

DONAT-SOFT MUKUNA MUYA

MAÎTRISER L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

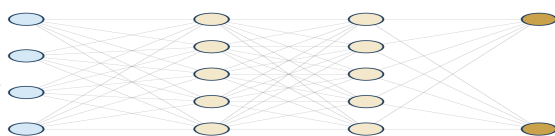
De la théorie à la pratique

Fondements, technologies et souveraineté numérique
pour la RDC et l'Afrique

MANUEL ACADÉMIQUE

35 chapitres · 4 ateliers pratiques · 6 annexes

*Ouvrage destiné à l'enseignement supérieur, à la formation
professionnelle et à la décision publique*



ÉDITIONS

Donat-Soft Mukuna Muya

ORCID : 0009-0006-1911-3277

MAÎTRISER L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

De la théorie à la pratique

*Fondements, technologies et souveraineté numérique
pour la RDC et l'Afrique*

MANUEL ACADÉMIQUE

35 chapitres · 4 ateliers pratiques · 6 annexes

*Ouvrage destiné à l'enseignement supérieur, à la formation professionnelle et à
la décision publique*

Préface : Professeur Dr Ingénieur Élisée ILUNGA MBUYAMBA,
Directeur Général de l'ISTA, Kinshasa.



ÉDITIONS

ISBN : 978-99951-775-5-3

Maîtriser l'intelligence artificielle

Fondements, technologies, gouvernance et souveraineté numérique pour la RDC et l'Afrique

Donat-Soft MUKUNA MUYA

Première édition — 2026

© 2026, Donat-Soft Mukuna Muya. Tous droits réservés.

Édité par : CAFNIA SARL

Courriel : cafnia525@gmail.com.

Autorisation de production

n°096/SG/MIN/CAP/LAT/DAL/MME/OMG/2026.

Dépôt légal : n° HG 3.02606-57391. Bibliothèque nationale, Kinshasa, Juin 2026

Imprimé par : Service National des Approvisionnement et de L'imprimerie/SENAPI.

ISBN : 978-99951-775-5-3

Tous droits réservés.

Aucune partie de cet ouvrage ne peut être reproduite, stockée dans un système de recherche documentaire, ni transmise sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit — électronique, mécanique, photocopie, enregistrement ou autre — sans l'autorisation écrite préalable de l'auteur et de l'éditeur, sauf dans le cas de brèves citations intégrées à des articles critiques ou à des recensions, et dans les limites prévues par la législation en vigueur sur le droit d'auteur.

Le Code de la propriété intellectuelle et la loi de la République Démocratique du Congo relative aux droits d'auteur et droits voisins n'autorisent, d'une part, que les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par la loi.

Avertissement.

L'intelligence artificielle est un domaine en évolution rapide. Les informations contenues dans cet ouvrage sont fournies à titre pédagogique et informatif ; elles reflètent l'état des connaissances et des outils à la date de publication et sont susceptibles d'évoluer. L'auteur et l'éditeur ont apporté le plus grand soin à l'exactitude des contenus, des références et des exemples, mais ne sauraient être tenus responsables des erreurs ou omissions éventuelles, ni des conséquences de l'usage qui pourrait être fait des informations, méthodes ou outils présentés. Les noms de produits, de services et de marques cités le sont uniquement à des fins d'illustration et demeurent la propriété de leurs détenteurs respectifs.

Conception, rédaction : Donat-Soft Mukuna Muya / Mise en page CAFNIA Éditions.

Imprimé en République Démocratique du Congo — Printed in the Democratic Republic of the Congo.

Avant-propos

L'intelligence artificielle n'est plus une promesse lointaine réservée aux laboratoires des grandes puissances : elle est désormais une réalité quotidienne qui transforme la manière dont nous apprenons, soignons, produisons, gouvernons et décidons. En l'espace de quelques années, elle est passée du statut de curiosité technologique à celui de force structurante de notre époque. Devant une telle mutation, deux attitudes seraient également périlleuses : la fascination naïve, qui prend chaque annonce pour une certitude, et le rejet craintif, qui confond prudence et immobilisme. Cet ouvrage propose une troisième voie : celle de la maîtrise.

Maîtriser l'intelligence artificielle, c'est d'abord la comprendre — ses fondements, ses méthodes, ses promesses et ses limites — sans jargon inutile mais sans simplisme. C'est ensuite savoir l'utiliser avec discernement, en gardant à l'esprit qu'aucune machine ne dispense l'humain de penser, de vérifier et d'assumer ses choix. C'est enfin, et peut-être surtout, l'inscrire au service de priorités qui nous sont propres. Car la question décisive, pour la République Démocratique du Congo et pour l'Afrique, n'est pas de savoir si l'IA arrivera — elle est déjà là — mais de savoir si nous la subirons ou si nous saurons en faire un levier de développement, de souveraineté et de dignité.

C'est pourquoi ce livre a été conçu autrement. Plutôt que de traduire une nouvelle fois un regard venu d'ailleurs, il relit chaque notion à la lumière de nos réalités : nos données, nos langues nationales, nos administrations, nos ressources, nos défis et nos talents. Des fondements historiques de la discipline jusqu'à l'art du dialogue avec les modèles génératifs, en passant par la gouvernance, l'économie, la sécurité, l'éthique et la prospective — et, dans cette édition enrichie, jusqu'aux approfondissements techniques les plus récents (apprentissage par renforcement et alignement, déploiement et MLOps, évaluation, matériel et coût énergétique) et à un panorama réglementaire actualisé —, chaque chapitre articule la rigueur scientifique et l'ancrage local. Les nombreux exercices, études de cas et corrigés en font un véritable instrument de formation, destiné aux étudiants, aux chercheurs, aux cadres et aux décideurs.

