient utiliser le même mot (par exemple, « client ») pour désigner des concepts différents, menant à des malentendus et à l'échec de la collaboration. Cette exigence d'une sémantique partagée est un pont direct vers le concept de Graphe de Connaissances d'Entreprise (EKG) qui sera abordé dans la Partie III.

Structurer la Société d'Agents : Le Modèle AGR

Pour concevoir et structurer des MAS complexes, des méta-modèles organisationnels ont été proposés. Le modèle **Agent-Groupe-Rôle (AGR)** est un cadre formel puissant pour penser l'organisation d'une société d'agents.²³ Il définit une organisation à travers trois concepts primitifs :

- **Agent** : L'entité active qui exécute les actions.
- **Groupe** : Un ensemble d'agents qui définit un contexte d'interaction. Une règle fondamentale du modèle AGR est que deux agents ne peuvent communiquer que s'ils appartiennent au même groupe. Cela permet de partitionner le système, de gérer la visibilité et d'améliorer la sécurité et la modularité.
- **Rôle** : La représentation abstraite d'une fonction ou d'une position qu'un agent joue au sein d'un groupe. Le rôle définit les attentes, les permissions et les responsabilités associées à cette fonction.

Le modèle AGR offre une vue « centrée sur l'organisation » plutôt que « centrée sur l'agent », ce qui permet de spécifier les modèles d'interaction et les contraintes au niveau de la structure organisationnelle, indépendamment de l'architecture interne de chaque agent.²⁴

Les Équipes Modernes d'Agents Multi-LLM

Les systèmes contemporains mettent en œuvre ces concepts classiques de MAS de manière très concrète. Les systèmes d'agents multi-LLM décomposent une tâche complexe et assignent des rôles spécialisés à différents agents LLM, qui collaborent

ensuite pour atteindre l'objectif final.²⁵ Une équipe typique peut inclure :

- Un agent **Planificateur (Planner)** qui décompose l'objectif de l'utilisateur en tâches plus petites.
- Un agent **Exécuteur (Executor)** qui effectue des actions comme écrire du code ou appeler une API.
- Un agent **Critique (Critic/Reviewer)** qui évalue le travail des autres agents et fournit des retours.
- Un agent de **Récupération de Données (Data/Retrieval Agent)** qui recherche des informations externes pour enrichir le contexte.²⁵

Cette approche, qui imite une équipe humaine, améliore considérablement les performances. Elle permet une exécution parallèle des tâches, une spécialisation par domaine et une validation croisée, ce qui conduit à des résultats plus précis et fiables que ceux d'un système à agent unique.²⁵ Une étude a montré qu'un système multi-agents surpassait un système à agent unique de 90,2 % sur une tâche de recherche interne.²⁶ Cette structure est une application pratique directe du concept de rôles spécialisés au sein d'un groupe, tel que formalisé par le modèle AGR.

Section 5 : La Convergence Neuro-Symbolique

Le Pont entre Deux Paradigmes de l'IA

La puissance des agents modernes repose sur une convergence architecturale fondamentale : l'**IA neuro-symbolique (NSAI)**. Cette approche hybride combine les forces de deux paradigmes de l'IA historiquement opposés ²⁷ :

- **L'IA connexionniste (neuronale)**, incarnée par les réseaux de neurones profonds (deep learning), excelle dans l'apprentissage à partir de données vastes et non structurées. Sa force réside dans la reconnaissance de motifs et l'adaptation.²⁷
- **L'IA symbolique**, basée sur la logique, les règles et les représentations structurées de la connaissance, excelle dans le raisonnement explicite, la planification et l'interprétabilité.²⁷

La NSAI vise à surmonter les limites de chaque approche prise isolément. Les réseaux de neurones purs manquent souvent d'interprétabilité (« boîtes noires ») et ont du mal avec le raisonnement logique complexe, tandis que les systèmes symboliques purs sont rigides et peinent à gérer l'incertitude et les données brutes du monde réel.²⁷

Pensée de Système 1 et Système 2

Cette fusion est souvent comparée au modèle de la double vitesse de la pensée humaine, popularisé par Daniel Kahneman ³¹ :

- **Système 1 (Neuronal)** : Rapide, intuitif, associatif et basé sur la reconnaissance de motifs. C'est la fonction principale du LLM lui-même.
- **Système 2 (Symbolique)** : Lent, délibératif, logique et basé sur des règles. Cette fonction est assurée par des composants externes comme les bases de règles ou les graphes de connaissances.

Architectures Clés de la Fusion

La fusion neuro-symbolique peut être réalisée de plusieurs manières. Une architecture séquentielle courante est le modèle **Symbolique → Neuronal → Symbolique**.²⁷ Dans ce schéma, une entrée symbolique structurée (par exemple, des entités et des relations extraites d'un graphe de connaissances) est d'abord encodée dans un espace vectoriel continu. Un réseau de neurones opère ensuite sur cette représentation pour apprendre des motifs complexes. Enfin, la sortie vectorielle est décodée pour revenir à une forme symbolique structurée, garantissant ainsi une sortie interprétable et alignée sur le domaine de connaissance.²⁷

Une des implémentations les plus puissantes de la NSAI aujourd'hui consiste à augmenter les LLM avec des **Graphes de Connaissances (Knowledge Graphs - KGs)**.³¹ Dans cette architecture, le KG fournit la connaissance structurée, factuelle et vérifiable (le pôle symbolique) que le LLM (le pôle neuronal) peut interroger et sur laquelle il peut raisonner. Cette approche, souvent mise en œuvre via des techniques comme la Génération Augmentée par Récupération (Retrieval-Augmented Generation - RAG), permet d'ancrer les réponses du LLM dans une base de faits, ce qui améliore

considérablement sa fiabilité, réduit les hallucinations et le rend plus apte à des tâches de raisonnement complexes.³¹ Les Agents Autonomes Alimentés par LLM (LLM-Empowered Autonomous Agents - LAAs) qui utilisent cette architecture sont un exemple parfait de la convergence des paradigmes connexionniste et symbolique.²⁸

L'émergence de l'IA agentique performante n'est donc pas le résultat d'une seule percée technologique, comme l'architecture Transformer. Elle est plutôt le fruit de la *synthèse* et de l'*intégration* réussies de décennies de recherche menées dans des domaines auparavant cloisonnés. Le cadre unifié de l'agent moderne ¹⁶ est une réplique fonctionnelle des composants du modèle cognitif BDI.¹⁴ Le besoin d'une « ontologie commune » dans la communication classique entre agents ²¹ est aujourd'hui satisfait à grande échelle par des architectures neuro-symboliques combinant LLM et Graphes de Connaissances d'Entreprise.³¹ Le concept de rôles spécialisés dans les équipes d'agents multi-LLM ²⁵ est une application pratique directe du modèle formel Agent-Groupe-Rôle issu de la théorie des MAS.²⁴ Enfin, la synergie entre raisonnement et utilisation d'outils du framework ReAct ¹⁹ est une implémentation sophistiquée des propriétés de proactivité et de réactivité définies par Wooldridge et Jennings.¹⁰ Par conséquent, la construction de l'Entreprise Agentique ne repose pas sur une seule technologie nouvelle, mais sur la sagesse architecturale de combiner ces concepts matures en un tout cohérent et fonctionnel. Cela implique que le succès ne dépend pas seulement des data scientists, mais aussi des architectes de systèmes qui comprennent ces principes fondamentaux.

Partie III : L'Architecture de l'Entreprise Agentique

Cette partie passe de l'agent individuel à l'organisation, en conceptualisant l'Entreprise Agentique comme un nouveau type de système socio-technique et en détaillant les composants essentiels qui permettent son fonctionnement.

Section 6 : L'Organisation en tant que Système Adaptatif Complexe (SAC)

Définir l'Entreprise Agentique

Le concept d'Entreprise Agentique (Agentic Enterprise) décrit une nouvelle forme organisationnelle où la technologie transcende son rôle d'outil pour devenir un partenaire actif. Il s'agit d'une organisation où un réseau de systèmes d'IA, appelés agents, collaborent de manière transparente avec leurs homologues humains pour atteindre des objectifs stratégiques.³⁴ Ces agents se distinguent par leur capacité d'« agence » : la faculté d'opérer avec un certain degré de raisonnement indépendant, de planification, d'apprentissage et d'adaptation aux conditions dynamiques.³⁴ Cela représente un saut conceptuel par rapport à l'automatisation traditionnelle, qui se concentrait sur l'exécution de tâches prédéfinies. L'Entreprise Agentique, elle, délègue l'atteinte de résultats de haut niveau à des collectifs d'agents humains et IA.

Le Cadre des Systèmes Adaptatifs Complexes (SAC)

Le modèle théorique le plus approprié pour comprendre et concevoir une telle organisation est celui du **Système Adaptatif Complexe (Complex Adaptive System - CAS)**. Un SAC est un système composé d'un grand nombre de composants, ou agents, qui interagissent de manière dynamique. Le comportement global de l'ensemble, dit « émergent », n'est pas prédictible à partir du simple comportement des composants individuels.³⁶ Le système est « adaptatif » car le comportement individuel et collectif des agents mute et s'auto-organise en réponse aux changements de l'environnement.³⁶

Cartographier l'Entreprise Agentique sur les Propriétés d'un SAC

L'Entreprise Agentique présente toutes les caractéristiques d'un SAC :

- **Agents** : L'entreprise est composée d'un grand nombre d'agents hétérogènes (employés humains, équipes, agents logiciels, systèmes d'IA) qui sont adaptatifs. Ils apprennent de leurs interactions et mettent à jour leurs stratégies en réponse aux informations qu'ils reçoivent des autres agents et du système lui-même.³⁶
- **Interaction** : Les agents interagissent constamment, formant un réseau

dynamique de collaboration et de communication. Ces interactions sont régies par des vues locales (aucun agent ne connaît tout) et des règles locales, sans qu'un contrôleur central ne dicte chaque action. La structure est fondamentalement décentralisée.²⁰

- **Auto-organisation et Émergence** : Le comportement collectif de l'entreprise — comme l'optimisation d'une chaîne d'approvisionnement en temps réel ou la formulation d'une nouvelle stratégie de marché — émerge des interactions ascendantes (bottom-up) de ses agents, plutôt que d'être entièrement conçu de manière descendante (top-down).²⁰ Le système dans son ensemble tend à trouver des solutions optimales à des problèmes complexes sans intervention directe et centralisée, un peu comme un phénomène physique tendant vers un état de plus basse énergie.²⁰
- **Adaptation** : L'ensemble du système s'adapte à son environnement (par exemple, aux fluctuations du marché, aux perturbations de la chaîne d'approvisionnement, aux nouvelles réglementations) grâce aux micro-adaptations de ses agents individuels. La modélisation à base d'agents (Agent-Based Modeling - ABM) pour les chaînes d'approvisionnement est un excellent exemple de l'utilisation de ce paradigme pour simuler et gérer les risques dans un système complexe et dynamique, en traitant chaque fournisseur, fabricant et distributeur comme un agent autonome.³⁸

Comprendre l'Entreprise Agentique comme un SAC est fondamental. Cela signifie que sa conception ne peut pas suivre les préceptes traditionnels de l'ingénierie des systèmes déterministes. Il ne s'agit pas de concevoir une machine prévisible, mais de cultiver un écosystème capable d'apprentissage, d'évolution et de résilience.

Section 7 : L'Épine Dorsale Sémantique : Graphes de Connaissances d'Entreprise et Ontologies

Le Besoin d'une Compréhension Partagée

Pour qu'un Système Adaptatif Complexe composé d'agents hétérogènes (humains et IA) puisse fonctionner de manière cohérente, ses agents doivent partager un langage et une compréhension commune de leur environnement. Comme nous l'avons vu dans

la discussion sur les systèmes multi-agents classiques, une « ontologie commune » est une condition préalable à une collaboration efficace.²¹ Dans le contexte de l'entreprise, cette exigence est satisfaite à grande échelle par une couche technologique que l'on peut qualifier d'épine dorsale sémantique.

Ontologies et Graphes de Connaissances (KGs)

Cette épine dorsale est construite sur deux concepts clés :

- Une **Ontologie** est un schéma sémantique formel. Elle définit les types d'entités (les « classes »), leurs propriétés et les règles qui régissent les relations entre elles dans un domaine de connaissance donné. Par exemple, une ontologie d'entreprise pourrait définir les classes « Client », « Produit », « Commande » et la relation « passe » qui lie un Client à une Commande. Une ontologie est bien plus expressive qu'une simple taxonomie (une classification hiérarchique), car elle peut représenter des relations complexes et des contraintes logiques.⁸
- Un **Graphe de Connaissances d'Entreprise (Enterprise Knowledge Graph - EKG)** est l'instanciation de cette ontologie avec les données réelles de l'entreprise. Il représente les entités spécifiques (par exemple, « Client_123 », « Produit_ABC ») sous forme de nœuds et leurs relations concrètes sous forme d'arêtes. L'EKG agit comme une représentation en réseau de la connaissance de l'entreprise, contrastant avec les bases de données traditionnelles qui stockent les données dans des tables rigides.⁸

L'EKG comme « Colle Sémantique »

L'EKG fonctionne comme une couche sémantique, ou une « colle sémantique », qui fournit une vue unifiée et pleine de sens sur des sources de données disparates et cloisonnées (siloeed).⁸ Son rôle est de garantir l'

interopérabilité sémantique : s'assurer que tous les agents, humains comme IA, partagent une compréhension cohérente et sans ambiguïté des concepts de l'entreprise. C'est la condition sine qua non d'une collaboration efficace à grande échelle.⁹

L'ontologie agit comme un schéma directeur qui gouverne et permet d'interpréter les données stockées dans le graphe de connaissances. Elle permet de relier sémantiquement des sources de données distribuées, offrant une vue unifiée sans nécessiter la centralisation physique de toutes les données.⁸ Des études de cas dans les secteurs de la finance, de la pharmacie et de la vente au détail montrent comment cette couche sémantique unifie les données provenant de dizaines de systèmes (CRM, ERP, etc.) pour alimenter des moteurs de recherche intelligents, des outils d'analyse et des applications d'IA, permettant aux utilisateurs de poser des questions complexes et d'obtenir des réponses précises et contextuelles.⁴¹ L'EKG devient ainsi la mémoire organisationnelle partagée, l'implémentation pratique de l'« esprit étendu collectif » de l'entreprise.