Cet ouvrage n'a pas la prétention d'épuiser un domaine qui se réinvente sans cesse. Il a une ambition plus modeste et plus utile : donner à chaque lecteur les clés pour comprendre, pour agir et pour décider en connaissance de cause. Si, au terme de ces pages, le lecteur congolais et africain se sent non plus spectateur mais acteur de la révolution de l'intelligence, alors ce livre aura atteint son but.

Je forme le vœu qu'il accompagne une génération décidée à bâtir, ici et maintenant, une société de la connaissance maîtresse de son destin numérique.

Dr Donat-Soft Mukuna Muya

Kinshasa, 2026

Préface

C'est un honneur et un plaisir de préfacer cet ouvrage, dont je salue d'emblée l'ambition et la nécessité. Rares sont les livres qui, sur un sujet aussi mouvant que l'intelligence artificielle, parviennent à concilier la rigueur du fond, la clarté de l'exposé et la justesse de l'ancrage. Celui-ci y réussit, et c'est ce qui en fait, à mes yeux, une contribution remarquable et bienvenue.

Nous vivons une transformation comparable, par son ampleur, à celles qu'ont provoquées l'écriture, l'imprimerie ou l'électricité. L'intelligence artificielle redéfinit le rapport de l'homme au savoir et à la décision. Pour un institut de techniques appliquées comme le nôtre, dont la vocation est de former les ingénieurs et les techniciens qui construiront le pays de demain, l'enjeu est capital : il ne s'agit pas seulement d'enseigner une technologie de plus, mais de préparer une génération capable de la comprendre, de la maîtriser et de la mettre au service de la Nation.

Ce que je retiens de cet ouvrage, c'est précisément son refus de la facilité. L'auteur ne cède ni à l'emballlement médiatique ni au catastrophisme. Il explique, il nuance, il distingue ce qui relève de la science établie de ce qui demeure conjecture. Il rappelle, avec raison, que la machine ne pense pas à la place de l'homme et que la responsabilité, l'éthique et le jugement demeurent irréductiblement humains. Surtout, il fait un choix courageux et fécond : penser l'intelligence artificielle depuis la République Démocratique du Congo et l'Afrique, à partir de nos langues, de nos données, de nos administrations et de nos priorités. La souveraineté numérique n'y est pas un slogan, mais une exigence patiemment construite, pilier après pilier — la formation, la recherche, les infrastructures, la régulation et l'innovation.

L'ouvrage est, de surcroît, un véritable outil pédagogique. Sa progression est limpide, ses exemples sont parlants, ses exercices et ses corrigés invitent à l'effort personnel sans lequel il n'est pas de maîtrise réelle. Étudiants, enseignants, chercheurs, cadres de l'administration et de l'entreprise y trouveront, chacun à son niveau, de quoi nourrir leur réflexion et guider leur action. La présente édition, enrichie de nouveaux chapitres sur les avancées techniques les plus récentes et d'un panorama réglementaire à jour, en renforce encore la portée.

Je formule donc le souhait que ce livre connaisse la large diffusion qu'il mérite, et qu'il inspire, dans nos universités et nos instituts, une dynamique de recherche et d'innovation à la hauteur des défis de notre temps. À la jeunesse congolaise et africaine, à qui appartient l'avenir, je dis : saisissez ces pages comme on saisit un outil — non pour subir le monde qui vient, mais pour le bâtir.

C'est avec conviction que je recommande cet ouvrage à tous ceux qui veulent comprendre et maîtriser l'intelligence artificielle au service du développement de notre pays.

Professeur Dr Ingénieur Élisée ILUNGA MBUYAMBA

*Directeur Général de l'Institut Supérieur de Techniques Appliquées (ISTA),
Kinshasa*

Kinshasa, 2026

Comment utiliser cet ouvrage

Ce manuel est organisé en huit parties progressives, suivies d'un module bonus d'ateliers pratiques et d'annexes de référence. Chaque chapitre suit une structure pédagogique constante destinée à faciliter l'apprentissage et l'enseignement.

- Objectifs pédagogiques : ce que l'apprenant saura faire à la fin du chapitre ;
- Développement : un exposé structuré, illustré de schémas et d'exemples ;
- Repères dans le texte : « Concept clé » pour les notions essentielles, « À retenir » pour les synthèses, « Étude de cas — RDC » pour l'ancrage local ;
- Exercices de fin de chapitre : questions de réflexion, études de cas et projets pratiques.

Les enseignants peuvent traiter un chapitre par séance ; les autodidactes peuvent suivre l'ouvrage linéairement. Le Module bonus est conçu pour être travaillé devant un ordinateur, outils ouverts.