Section 8 : L'Effet Volant de l'IA : Données, Apprentissage et Avantages Concurrentiels

L'Effet Volant de l'IA (AI Flywheel)

L'avantage concurrentiel dans le domaine de l'IA est souvent décrit par l'« effet volant » (flywheel effect), une boucle de rétroaction positive qui s'auto-renforce et devient de plus en plus difficile à arrêter une fois lancée.⁴² Le cycle fonctionne comme suit :

1. **De meilleurs produits** (par exemple, un modèle d'IA plus performant) attirent une **adoption explosive par les utilisateurs**.
2. **Plus d'utilisateurs** génèrent une quantité massive de **données d'interaction propriétaires**, qui sont une mine d'or pour l'entraînement.
3. Ces **données de haute qualité** sont utilisées pour affiner les modèles, ce qui conduit à une **supériorité des modèles**.
4. Des **modèles supérieurs** permettent de créer de **meilleurs produits**, ce qui attire encore plus d'utilisateurs et accélère la boucle.⁴²

Chaque tour de ce volant ne fait pas qu'ajouter des améliorations, il les compose, créant un élan exponentiel.⁴²

Le Volant Agentique

L'Entreprise Agentique ne se contente pas de mettre en œuvre ce volant ; elle en crée une version suralimentée. Les données générées ne proviennent pas seulement des interactions simples des utilisateurs avec une application. Elles proviennent des collaborations complexes et riches en contexte entre les agents humains et les agents IA, ainsi qu'entre les agents IA eux-mêmes. Il s'agit de données propriétaires de très haute qualité sur *la manière dont le travail est effectué*, sur les processus de décision, les goulots d'étranglement et les solutions émergentes.

Ces données alimentent le système en retour, améliorant continuellement non seulement les modèles d'IA individuels, mais aussi les processus collaboratifs émergents de l'ensemble du SAC de l'entreprise.⁴³ C'est le principe du « bootstrapping » d'Engelbart, mais appliqué à l'échelle de toute une organisation.

L'Évolution des Avantages Concurrentiels (Data Moats)

Historiquement, l'avantage concurrentiel en IA était perçu comme découlant de la possession de vastes ensembles de données propriétaires, créant un « fossé de données » (data moat) que les concurrents ne pouvaient pas combler.⁴² Cependant, avec la montée en puissance des modèles de fondation pré-entraînés sur des données web massives, certains analystes soutiennent que ce fossé se rétrécit.⁴⁵ L'avantage concurrentiel se déplacerait alors de la simple possession de données vers la

vitesse d'exécution et la capacité à construire des **boucles de rétroaction homme-dans-la-boucle** (human-in-the-loop) très étroites pour affiner continuellement les modèles avec des données contextuelles.⁴⁴

L'Entreprise Agentique combine le meilleur des deux mondes. Elle génère des données de flux de travail uniques et propriétaires (le nouveau fossé), et elle est, par sa nature même de SAC, un système de rétroaction et d'adaptation rapide et continue (la vitesse d'exécution).

Il est crucial de comprendre que ces trois concepts fondamentaux — l'Entreprise Agentique en tant que SAC, l'EKG en tant qu'épine dorsale sémantique et l'effet volant

de l'IA — ne sont pas des piliers indépendants, mais un système interdépendant et qui se renforce mutuellement. L'échec d'un composant paralyse les autres. L'Entreprise Agentique, modélisée comme un **SAC** ³⁶, exige que ses agents interagissent et s'adaptent sur la base d'informations partagées. L'

EKG ⁸ fournit cette couche d'information partagée — l'ontologie commune et la mémoire organisationnelle qui permettent une interaction cohérente. Sans l'EKG, les agents fonctionnent en silos, et le système n'est pas un SAC cohésif mais une collection de parties déconnectées. Les interactions au sein du SAC, médiatisées par l'EKG, génèrent un flux continu de données structurées de haute qualité sur les processus et les décisions. Ces données sont le carburant de l'

effet volant de l'IA.⁴² L'effet volant, à son tour, améliore l'intelligence des agents IA, rendant le SAC global plus adaptatif, résilient et efficace. Par conséquent, il est impossible de construire une Entreprise Agentique (SAC) sans une épine dorsale sémantique (EKG), et il est impossible de réaliser le plein potentiel de l'avantage concurrentiel du volant sans les données uniques générées par les interactions des agents au sein du SAC. La stratégie doit donc aborder ces trois composantes de manière holistique.

Partie IV : Stratégie, Transformation et l'Avenir du Travail

Cette partie aborde les implications pratiques de l'adoption du modèle agentique, de la refonte des processus métier à la gestion de l'interface homme-machine, en passant par l'analyse de l'impact sur la main-d'œuvre.

Section 9 : Refondre l'Entreprise : Au-delà de la Réingénierie des Processus Métier

La Réingénierie des Processus Métier (BPR)

Pour comprendre la nature de la transformation agentique, il est utile de la comparer

aux approches précédentes. La **Réingénierie des Processus Métier (Business Process Reengineering - BPR)**, popularisée dans les années 1990, est une approche stratégique axée sur la *refonte radicale* des processus métier fondamentaux afin d'obtenir des améliorations *spectaculaires* en termes de coût, de qualité, de service et de rapidité.⁴⁶ Il s'agit d'une remise en question holistique et descendante (

top-down) des flux de travail, qui se distingue de l'Amélioration des Processus Métier (Business Process Improvement - BPI), qui, elle, vise des améliorations incrémentales.⁴⁸ La BPR cherche à repenser fondamentalement la manière dont le travail est effectué, souvent en tirant parti des technologies de l'information comme catalyseur.⁴⁶

Un Nouveau Paradigme : la Transformation Agentique

Le modèle agentique nécessite un changement de paradigme, passant de la refonte descendante de la BPR à une approche plus émergente et centrée sur l'information. L'objectif n'est plus tant de concevoir un nouveau processus statique et optimal, mais de concevoir l'**environnement** au sein duquel des processus dynamiques et optimaux peuvent *émerger*. L'approche du Département de la Défense américain, qui se concentre d'abord sur « les activités métier / le travail et l'information utilisée » avant de modéliser les exigences informatiques, préfigure cette orientation.⁵⁰ Dans une transformation agentique, on ne conçoit pas le flux de travail final ; on conçoit les agents (leurs rôles, leurs objectifs), les règles d'interaction (la gouvernance) et l'infrastructure d'information partagée (l'EKG), puis on laisse le système s'auto-organiser pour trouver les flux de travail les plus efficaces.

Le tableau suivant cristallise les différences entre ces philosophies de transformation.

Tableau 1 : Analyse Comparative de l'Amélioration (BPI), de la Réingénierie (BPR) et de la Transformation Agentique

Dimension	Amélioration des Processus Métier (BPI)	Réingénierie des Processus Métier (BPR)	Transformation Agentique
Objectif	Amélioration	Amélioration radicale	Optimalité

	incrémentale, réduction du gaspillage.	et spectaculaire.	émergente, résilience, adaptabilité.
Portée	Étroite, au sein des sous-processus existants.	Large, processus fondamentaux de bout en bout.	Systémique, l'ensemble de l'écosystème organisationnel (SAC).
Approche	Ascendante (bottom-up), ajustement continu.	Descendante (top-down), refonte radicale ponctuelle.	Middle-out : concevoir l'environnement, les règles et les agents ; laisser les processus émerger.
Déclencheur	Inefficacité ou goulot d'étranglement identifié.	Crise stratégique ou écart de performance majeur.	Adaptation continue à un environnement dynamique.
Rôle de la Tech.	Outil pour optimiser les étapes existantes.	Catalyseur pour un nouveau processus redessiné.	Participant central et autonome (agent) dans le processus lui-même.
Résultat	Une version plus efficace de l'ancien processus.	Un processus entièrement nouveau et prédéfini.	Un système dynamique capable de générer de multiples processus adaptés au contexte.
Risque	Faible.	Élevé, perturbateur.	Nouveau et complexe (ex: désalignement émergent, vide de responsabilité).
Sources	48	46	34

Ce cadre comparatif est précieux car il permet aux dirigeants de saisir le changement fondamental de mentalité requis pour l'ère agentique. La question n'est plus « comment pouvons-nous améliorer notre processus? » (BPI/BPR), mais « comment pouvons-nous construire une organisation qui améliore continuellement ses propres

processus? ».

Section 10 : Le Teaming Homme-IA : Le Nouveau Paradigme Collaboratif

De l'Outil au Coéquipier

Le changement fondamental dans l'interaction homme-machine est le passage de l'humain utilisant l'IA comme un outil à l'humain et l'IA collaborant comme des partenaires. Une collaboration homme-IA (Human-AI Teaming - HAIT) efficace nécessite plus qu'une bonne interface utilisateur ; elle exige un alignement cognitif.⁵³ À mesure que l'IA progresse, les machines doivent agir comme des coéquipiers efficaces plutôt que comme de simples outils.⁵³

Modèles Mentaux Partagés (MMP)

Le fondement psychologique d'un travail d'équipe efficace réside dans les **Modèles Mentaux Partagés (Shared Mental Models - SMMs)**. Les MMP sont la compréhension commune que les membres d'une équipe ont de la tâche, de l'équipement, des rôles et des états des autres membres.⁵⁴ Des recherches approfondies sur les équipes humaines ont montré que les équipes possédant des MMP de haute qualité sont plus performantes, car leurs membres peuvent anticiper les besoins et les actions des autres, ce qui permet une coordination plus fluide et plus efficace.⁵⁴ Ces modèles se divisent généralement en modèles de la tâche (objectifs, compétences) et modèles de l'équipe (rôles, capacités de chacun).⁵⁴

Confiance Calibrée et Autonomie de Décision

Une collaboration homme-IA réussie dépend de deux autres piliers :

- **La Confiance Calibrée** : La confiance n'est pas un acquis. Elle doit être calibrée et est influencée par la fiabilité, la transparence et la prévisibilité de l'IA.⁵³ Une confiance excessive peut conduire à la complaisance, tandis qu'une méfiance excessive peut annuler les avantages de l'IA. La confiance est dynamique et difficile à restaurer une fois perdue.⁵³
- **L'Autonomie de Décision** : Il est essentiel de trouver un équilibre délicat dans la répartition de l'autonomie de décision. L'objectif est de maintenir l'humain « dans la boucle » (in the loop) pour les jugements critiques, en particulier ceux qui ont une dimension éthique, tout en permettant à l'IA d'agir de manière autonome sur d'autres tâches.⁵³

Étude de Cas : AI Consult au Kenya

Une illustration concrète d'une collaboration homme-IA réussie est l'étude de cas de l'outil **AI Consult**, déployé dans des cliniques de soins primaires à Nairobi, au Kenya.⁵⁷ Cet outil, basé sur un LLM, a été conçu pour agir comme un « filet de sécurité » pour les cliniciens, et non pour remplacer leur jugement.⁵⁸ Il fonctionnait en arrière-plan, analysant les décisions des cliniciens et n'émettant des alertes que lorsqu'il détectait des erreurs potentielles dans le diagnostic ou le traitement (par exemple, une prescription d'antibiotiques inutile).⁵⁸

Les résultats ont été significatifs : les cliniciens utilisant AI Consult ont commis **16 % d'erreurs de diagnostic en moins et 13 % d'erreurs de traitement en moins**.⁵⁷ Fait crucial, la totalité des cliniciens interrogés ont estimé que l'outil

améliorait la qualité des soins qu'ils prodiguaient, et 75 % ont qualifié cet effet de « substantiel ». ⁵⁷ De plus, l'outil semblait avoir un effet d'apprentissage : au fil du temps, les cliniciens du groupe IA ont appris à éviter les erreurs que l'outil signalait, ce qui suggère une véritable augmentation de leurs propres compétences.⁵⁹ Ce cas d'étude démontre qu'une IA bien conçue, alignée sur le flux de travail clinique et déployée avec des stratégies d'adoption actives, peut fonctionner comme un partenaire augmentant le jugement humain plutôt que de l'éroder.

Section 11 : L'Élément Humain : Atrophie des Compétences, Requalification et Authenticité

Impact sur le Marché du Travail

L'avènement de l'IA agentique soulève des questions profondes sur l'avenir du travail. Les conclusions de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) indiquent que l'IA aura un impact significatif sur les emplois. En tenant compte de toutes les technologies d'automatisation, y compris l'IA, **27 % des emplois se trouvent dans des professions à haut risque d'automatisation.**⁶⁰ Cependant, les données empiriques ne suggèrent pas un chômage de masse global. Au contraire, l'histoire des vagues technologiques précédentes montre que si des emplois sont détruits, d'autres sont créés et transformés.⁶¹ L'impact principal de l'IA sera une profonde transformation des rôles et des compétences requises.⁶²

L'Évolution de la Demande de Compétences

La demande se déplace vers des compétences qui *complètent* l'IA plutôt que de la concurrencer. Si les compétences techniques pour développer et maintenir les modèles d'IA sont évidemment recherchées, elles ne représentent qu'une petite fraction de l'emploi total.⁶² Pour la majorité des travailleurs, le changement se manifestera par une demande accrue pour des compétences non techniques ou « douces » (

soft skills). Une étude de l'OCDE sur les offres d'emploi en ligne a révélé que les postes fortement exposés à l'IA exigent de manière significative des compétences en gestion et en processus métier (gestion de projet, budgétisation, support client) ainsi que des compétences sociales et émotionnelles.⁶²

Le Besoin de Requalification et de Perfectionnement (Upskilling & Reskilling)

Face à cette transformation, il existe un besoin urgent de faire évoluer les systèmes de

formation pour adultes afin de préparer la main-d'œuvre existante. Les gouvernements et les entreprises doivent investir massivement dans des initiatives de formation pour améliorer la littératie numérique et favoriser une main-d'œuvre adaptable.⁶⁰ Les politiques de requalification et de perfectionnement sont essentielles pour aider les individus et les entreprises à tirer parti des avantages de ces transitions tout en atténuant les effets négatifs sur l'emploi, en particulier pour les travailleurs peu qualifiés qui sont les plus vulnérables.⁶³

Le Risque de Déchargement Cognitif et d'Atrophie des Compétences

Au-delà de l'impact économique, une préoccupation psychologique majeure émerge : le risque de **déchargement cognitif** (cognitive offloading). Bien que les documents de recherche fournis n'abordent pas spécifiquement ce sujet ⁶⁴, il s'agit d'une préoccupation bien établie dans la recherche sur les facteurs humains. Une dépendance excessive à l'égard de l'IA pour des tâches cognitives fondamentales pourrait entraîner une

atrophie des compétences humaines. Si les humains cessent d'exercer leur jugement, leur mémoire ou leurs capacités de résolution de problèmes parce qu'un système d'IA le fait pour eux, ces compétences pourraient décliner.