Résumé

Maîtriser l'intelligence artificielle — De la théorie à la pratique est un manuel académique qui conduit le lecteur des fondements de l'IA jusqu'à ses usages les plus avancés, dans une perspective résolument ancrée dans les réalités de la République démocratique du Congo et de l'Afrique. Organisé en sept parties et trente chapitres, complété par des ateliers pratiques et des annexes de référence, l'ouvrage expose d'abord l'histoire, les concepts clés et les grandes familles d'IA, puis les technologies qui la structurent : apprentissage automatique et profond, traitement du langage naturel et vision par ordinateur. Il aborde ensuite l'IA générative, les agents intelligents, le *prompt engineering* et la recherche scientifique assistée. Au-delà de la dimension technique, le manuel développe une thèse centrale : pour l'Afrique, l'intelligence artificielle n'est pas seulement un outil de rattrapage technologique mais un véritable enjeu de souveraineté, qui engage les données, les langues nationales, l'infrastructure (cloud souverain, centres de données) et la décision publique. Éthique, biais, cybersécurité, géopolitique, régulation et stratégie nationale sont traités comme des conditions de maîtrise. Chaque chapitre articule objectifs pédagogiques, exposés illustrés, encadrés de synthèse, études de cas congolaises et exercices d'application, afin de former des chercheurs, des cadres et des décideurs capables non seulement d'utiliser l'IA, mais de la gouverner au service de leurs nations.

Mots-clés : intelligence artificielle ; apprentissage automatique ; apprentissage profond ; IA générative ; traitement du langage naturel ; vision par ordinateur ; *prompt engineering* ; souveraineté numérique ; gouvernance de l'IA ; éthique et biais algorithmiques ; cybersécurité ; stratégie nationale ; République démocratique du Congo ; Afrique.

Abstract

Mastering Artificial Intelligence — From Theory to Practice is an academic textbook that guides the reader from the foundations of AI to its most advanced applications, firmly grounded in the realities of the Democratic Republic of the Congo and Africa. Structured in seven parts and thirty chapters, with hands-on workshops and reference appendices, the book first sets out the history, core concepts and main types of AI, then the technologies that underpin it: machine learning and deep learning, natural language processing and computer vision. It goes on to address generative AI, intelligent agents, prompt engineering and AI-assisted scientific research. Beyond the technical dimension, the textbook advances a central thesis: for Africa, artificial intelligence is not merely a tool for technological catch-up but a genuine matter of sovereignty, involving data, national languages, infrastructure (sovereign cloud, data centres) and public decision-making. Ethics, bias, cybersecurity, geopolitics, regulation and national strategy are treated as conditions for true mastery. Each chapter combines learning objectives, illustrated explanations, summary boxes, Congolese case studies and practical exercises, with the aim of training researchers, professionals and policymakers who can not only use AI, but govern it in the service of their nations.

Keywords: artificial intelligence; machine learning; deep learning; generative AI; natural language processing; computer vision; prompt engineering; digital sovereignty; AI governance; ethics and algorithmic bias; cybersecurity; national strategy; Democratic Republic of the Congo; Africa.

Introduction générale

Une révolution civilisationnelle

L'humanité a traversé plusieurs révolutions majeures qui ont transformé son organisation sociale, économique et politique. La révolution agricole a permis la sédentarisation ; la révolution industrielle a mécanisé la production ; la révolution numérique a accéléré la circulation de l'information. L'intelligence artificielle inaugure aujourd'hui une nouvelle phase : l'ère de l'intelligence augmentée.

L'intelligence artificielle désigne l'ensemble des théories, méthodes et technologies permettant à une machine de simuler certaines capacités cognitives humaines : apprendre, raisonner, percevoir, comprendre le langage et décider. Contrairement aux révolutions antérieures, qui prolongeaient surtout la force physique de l'homme, l'IA prolonge ses capacités intellectuelles.

Un enjeu stratégique pour l'Afrique et la RDC

Pour l'Afrique, et particulièrement pour la République démocratique du Congo, l'IA représente une opportunité exceptionnelle de rattrapage technologique : améliorer la gestion des ressources publiques, renforcer les systèmes éducatifs et de santé, moderniser l'administration et accroître la compétitivité économique. Mais elle soulève aussi des questions fondamentales : éthique, protection des données, souveraineté numérique, sécurité nationale et avenir du travail.

L'objectif de ce manuel est de permettre aux étudiants, chercheurs, décideurs et professionnels de comprendre les fondements de l'IA, de maîtriser ses applications et d'anticiper ses implications stratégiques. La présente édition est en outre enrichie d'une huitième partie consacrée aux approfondissements techniques (apprentissage par renforcement, MLOps, évaluation, matériel et énergie) et à une mise à jour réglementaire (2024-2026).

Concept clé

L'IA n'est pas un simple outil technologique : c'est un amplificateur de puissance humaine qui transforme simultanément l'économie, la science, la gouvernance et la sécurité.

Chapitre 3 — LES DIFFÉRENTS TYPES D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Objectifs pédagogiques

Identifier les principales catégories d'IA selon deux axes de classification ;

Comparer leurs mécanismes, leurs forces et leurs limites ;

Choisir le type d'IA adapté à un besoin opérationnel donné ;

Comprendre la distinction entre IA étroite, générale et superintelligence, et la portée critique de ce débat.

L'intelligence artificielle n'est pas une technologie unique mais une famille hétérogène de méthodes, réunies par un objectif commun plus que par une approche partagée. Ranger ces méthodes dans une taxonomie claire n'est pas un exercice scolaire : c'est une condition de la décision technologique, car chaque famille répond à des problèmes différents, mobilise des ressources différentes et comporte des risques différents. On retient ici deux axes complémentaires : une classification par capacités (ANI, AGI, ASI), qui mesure l'étendue de l'intelligence, et une classification par fonctionnement (symbolique, systèmes experts, apprentissage automatique, apprentissage profond, génératif, hybride), qui décrit le mécanisme employé (Russell et Norvig, 2021).

1. Classification par capacités : ANI, AGI, ASI

L'intelligence artificielle étroite (ANI, Artificial Narrow Intelligence), parfois dite « IA faible », est spécialisée dans une tâche ou un domaine circonscrit. C'est l'unique forme d'IA qui existe aujourd'hui, sans aucune exception : un moteur de recommandation, un traducteur automatique, un système de diagnostic d'images ou un assistant conversationnel relèvent tous de l'ANI. Une telle IA peut surpasser l'humain sur sa tâche précise, mais elle ne transfère pas ses compétences : un programme imbattable au jeu de go est incapable

de jouer aux dames sans être réentraîné. Cette absence de généralisation est sa caractéristique définitoire.

L'intelligence artificielle générale (AGI, Artificial General Intelligence), ou « IA forte », désignerait un système capable d'accomplir n'importe quelle tâche intellectuelle humaine, de transférer ses connaissances d'un domaine à l'autre et d'apprendre de façon autonome dans des contextes nouveaux (Goertzel et Pennachin, 2007). L'AGI demeure un objectif de recherche : aucun système actuel ne s'en approche, et les experts divergent profondément sur son horizon — de quelques décennies à jamais. La distinction « faible/forte » recoupe le débat philosophique ouvert par Searle (1980) : un système qui simule la compréhension comprend-il réellement ?

La superintelligence artificielle (ASI, Artificial Superintelligence) désignerait un intellect dépassant les meilleurs cerveaux humains dans pratiquement tous les domaines, doté d'une capacité d'auto-amélioration récursive (Bostrom, 2014). Cette perspective, entièrement hypothétique, soulève des questions de contrôle, d'alignement des objectifs et de gouvernance traitées au chapitre 18. Il importe de la distinguer rigoureusement des capacités réelles d'aujourd'hui, afin de ne pas confondre science et conjecture.

La distinction entre ces trois niveaux n'est pas qu'une curiosité théorique : elle a une portée politique et médiatique directe. Une grande part de la confusion publique sur l'IA provient de l'attribution à des systèmes ANI — performants mais étroits — de propriétés relevant de l'AGI, voire de l'ASI. Un assistant conversationnel qui rédige élégamment peut donner l'illusion d'une compréhension générale ; il demeure pourtant un système spécialisé dans la prédiction de texte, sans modèle du monde ni objectifs propres. Distinguer rigoureusement la performance observable de la capacité générale est donc un acte d'hygiène intellectuelle, indispensable pour évaluer sobrement les promesses commerciales et calibrer les politiques publiques.



Figure 3.1 — Capacité croissante : de l'ANI (actuelle) à l'AGI puis l'ASI (théoriques).

2. Classification par fonctionnement

L'IA symbolique repose sur la manipulation de symboles selon des règles logiques explicites (« SI température > 39 °C ET toux importante ALORS suspicion d'infection »). Sa grande vertu est l'explicabilité : chaque décision est traçable et auditable. Sa faiblesse est la rigidité : elle ne gère pas l'incertitude ni les exceptions, et exige que toutes les règles soient écrites à la main. Les systèmes experts en sont l'application la plus aboutie : ils reproduisent l'expertise d'un spécialiste au moyen d'une base de connaissances et d'un moteur d'inférence (chapitre 1).

L'apprentissage automatique (Machine Learning) renverse cette logique : au lieu de recevoir des règles, le système les découvre à partir des données. Le Deep Learning en est la forme la plus puissante, fondée sur des réseaux de neurones profonds capables d'apprendre des représentations complexes (chapitre 6). L'IA générative s'appuie sur ces architectures pour produire des contenus nouveaux (chapitre 9). Enfin, l'IA hybride ou neuro-symbolique combine l'apprentissage statistique et le raisonnement à base de règles, afin de réunir la robustesse des données et l'explicabilité de la logique — une voie de recherche prometteuse pour les domaines régulés.

3. IA multimodales et systèmes autonomes

Une IA multimodale traite et met en relation simultanément plusieurs types d'information — texte, image, son, vidéo. En médecine, un tel système peut croiser une radiographie, le dossier clinique textuel et les notes du praticien pour proposer une analyse intégrée. Les modèles génératifs récents sont nativement multimodaux, ce qui élargit considérablement leur champ d'application.

Les systèmes autonomes prennent certaines décisions et agissent dans le monde physique sans intervention humaine immédiate : véhicules autonomes, drones, robots industriels et agricoles. L'autonomie n'est pas binaire mais graduée : on distingue couramment plusieurs niveaux, de l'assistance simple à l'autonomie complète, en passant par l'autonomie conditionnelle où l'humain doit pouvoir reprendre la main. Cette gradation, formalisée par exemple pour les véhicules, fournit un cadre transposable à d'autres systèmes : à chaque niveau correspondent des exigences distinctes de sécurité, de supervision et de responsabilité.

Le continent africain offre des illustrations marquantes de systèmes autonomes adaptés à ses contraintes. La livraison par drones de produits sanguins et de médicaments vers des centres de santé isolés, déployée au Rwanda et au Ghana, montre comment l'autonomie peut contourner le déficit d'infrastructures routières. En agriculture, des drones d'imagerie multispectrale couplés à des modèles de vision permettent de surveiller l'état des cultures sur de vastes étendues. Ces exemples confirment une thèse récurrente de l'ouvrage : les usages les plus pertinents pour la RDC ne sont pas nécessairement les plus médiatisés, mais ceux qui répondent à des besoins spécifiques et tirent parti des particularités du contexte.