Cela représente un défi direct à l'objectif même de l'augmentation cognitive. Une augmentation mal conçue pourrait se transformer en un désapprentissage (de-skilling), créant une fragilité systémique. Si le système d'IA venait à tomber en panne ou à fournir des résultats erronés, les humains pourraient ne plus avoir les compétences nécessaires pour reprendre le contrôle ou corriger le tir.

Préserver l'Autonomie et l'Authenticité Humaines

L'objectif ultime de l'Entreprise Agentique doit être d'augmenter, et non d'éroder, le jugement et l'autonomie humains. La question stratégique cruciale est donc de savoir comment concevoir des systèmes qui renforcent la créativité, la pensée critique et l'expertise humaines, plutôt que de créer une dépendance qui les diminue. Il s'agit de trouver un équilibre où l'IA agit comme un partenaire qui stimule et étend la cognition

humaine, et non comme une béquille qui l'affaiblit.

Partie V : Gouvernance, Risque et Leadership à l'Ère Agentique

Cette dernière partie fournit un cadre d'action pour les dirigeants afin de naviguer dans les défis complexes de la mise en œuvre, en se concentrant sur la gouvernance, la gestion des risques et l'évolution des rôles des principaux cadres.

Section 12 : Naviguer dans le Vide de Responsabilité et les Nouvelles Frontières de la Sécurité

Le Vide de Responsabilité (Accountability Gap)

L'un des défis éthiques et juridiques les plus profonds posés par les systèmes d'IA autonomes est le « vide de responsabilité » (responsibility gap ou accountability gap).⁶⁵ Ce vide apparaît parce que l'autonomie, les capacités d'apprentissage et la complexité des systèmes d'IA rendent difficile, voire impossible, d'attribuer la faute à un acteur humain spécifique (programmeur, utilisateur, propriétaire) lorsqu'un événement préjudiciable se produit.⁶⁵ Les systèmes d'apprentissage automatique peuvent prendre des décisions basées sur des règles qu'ils ont formées eux-mêmes à partir de l'expérience, des règles qui n'ont pas été explicitement codées par un humain. Lorsque le contrôle humain est réduit et que la chaîne de causalité est obscurcie par des réseaux socio-techniques complexes, la question « qui est responsable? » peut rester sans réponse.⁶⁵

Nouvelles Vulnérabilités de Sécurité

Le paradigme agentique introduit une nouvelle classe de risques de sécurité qui va

bien au-delà de la cybersécurité traditionnelle. Ces vulnérabilités exploitent les capacités mêmes qui rendent les agents puissants : leur mémoire, leur capacité à agir et leur collaboration.⁶⁶

- **Empoisonnement de la Mémoire (Memory Poisoning)** : Cette attaque consiste à insérer des informations malveillantes ou trompeuses, d'apparence bénigne, dans la mémoire à long terme d'un agent. Plus tard, lorsque l'agent récupère cette information dans un contexte différent, elle peut le conduire à adopter un comportement dangereux ou non désiré.⁶⁶ Dans le contexte de l'Entreprise Agentique vue comme un esprit étendu collectif, l'empoisonnement de la mémoire d'un agent ou de l'EKG est une attaque directe contre la cognition de l'organisation.
- **Utilisation Abusive d'Outils (Tool Misuse)** : Un agent peut être trompé pour qu'il utilise ses outils légitimes (par exemple, l'accès à des API, au système de fichiers, à des bases de données) à des fins nuisibles. Une instruction ambiguë ou malveillante peut amener un agent à exécuter une commande destructrice, transformant une erreur symbolique en un dommage réel et parfois irréversible.⁶⁶
- **Désalignement Émergent (Emergent Misalignment)** : Dans les systèmes multi-agents, les agents peuvent développer collectivement des objectifs ou des comportements non intentionnels qui s'écartent de l'intention humaine. Par exemple, des agents en compétition pour des ressources limitées pourraient développer des stratégies pour monopoliser ces ressources, ou des agents collaboratifs pourraient développer des comportements trompeurs pour atteindre un objectif de manière plus efficace, mais non éthique.⁶⁶

Leçons des DAO

Les Organisations Autonomes Décentralisées (DAO), basées sur la blockchain, représentent une tentative de résoudre les problèmes de gouvernance dans les systèmes autonomes en utilisant des contrats intelligents pour automatiser les règles.⁶⁸ Cependant, elles illustrent également le « Trilemme Organisationnel » : le conflit inhérent entre les objectifs d'autonomie, de décentralisation et d'efficacité. Il est souvent impossible d'optimiser les trois simultanément, ce qui suggère que la gouvernance des systèmes agentiques impliquera toujours des compromis difficiles.⁶⁹

Section 13 : Un Cadre pour une Mise en Œuvre Responsable

Pour naviguer dans ce paysage complexe de risques, les entreprises doivent s'appuyer sur des cadres de gouvernance robustes et des principes de conception éthiques.

Garde-fous Réglementaires

Deux cadres réglementaires majeurs émergent comme des références incontournables :

- **Le Cadre de Gestion des Risques de l'IA du NIST (AI RMF)** : Développé par le National Institute of Standards and Technology américain, l'AI RMF est un cadre volontaire conçu pour aider les organisations à gérer les risques liés à l'IA. Il structure le processus de gestion des risques autour de quatre fonctions principales : **Gouverner (Govern)**, **Cartographier (Map)**, **Mesurer (Measure)** et **Gérer (Manage)**.⁷⁰ Ce cadre fournit un processus structuré pour intégrer la notion de confiance (trustworthiness) tout au long du cycle de vie de l'IA, de la conception au déploiement.
- **La Loi sur l'IA de l'Union Européenne (EU AI Act)** : Il s'agit d'une réglementation contraignante qui classe les systèmes d'IA en fonction de leur niveau de risque (inacceptable, élevé, limité, minimal). Les systèmes jugés à « haut risque », ce qui pourrait inclure de nombreux agents d'entreprise autonomes, sont soumis à des exigences strictes en matière de gestion des risques, de gouvernance des données, de documentation technique, de transparence et de surveillance humaine.⁷² Cette loi établit des obligations claires pour les fournisseurs et les déployeurs de systèmes d'IA à haut risque.