4. Tableau comparatif des grandes familles

Le tableau ci-dessous synthétise les arbitrages fondamentaux entre familles d'IA. Aucune n'est universellement supérieure : le choix résulte d'un compromis entre capacité d'apprentissage, créativité,

explicabilité et coût. Dans un domaine régulé exigeant la traçabilité des décisions, une approche symbolique ou hybride peut être préférable à un réseau profond plus performant mais opaque.

Tableau 3.1 — Comparaison des grandes familles d’IA selon quatre critères

Type	Apprentissage	Créativité	Explicabilité
Symbolique	Faible	Nulle	Très élevée
Système expert	Faible	Nulle	Élevée
Machine Learning	Moyen	Faible	Moyenne
Deep Learning	Élevé	Faible	Faible
IA générative	Très élevé	Élevée	Moyenne
IA hybride	Très élevé	Variable	Variable

5. Vers l’intelligence augmentée

L’opposition entre remplacement et augmentation de l’humain structure le débat sur la finalité de l’IA. L’histoire de l’informatique, depuis les travaux pionniers d’Engelbart (1962) sur l’« augmentation de l’intellect humain », plaide pour la seconde voie. Le modèle réaliste et souhaitable pour les prochaines décennies est celui de l’intelligence augmentée : la machine étend les capacités humaines — vitesse, mémoire, traitement de masse — tandis que la décision finale, le jugement éthique et la responsabilité demeurent humains. Ce principe, qui revient à placer « l’humain dans la boucle », est particulièrement pertinent pour les administrations publiques, où la légitimité d’une décision suppose une responsabilité humaine assumée (chapitre 10).

6. Les agents intelligents et l’IA agentique

Une notion unificatrice, centrale dans la théorie moderne de l’IA, est celle d’agent intelligent : une entité qui perçoit son environnement au moyen de capteurs et agit sur lui au moyen d’effecteurs, en vue

d'atteindre des objectifs (Russell et Norvig, 2021). Cette grille de lecture, transversale aux familles décrites plus haut, hiérarchise les agents selon leur sophistication : agents à réflexes simples (règles condition-action), agents fondés sur un modèle du monde, agents guidés par des buts, et agents guidés par une fonction d'utilité qui arbitre entre objectifs concurrents.

L'actualité récente a fait émerger l'« IA agentique » : des systèmes bâtis autour de grands modèles de langage, capables de décomposer une tâche complexe en sous-étapes, d'utiliser des outils externes (recherche, calcul, exécution de code) et d'enchaîner des actions de façon semi-autonome. Cette évolution accroît l'utilité des systèmes mais aussi leur surface de risque : un agent qui agit dans le monde — envoyer des courriels, modifier des fichiers, effectuer des transactions — exige des garde-fous, une traçabilité et une supervision proportionnés à sa capacité d'action. La notion d'agent fournit ainsi un cadre rigoureux pour penser le degré d'autonomie acceptable selon la criticité de la tâche.

7. Critères de choix d'un type d'IA

Le choix d'une famille d'IA doit procéder d'une analyse méthodique, non d'un effet de mode. Cinq questions structurent la décision. Premièrement, la nature du problème : s'agit-il de classer, de prédire une valeur, de regrouper, de générer du contenu ou de décider d'actions ? Deuxièmement, la disponibilité et la qualité des données : dispose-t-on d'exemples étiquetés, de données non structurées, ou seulement de connaissances expertes ? Troisièmement, l'exigence d'explicabilité : la décision doit-elle être auditable et justifiable juridiquement, comme en matière de crédit, de justice ou d'administration ? Quatrièmement, les ressources : quel budget de calcul, quelles compétences, quelle infrastructure ? Cinquièmement, le niveau de risque toléré et le degré d'autonomie souhaité.

De ces critères découle une règle pratique : dans un contexte régulé exigeant la traçabilité, une approche symbolique ou hybride peut l'emporter sur un réseau profond plus performant mais opaque ; à

l'inverse, pour la perception de masse (vision, langage), le deep learning s'impose malgré sa moindre transparence. Pour un État aux ressources contraintes comme la RDC, deux principes complètent ce cadre : commencer par des solutions simples et éprouvées avant les architectures coûteuses, et privilégier les usages où des données locales de qualité sont disponibles. Ce raisonnement orienté par le problème est la marque d'une gouvernance technologique mûre.

Étude de cas — Surveillance des finances publiques

Le gouvernement souhaite un système national de surveillance des dépenses. Justifiez le type d'IA le plus adapté (par exemple, apprentissage supervisé pour la détection d'anomalies, complété par des règles symboliques explicites afin de garantir l'auditabilité), précisez les données nécessaires, les avantages attendus, les risques (fausses alertes, biais) et les mesures de gouvernance assurant le maintien de l'humain dans la boucle.

À retenir

Toutes les technologies déployées aujourd'hui relèvent de l'ANI ; l'AGI et l'ASI restent des hypothèses de recherche.

Le choix d'une famille d'IA est un arbitrage entre performance, créativité, explicabilité et coût — jamais un effet de mode.

Le modèle dominant et souhaitable est l'intelligence augmentée : l'IA assiste, l'humain décide et répond.

Exercices de fin de chapitre

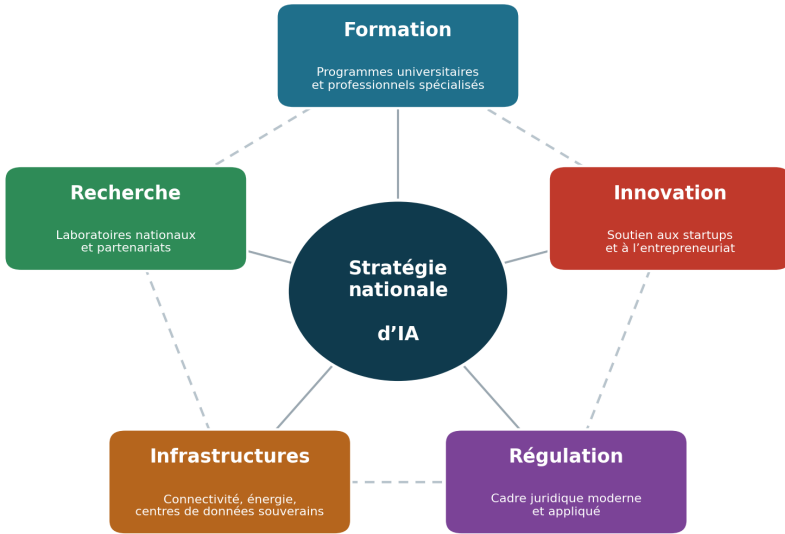
11. Différenciez ANI, AGI et ASI, et précisez laquelle existe réellement aujourd'hui.
12. Expliquez le fonctionnement d'un système expert et son principal avantage par rapport au Deep Learning.
13. À l'aide du tableau 3.1, justifiez le choix d'une approche hybride pour un système d'octroi de crédit bancaire.
14. Qu'est-ce qu'une IA multimodale ? Donnez un exemple d'application en santé publique en RDC.

15. Rédigez un rapport argumenté de 5 pages : « Applications prioritaires de l'IA dans la transformation numérique de la RDC », en précisant pour chacune le type d'IA approprié.

Références bibliographiques

- Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press.
- Engelbart, D. C. (1962). *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework*. SRI Summary Report AFOSR-3223.
- Goertzel, B. et Pennachin, C. (dir.) (2007). *Artificial General Intelligence*. Springer.
- Russell, S. et Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4^e éd.). Pearson.
- Searle, J. (1980). Minds, Brains, and Programs. *Behavioral and Brain Sciences*, 3(3), 417-457.

Cinq axes interdépendants d'une stratégie nationale d'IA



Mettre l'IA au service des priorités nationales plutôt que de suivre passivement les tendances mondiales.

Figure 4.1 — Les cinq axes d'une stratégie nationale d'intelligence artificielle.

6. Régulation et cadres internationaux

La régulation de l'IA s'est structurée rapidement à l'échelle internationale, selon des approches contrastées. L'Union européenne a adopté en 2024 le règlement sur l'IA (AI Act), première législation contraignante d'ampleur, fondée sur une approche par les risques : les usages sont classés en risque inacceptable (interdits), risque élevé (soumis à des obligations strictes de transparence, de documentation et de supervision humaine), risque limité et risque minimal. L'UNESCO a, de son côté, adopté en 2021 une Recommandation sur l'éthique de l'IA, ratifiée par l'ensemble de ses États membres, qui constitue le premier instrument normatif mondial en la matière. L'OCDE a établi dès 2019 des principes largement repris, et des processus comme le « Sommet pour la

Chapitre 12 — INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, SÉCURITÉ ET DÉFENSE

Objectifs pédagogiques

Comprendre le rôle de l'IA dans la sécurité et la défense modernes ;

Identifier les applications militaires, de renseignement et de cybersécurité ;

Analyser les notions de guerre hybride et de guerre cognitive ;

Évaluer les risques stratégiques et l'impératif de souveraineté.

La sécurité est l'un des domaines les plus profondément transformés par l'IA. La supériorité stratégique ne dépend plus seulement du nombre de soldats ou d'armes, mais de la capacité à analyser des données, à décider rapidement et à maîtriser l'environnement informationnel. Horowitz (2018) soutient que l'IA agit comme une technologie habilitante (*enabling technology*) qui démultiplie d'autres capacités plutôt qu'une arme isolée, ce qui rend ses effets diffus et difficiles à encadrer. On parle désormais de guerre algorithmique, hybride et cognitive.

Ce chapitre analyse le glissement vers une sécurité prédictive, le double usage de l'IA en cybersécurité, les formes nouvelles de conflit que sont la guerre hybride et cognitive, et les risques propres aux armes autonomes — avant d'en tirer les implications pour la souveraineté de défense de la RDC.

1. De la sécurité réactive à la sécurité prédictive

L'IA fait passer d'une posture réactive — intervenir après l'incident — à une posture prédictive : détecter des comportements suspects, anticiper les menaces et déclencher des alertes automatiques. En matière de défense, elle sert l'analyse du renseignement (exploitation d'images satellitaires, de communications, de sources ouvertes à une échelle inaccessible à l'humain), la surveillance, la logistique et la

maintenance prédictive des équipements. Ces apports améliorent la rapidité et la qualité de la décision, mais introduisent une dépendance aux systèmes et un risque d'automatisation excessive de jugements qui devraient rester humains.