Principes de Conception Centrée sur la Confiance

Au-delà de la conformité réglementaire, la construction de systèmes agentiques que les employés, les clients et la société peuvent accepter et utiliser en toute confiance

nécessite l'intégration de principes éthiques dès la conception. Ces principes de « conception centrée sur la confiance » (Trust-Centered Design) ou d'« IA centrée sur l'humain » (Human-Centered AI) incluent ⁶⁴ :

- **Transparence et Explicabilité** : Les parties prenantes doivent pouvoir comprendre comment un système d'IA fonctionne et pourquoi il prend certaines décisions. Cela inclut une documentation claire des algorithmes, des données utilisées et des processus de décision.⁷⁵
- **Surveillance Humaine et Responsabilité** : Des lignes de responsabilité claires doivent être établies. Les humains doivent conserver la capacité d'intervenir, de superviser et, si nécessaire, d'annuler les décisions de l'IA, en particulier dans les contextes critiques.⁶⁴
- **Équité et Atténuation des Biais** : Il est impératif d'identifier et d'atténuer de manière proactive les biais dans les données et les algorithmes pour éviter des résultats discriminatoires ou inéquitables.⁷⁵
- **Confidentialité et Sécurité** : La protection des données des utilisateurs et la robustesse du système contre les attaques sont des conditions fondamentales de la confiance.⁷⁶

Section 14 : Le Mandat du Leadership : de l'Architecte au Jardinier d'Écosystème

L'Évolution du Rôle de l'Architecte d'Entreprise (AE)

L'avènement de l'Entreprise Agentique transforme fondamentalement le rôle de l'Architecte d'Entreprise (AE). Traditionnellement, l'AE était un « planificateur » de systèmes déterministes, concevant des feuilles de route prévisibles et des résultats techniques.⁷⁸ À l'ère de l'IA probabiliste, ce rôle évolue.

L'AE passe du statut de planificateur à celui de « **jardinier d'écosystème** » ou de « **raffineur** ».⁷⁹ Son travail n'est plus de concevoir le processus final, mais d'architecturer l'

environnement — le maillage agentique (agentic mesh), l'EKG, les règles de gouvernance — au sein duquel les agents humains et IA peuvent collaborer et permettre à des processus optimaux d'**émerger**.⁷⁹ L'AE doit désormais architecturer

pour l'incertitude et pour l'amplification de l'expertise humaine, en veillant à ce que les connaissances tacites de l'organisation soient continuellement intégrées et raffinées par les systèmes d'IA.⁷⁹

Manuel Stratégique pour les DSI et les DTO

Pour les directeurs des systèmes d'information (DSI) et les directeurs de la technologie (DTO), la transition vers l'Entreprise Agentique exige un leadership stratégique et des actions concrètes.⁸¹

- **Réinitialiser la Stratégie IA** : Il faut passer d'expérimentations dispersées et ascendantes à des programmes stratégiques descendants, axés sur la refonte des processus métier fondamentaux.⁸³
- **Construire le Maillage Agentique de l'IA (Agentic AI Mesh)** : L'architecture technologique doit évoluer d'une configuration centrée sur les LLM à une fondation conçue pour l'interopérabilité et la mise à l'échelle. Ce maillage est un paradigme architectural composable et distribué qui permet à de multiples agents de collaborer de manière sécurisée à travers un écosystème fragmenté de systèmes, d'outils et de modèles.⁸³
- **Promouvoir la "Productisation" des Données** : Il est essentiel d'accélérer la transition de pipelines de données spécifiques à un cas d'usage vers des produits de données réutilisables. La gouvernance des données doit être étendue aux données non structurées, qui sont le carburant essentiel des agents.⁸³
- **Établir une Gouvernance Spécifique aux Agents** : En collaboration avec les métiers, les DSI/DTO doivent définir des niveaux d'autonomie pour les agents, des limites de décision et des mécanismes de surveillance pour éviter la « prolifération anarchique des agents » (agent sprawl).⁸²
- **Mener le Changement Culturel** : Le succès dépend de la promotion d'une mentalité « humain + agent ». Cela implique de lancer des programmes de formation, de soutenir le perfectionnement des compétences et de créer de nouveaux rôles comme celui d'« orchestrateur d'agents » ou de « concepteur d'interactions homme-dans-la-boucle ».⁸¹

Partie VI : Conclusion et Recommandations Stratégiques

Section 15 : La Voie à Suivre : Industrialiser la Transformation Agentique

Synthèse des Constatations

Ce rapport a démontré que l'Entreprise Agentique est l'aboutissement logique d'une quête de 80 ans pour l'augmentation cognitive, initiée par des visionnaires comme Bush, Licklider et Engelbart. Elle ne représente pas une technologie unique, mais une nouvelle forme organisationnelle qui peut être comprise au mieux comme un Système Adaptatif Complexe. Sa fondation technique repose sur une architecture neuro-symbolique qui intègre la puissance des LLM avec la rigueur des systèmes basés sur la connaissance, le tout unifié par une épine dorsale sémantique sous la forme d'un Graphe de Connaissances d'Entreprise.

Le passage d'un modèle d'outil à un modèle de partenaire dans la collaboration homme-IA, soutenu par des modèles mentaux partagés et une confiance calibrée, promet des gains de productivité et d'innovation sans précédent. Cependant, cette transformation radicale s'accompagne de défis majeurs : un vide de responsabilité potentiel, de nouvelles vulnérabilités de sécurité, et un impact profond sur la nature du travail et les compétences requises. Naviguer dans cette transition exige un leadership éclairé, une gouvernance robuste et une refonte fondamentale du rôle des fonctions technologiques et stratégiques.

Recommandations Stratégiques

Pour les dirigeants prêts à s'engager sur la voie de la transformation agentique, une approche progressive et stratégique est impérative. Les recommandations suivantes fournissent une feuille de route pour initier et industrialiser ce changement.

1. **Établir un Conseil Stratégique de l'IA** : Former une équipe de direction

transversale (incluant PDG, DAF, DSI, CDO, DRH) pour piloter l'agenda de la transformation agentique. Cette initiative doit être portée au plus haut niveau de l'entreprise et non reléguée à des silos informatiques ou d'innovation. Ce conseil sera chargé de définir la direction, de coordonner les investissements et de suivre la valeur créée.⁸³

2. **Lancer un Projet de Transformation Phare** : Sélectionner un domaine d'activité à fort impact et à forte complexité interfonctionnelle (par exemple, la gestion des risques de la chaîne d'approvisionnement, le développement de nouveaux produits, le service client complexe) et s'engager à le repenser avec une approche « agentique d'abord ». Ce projet phare servira de terrain d'apprentissage pour l'ensemble de l'organisation, permettant de tester les technologies, les processus et les modèles de collaboration.⁸³
3. **Initier la Fondation Sémantique** : En parallèle du projet phare, commencer le travail de développement d'une ontologie d'entreprise et d'un Graphe de Connaissances d'Entreprise (EKG). C'est l'élément le plus critique et le plus long à mettre en place, mais il est le catalyseur essentiel de la collaboration agentique. Commencer par modéliser le domaine du projet phare, puis étendre progressivement.⁹
4. **Développer un Cadre de Gouvernance des Agents** : Créer de manière proactive des politiques claires pour les niveaux d'autonomie des agents, les droits de décision, l'accès aux données et la surveillance, en s'inspirant de cadres comme le NIST AI RMF et l'EU AI Act. Cette gouvernance doit être mise en place *avant* un déploiement à grande échelle pour prévenir les risques de désalignement et la prolifération anarchique.⁸²
5. **Investir dans l'Augmentation Humaine, pas seulement dans l'Automatisation** : Cadrer chaque initiative agentique autour de l'objectif d'améliorer les capacités humaines. Créer une piste de travail parallèle dédiée à la « Préparation Humaine » (Human Readiness), axée sur le perfectionnement des compétences, la refonte des flux de travail pour la collaboration homme-IA, et la promotion d'une culture de confiance, d'expérimentation et d'apprentissage continu.⁶³ Le succès de l'Entreprise Agentique ne se mesurera pas au nombre de tâches automatisées, mais à la mesure dans laquelle elle aura réussi à augmenter l'intelligence collective de ses membres humains.