Cette transformation a une portée concrète pour un pays au territoire vaste et aux frontières étendues comme la RDC. L'exploitation automatisée d'images satellitaires et de capteurs peut appuyer la surveillance de zones difficiles d'accès, la détection de mouvements transfrontaliers ou la protection de sites stratégiques, là où une présence physique continue est impossible. Mais ces capacités supposent des données fiables, des compétences d'analyse et un cadre clair : déléguer à un système une alerte est une chose, lui déléguer une décision d'emploi de la force en est une autre, qui doit demeurer sous contrôle humain et juridique.

2. Cybersécurité et cybermenaces

La cybersécurité illustre de manière exemplaire le double usage de l'IA. Côté défense, elle renforce la détection d'intrusion, l'analyse comportementale et la réponse automatique : une tentative d'intrusion peut être repérée et contenue en quelques millisecondes. Côté offensif, elle outille les attaquants — logiciels malveillants adaptatifs, hameçonnage personnalisé à grande échelle, découverte automatisée de vulnérabilités. Brundage et al. (2018), dans un rapport collectif de référence sur l'usage malveillant de l'IA, anticipent l'extension et l'automatisation des menaces, y compris contre les infrastructures critiques (énergie, télécommunications, banques, administration). Cette symétrie — la même technologie protège et attaque — impose une course permanente et une vigilance constante.

3. Guerre hybride et guerre cognitive

La guerre hybride combine actions militaires conventionnelles, cyberattaques, désinformation, pression économique et influence politique, en exploitant la zone grise entre la paix et la guerre. La

guerre cognitive en constitue une dimension montante : elle vise directement les perceptions, les émotions et les décisions des populations, sans confrontation physique. Singer et Brooking (2018) montrent comment les réseaux sociaux sont devenus un champ de bataille où l'information est instrumentalisée. L'IA générative y joue un rôle d'amplificateur : production massive de contenus trompeurs, hypertrucages (deepfakes), réseaux de comptes automatisés (bots). Ces moyens peuvent déstabiliser un processus électoral, attiser des tensions communautaires ou provoquer une crise diplomatique — menaces particulièrement sensibles dans des contextes fragiles.

Face à ces menaces, la réponse ne peut être purement technique. La résilience d'une société à la guerre cognitive repose largement sur des facteurs non technologiques : la qualité de l'information publique, l'éducation aux médias, la confiance dans les institutions et la pluralité des sources. Une population formée à vérifier l'information et des médias indépendants constituent une défense plus robuste que n'importe quel outil de détection. Pour la RDC, où la diffusion de rumeurs et de contenus manipulés peut attiser des tensions, investir dans l'éducation aux médias et dans une communication publique crédible relève autant de la sécurité nationale que de la cybersécurité technique.

4. Armes autonomes et risques stratégiques

Les systèmes d'armes létales autonomes, capables de sélectionner et d'engager des cibles sans intervention humaine directe, soulèvent des questions éthiques et juridiques fondamentales : qui est responsable d'une frappe erronée ? Peut-on déléguer à une machine la décision de tuer ? Scharre (2018) et Russell (2019) alertent sur les risques d'erreurs algorithmiques, de perte de contrôle et d'escalade automatique, tandis que le Comité international de la Croix-Rouge plaide pour le maintien d'un contrôle humain significatif. Au niveau systémique, la course aux armements fondés sur l'IA, l'opacité des capacités et la rapidité des interactions automatisées accroissent le

risque d'escalade involontaire. Ces enjeux relèvent de la gouvernance internationale (chapitre 19) autant que des choix nationaux.

Sur le plan de la gouvernance, ces armes font l'objet de discussions internationales, notamment dans le cadre de la Convention sur certaines armes classiques des Nations unies, sans qu'un instrument contraignant n'ait à ce jour abouti. Cette absence de régulation, conjuguée à la diffusion rapide des technologies, crée un environnement instable où des acteurs étatiques et non étatiques peuvent accéder à des capacités autrefois réservées aux grandes puissances. Pour les États africains, l'enjeu n'est pas seulement de se doter de capacités défensives, mais aussi de peser dans les négociations internationales pour que les normes futures protègent leurs intérêts et préservent un contrôle humain sur l'usage de la force (chapitre 19).

Étude de cas — Modernisation de la sécurité nationale

Pour la RDC, distinguez menaces (cyberattaques, désinformation, espionnage numérique) et opportunités (surveillance des frontières, analyse des risques, modernisation du renseignement, protection des infrastructures). Proposez une architecture de cybersécurité et une stratégie de souveraineté articulée en quatre temps — prévention, protection, réaction, résilience — en précisant la place du contrôle humain et les garde-fous juridiques.

À retenir

L'IA est une technologie habilitante qui transforme le renseignement, la cybersécurité et la conduite des conflits.

La guerre hybride et cognitive déplace l'affrontement vers l'information et les perceptions, amplifiées par l'IA générative.

Les armes autonomes posent un problème de contrôle humain ; la défense numérique souveraine est un impératif stratégique.

Exercices de fin de chapitre

6. Qu'est-ce que la sécurité prédictive et en quoi diffère-t-elle de la sécurité réactive ?

7. Expliquez le double usage de l'IA en cybersécurité, en vous appuyant sur le rapport de Brundage et al. (2018).
8. Définissez la guerre hybride et la guerre cognitive, et illustrez le rôle de l'IA générative.
9. Quels risques majeurs posent les armes autonomes ? Que recouvre l'exigence d'un « contrôle humain significatif » ?
10. Élaborez les grands axes d'une stratégie de cyberdéfense souveraine pour la RDC.