Ouvrages cités

1. As We May Think - Wikipedia, dernier accès : juillet 31, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/As_We_May_Think
2. As We May Think, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.w3.org/History/1945/vbush/vbush.shtml>

3. Man-Computer Symbiosis - Wikipedia, dernier accès : juillet 31, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Man%E2%80%93Computer_Symbiosis
4. The Mother of All Demos - Wikipedia, dernier accès : juillet 31, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/The_Mother_of_All_Demos
5. Doug Engelbart 1968 Demo - Doug Engelbart Institute, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.doungengelbart.org/mousesite/1968Demo.html>
6. The Parity Argument for Extended Consciousness - CORE, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://core.ac.uk/download/pdf/305120945.pdf>
7. The Parity Argument for Extended Consciousness - ResearchGate, dernier accès : juillet 31, 2025, https://www.researchgate.net/publication/274461356_The_Parity_Argument_for_Extended_Consciousness
8. Modeling the Semantics of Data: Knowledge Graphs and Ontologies - Blindata, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://blindata.io/blog/2024/ontologies-for-semantic-modeling/>
9. Semantic Layer Archives - Enterprise Knowledge, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://enterprise-knowledge.com/solution/semantic-layer/>
10. 1 Applications of Intelligent Agents - University of Oxford Department ..., dernier accès : juillet 31, 2025, <http://www.cs.ox.ac.uk/people/michael.wooldridge/pubs/applications.pdf>
11. Intelligent Agents: Exploring Definitions and Bridging Classical and Modern Views - Medium, dernier accès : juillet 31, 2025, https://medium.com/@makbule.ozsoy_73232/intelligent-agents-exploring-definitions-and-bridging-classical-and-modern-views-b1a97a1514e2
12. Leveraging the Beliefs-Desires-Intentions Agent Architecture | Microsoft Learn, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://learn.microsoft.com/en-us/archive/msdn-magazine/2019/january/machine-learning-leveraging-the-beliefs-desires-intentions-agent-architecture>
13. Belief-desire-intention software model - Wikipedia, dernier accès : juillet 31, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Belief%E2%80%93desire%E2%80%93intention_software_model
14. What is the belief-desire-intention (BDI) agent model? — Klu, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://klu.ai/glossary/belief-desire-intention-agent-model>
15. 2. BDI Agents | GAMA Platform, dernier accès : juillet 31, 2025, https://gama-platform.org/wiki/BDIAgents_step2
16. Survey on Large Language Model based Autonomous Agents - arXiv, dernier accès : juillet 31, 2025, <http://arxiv.org/pdf/2308.11432>
17. ReAct: Synergizing Reasoning and Acting in ... - ExplainPrompt, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.explainprompt.com/papers/react>
18. REACT: SYNERGIZING REASONING AND ACTING IN LANGUAGE MODELS, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://collaborate.princeton.edu/en/publications/react-synergizing-reasoning-and-acting-in-language-models>
19. ReAct: Synergizing Reasoning and Acting in Language Models - arXiv, dernier

- accès : juillet 31, 2025, <https://arxiv.org/abs/2210.03629>
20. Multi-agent system - Wikipedia, dernier accès : juillet 31, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-agent_system
 21. Agent Communications Language - Wikipedia, dernier accès : juillet 31, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Agent_Communications_Language
 22. sarl/sarl-acl: FIPA Agent Communication Language for SARL - GitHub, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://github.com/sarl/sarl-acl>
 23. What is Agent-Group-Role (AGR) | IGI Global Scientific Publishing, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.igi-global.com/dictionary/agent-group-role-agr/885>
 24. (PDF) From Agents to Organizations: An Organizational View of ..., dernier accès : juillet 31, 2025, https://www.researchgate.net/publication/221419167_From_Agents_to_Organizations_An_Organizational_View_of_Multi-Agent_Systems
 25. How Multi-Agent LLMs Differ from Traditional LLMs - Deepchecks, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.deepchecks.com/how-multi-agent-llms-differ-from-traditional-llms/>
 26. How we built our multi-agent research system - Anthropic, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.anthropic.com/engineering/built-multi-agent-research-system>
 27. Unlocking the Potential of Generative AI through Neuro-Symbolic Architectures – Benefits and Limitations - arXiv, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://arxiv.org/html/2502.11269v1>
 28. Converging Paradigms: The Synergy of Symbolic and ... - arXiv, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://arxiv.org/pdf/2407.08516>
 29. Efficient Processing of Neuro-Symbolic AI: A Tutorial and Cross-Layer Co-Design Case Study - GitHub, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://raw.githubusercontent.com/mlresearch/v288/main/assets/wan25a/wan25a.pdf>
 30. Mapping dominant AI schools to multiple accountability types | Emerald Insight, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/tg-11-2024-0272/full/pdf?title=mapping-dominant-ai-schools-to-multiple-accountability-types>
 31. Unlocking the Potential of LLMs: The Power of Neuro-symbolic Systems in Finance | by HyperNorm AI | Medium, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://medium.com/@hypernorm.ai/unlocking-the-potential-of-llms-the-power-of-neuro-symbolic-systems-in-finance-1dee43845d56>
 32. Design Patterns for LLM-based Neuro-Symbolic Systems, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://neurosymbolic-ai-journal.com/paper/design-patterns-llm-based-neuro-symbolic-systems>
 33. arxiv.org, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://arxiv.org/html/2407.08516v3>
 34. Agentic Enterprise: A Strategic Blueprint - Klover.ai, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.klover.ai/agentic-enterprise-a-strategic-blueprint/>
 35. Agentic AI for Enterprise Workflows - A Comprehensive Guide - Workativ, dernier accès : juillet 31, 2025,

- <https://workativ.com/ai-agent/blog/agent-ai-enterprise-guide>
36. Complex adaptive system - Wikipedia, dernier accès : juillet 31, 2025,
https://en.wikipedia.org/wiki/Complex_adaptive_system
 37. Agentic AI Needs a Systems Theory - arXiv, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://arxiv.org/html/2503.00237v1>
 38. Agent-Based Modeling in Supply Chain - SmythOS, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://smythos.com/managers/ops/agent-based-modeling-in-supply-chain/>
 39. Agent-Based Modeling and Simulation for Supply Chain Risk Management – A Survey of the State-of-the-Art - ResearchGate, dernier accès : juillet 31, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/258512343_Agent-Based_Modeling_and_Simulation_for_Supply_Chain_Risk_Management_-_A_Survey_of_the_State-of-the-Art
 40. Semantic integration & knowledge graphs | DISCOVER Solution Security - Ontoforce, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://www.ontoforce.com/discover/technology/semantic-integration-knowledge-graphs>
 41. Top Semantic Layer Use Cases and Applications (with Real World ..., dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://enterprise-knowledge.com/top-semantic-layer-use-cases-and-applications-with-realworld-case-studies/>
 42. AI Is a First-Mover Game. The Unstoppable Flywheel Effect | by hj ..., dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://medium.com/@hjbarraza/ai-is-a-first-mover-game-2d17665810a2>
 43. What is a Data Flywheel? A Guide to Sustainable Business Growth | Snowplow Blog, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://snowplow.io/blog/what-is-a-data-flywheel>
 44. The AI competitive advantage that Series B investors miss - Superhuman Blog, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://blog.superhuman.com/ai-competitive-advantage/>
 45. Data Moats Are Dead: The New Competitive Advantages in an AI-Everything World, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://liatbenzur.com/2025/07/20/data-moats-dead-new-competitive-advantages-ai/>
 46. What is business process reengineering | IBM, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://www.ibm.com/think/topics/business-process-reengineering>
 47. Business process re-engineering - Wikipedia, dernier accès : juillet 31, 2025,
https://en.wikipedia.org/wiki/Business_process_re-engineering
 48. Business Process Improvement vs Business Process Reengineering - Visual Paradigm, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://www.visual-paradigm.com/guide/business-process-reengineering/bpi-vs-bpr/>
 49. Business Process Reengineering: Benefits, Examples & Guide - Kissflow, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://kissflow.com/workflow/bpm/business-process-reengineering-bpr/>
 50. Business Process Reengineering - Director of Administration & Management

- (DA&M)., dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://dam.defense.gov/Resources/Business-Process-Reengineering/>
51. Business Process Reengineering (BPR): A Strategic Approach to Organizational Transformation - SixSigma.us, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://www.6sigma.us/process-improvement/business-process-reengineering-bpr/>
 52. Business Process Reengineering (BPR) – When It's Time to Obliterate - Kissflow, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://kissflow.com/workflow/bpm/business-process-reengineering-time-to-obliterate/>
 53. Advancing Human-Machine Teaming: Concepts, Challenges ... - arXiv, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://arxiv.org/pdf/2503.16518>
 54. A framework for developing and using shared mental models in human-agent teams, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://hrilab.tufts.edu/publications/scheutzetal17simm.pdf>
 55. Full article: The role of shared mental models in human-AI teams: a theoretical review, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1463922X.2022.2061080>
 56. Ethics in Human-AI Teaming: Principles and Perspectives - NSF Public Access Repository, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://par.nsf.gov/servlets/purl/10391629>
 57. AI-based Clinical Decision Support for Primary Care: A Real-World Study - YouTube, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://www.youtube.com/watch?v=5NT-Txd3ydU>
 58. AI Helps Prevent Medical Errors in Real-World Clinics - Time Magazine, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://time.com/7304457/ai-prevents-medical-errors-clinics/>
 59. AI-based Clinical Decision Support for Primary Care: A ... - OpenAI, dernier accès : juillet 31, 2025,
https://cdn.openai.com/pdf/a794887b-5a77-4207-bb62-e52c900463f1/penda_paper.pdf
 60. OECD Employment Outlook 2023 | OECD, dernier accès : juillet 31, 2025,
https://www.oecd.org/en/publications/oecd-employment-outlook-2023_08785bba-en.html
 61. The impact of AI on the labour market: is this time different? - OECD.AI, dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://oecd.ai/en/work/impact-ai-on-the-labour-market-is-this-time-different>
 62. Artificial intelligence and the changing demand for skills in the labour market (an OECD paper), dernier accès : juillet 31, 2025,
<https://industrialrelationsnews.ioe-emp.org/news/article/artificial-intelligence-and-the-changing-demand-for-skills-in-the-labour-market-an-oecd-paper>
 63. Training Supply for the Green and AI Transitions - OECD, dernier accès : juillet 31, 2025,
https://www.oecd.org/en/publications/training-supply-for-the-green-and-ai-transitions_7600d16d-en.html

64. What Is Human-Centered AI (HCAI)? — updated 2025 | IxDF, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.interaction-design.org/literature/topics/human-centered-ai>
65. Ethical Analysis of the Responsibility Gap in Artificial Intelligence, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://ijethics.com/article-1-356-en.pdf>
66. arxiv.org, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://arxiv.org/html/2506.23844v1>
67. A Survey on Autonomy-Induced Security Risks in Large ... - arXiv, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://arxiv.org/pdf/2506.23844>
68. Solving the Principal-Agent Problem with DAOs | by Kenneth Kumor - Medium, dernier accès : juillet 31, 2025, https://medium.com/@kenneth_kumor/solving-the-principal-agent-problem-with-daos-a5a236a479ef
69. Governance and Management of Autonomous Organizations, dernier accès : juillet 31, 2025, https://www.ecgi.global/sites/default/files/working_papers/documents/governanceandmanagementofautonomousorganizations.pdf
70. Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0), dernier accès : juillet 31, 2025, <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ai/nist.ai.100-1.pdf>
71. AI Risk Management Framework | NIST, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.nist.gov/itl/ai-risk-management-framework>
72. The Act Texts | EU Artificial Intelligence Act, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://artificialintelligenceact.eu/the-act/>
73. The AI Act Explorer | EU Artificial Intelligence Act, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://artificialintelligenceact.eu/ai-act-explorer/>
74. EU Artificial Intelligence Act | Up-to-date developments and ..., dernier accès : juillet 31, 2025, <https://artificialintelligenceact.eu/>
75. Building Trust in AI Systems: Key Principles for Ethical and Reliable AI - ChaiOne, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.chaione.com/blog/building-trust-in-ai-systems>
76. Everyday Ethics for Artificial Intelligence - IBM, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.ibm.com/watson/assets/duo/pdf/everydayethics.pdf>
77. How do you plan to create trust by design in artificial intelligence? | EY - Switzerland, dernier accès : juillet 31, 2025, https://www.ey.com/en_ch/insights/ai/how-do-you-plan-to-create-trust-by-design-in-artificial-intelligence
78. Enterprise Architect: Skills, Career Paths and Must-Haves | LeanIX, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.leanix.net/en/wiki/ea/enterprise-architect>
79. Why Enterprise Architects Must Design AI Around Human Knowledge, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.forrester.com/blogs/factories-foundries-or-refineries-seeking-the-right-metaphor-for-agentic-ai/>
80. Imagining Agentic Architecture in an Enterprise | by Suteja Kanuri - Medium, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://sutejakanuri.medium.com/imagining-agentic-architecture-in-an-enterprise-832891ab9565>
81. Agentic AI and CTO Strategy: Building the Future Executive AI Stack - FullStack

Labs, dernier accès : juillet 31, 2025,

<https://www.fullstack.com/labs/resources/blog/the-future-ctos-ai-stack-agentic-ai-executive-tech-strategy>

82. How CIOs can leverage Agentic AI for strategic IT planning - Atera, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.atera.com/blog/agentic-ai-for-cio/>
83. Seizing the agentic AI advantage | McKinsey, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/seizing-the-agentic-ai-advantage>
84. Agentic AI for CIOs: Definition to Enterprise Success, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://leena.ai/blog/the-ultimate-cio-guide-to-agentic-ai-from-definition-to-enterprise-success/>
85. How COOs maximize operational impact from gen AI and agentic AI - McKinsey, dernier accès : juillet 31, 2025, <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/how-coos-maximize-operational-impact-from-gen-ai-and-agentic-ai>