Références bibliographiques

- Brundage, M. et al. (2018). *The Malicious Use of Artificial Intelligence: Forecasting, Prevention, and Mitigation*. Future of Humanity Institute et al.
- Horowitz, M. C. (2018). Artificial Intelligence, International Competition, and the Balance of Power. *Texas National Security Review*, 1(3), 36-57.
- Russell, S. (2019). *Human Compatible: Artificial Intelligence and the Problem of Control*. Viking.
- Scharre, P. (2018). *Army of None: Autonomous Weapons and the Future of War*. W. W. Norton.
- Singer, P. W. et Brookings, E. T. (2018). *LikeWar: The Weaponization of Social Media*. Houghton Mifflin Harcourt.

Chapitre 18 — L'AVENIR DE L'IA ET LA SUPERINTELLIGENCE

Objectifs pédagogiques

- Distinguer rigoureusement l'IA actuelle, l'AGI et l'ASI ;
- Identifier les scénarios d'évolution et les apprécier de façon critique ;
- Analyser les risques existentiels et le problème de l'alignement ;
- Évaluer la place possible de l'Afrique dans ces transformations.

L'IA actuelle, malgré ses performances spectaculaires, demeure étroite (chapitre 3) : elle excelle sur des tâches précises sans compréhension générale, sans conscience ni intention, et dépend fortement de ses données. La réflexion sur son avenir s'organise autour de trois notions à manier avec rigueur : l'intelligence artificielle générale (AGI), la superintelligence (ASI) et les systèmes autonomes avancés. Ce chapitre les examine en distinguant soigneusement ce qui relève de la science établie, de la recherche en cours et de la conjecture. Cette discipline intellectuelle est essentielle : à propos du futur de l'IA, l'excès d'enthousiasme et l'alarmisme se nourrissent l'un l'autre, au détriment de l'analyse.

L'enjeu n'est pas de prédire une date, mais de comprendre les dynamiques et de se préparer. Comme le souligne Russell (2019), la possibilité — même incertaine — de systèmes très supérieurs à l'humain suffit à justifier que l'on prenne au sérieux, dès aujourd'hui, la question de leur contrôle.

1. AGI et ASI

L'AGI désignerait un système capable de comprendre, d'apprendre et de raisonner dans tous les domaines au niveau d'un humain, en transférant ses connaissances d'un champ à l'autre — de la médecine à la diplomatie — sans réentraînement spécifique. Aucun système actuel ne s'en approche, et les experts divergent fortement sur son

horizon : l'enquête de Grace et al. (2018) auprès de chercheurs en apprentissage automatique révèle des estimations très dispersées, signe d'une incertitude profonde plutôt que d'un consensus.

L'ASI, ou superintelligence, dépasserait l'humain dans pratiquement tous les domaines, y compris la recherche scientifique et l'amélioration de ses propres capacités. Cette idée d'auto-amélioration récursive remonte à Good (1965), qui évoquait une « explosion d'intelligence » : une machine capable de se perfectionner pourrait le faire de plus en plus vite, échappant potentiellement au rythme de contrôle humain. Bostrom (2014) en a systématisé l'analyse. Il faut souligner que l'ASI relève entièrement de l'hypothèse : son intérêt n'est pas prédictif mais préventif — réfléchir aux conditions de sécurité avant, et non après, qu'une telle éventualité ne se présente.

2. Scénarios d'évolution

Plutôt que de parier sur un futur unique, il est plus rigoureux d'envisager un éventail de scénarios (chapitre 16). Un scénario optimiste voit une IA maîtrisée accélérer le progrès scientifique et améliorer les conditions de vie. Un scénario intermédiaire décrit une coexistence humain-IA marquée par une forte dépendance et une régulation partielle. Un scénario critique envisage une perte de contrôle partielle, des conflits technologiques et des déséquilibres géopolitiques accrus. Un scénario extrême, enfin, imagine une superintelligence autonome transformant radicalement la société.

Ces scénarios ne sont pas équiprobables et ne constituent pas des prédictions ; ils servent à identifier les variables sur lesquelles l'action présente peut peser — la régulation, l'investissement dans la sécurité, la coopération internationale, la répartition des bénéfices. L'avenir de l'IA n'est pas écrit : il dépend de choix collectifs, ce qui fait de l'anticipation une responsabilité plutôt qu'une simple spéculation.

3. Risques existentiels et alignement

Les risques associés à une IA très avancée incluent la perte de contrôle, le mauvais alignement (des objectifs incompatibles avec les valeurs humaines), la concentration du pouvoir entre quelques acteurs et l'aggravation des déséquilibres géopolitiques. Le problème de l'alignement — garantir qu'une intelligence puissante agisse conformément aux intentions humaines — est au cœur de la recherche en sécurité de l'IA. Amodei et al. (2016) en ont formulé des aspects concrets et techniques (éviter les effets de bord, la spécification erronée d'objectifs, l'exploration dangereuse), montrant qu'il ne s'agit pas d'une crainte abstraite mais d'un ensemble de problèmes d'ingénierie déjà observables sur des systèmes existants.

Les approches étudiées combinent supervision humaine, contraintes algorithmiques, apprentissage des préférences humaines, audits de sécurité et mécanismes de contrôle à plusieurs niveaux. Russell (2019) propose de concevoir des systèmes intrinsèquement incertains sur les objectifs humains, donc enclins à demander confirmation et à se laisser corriger ou arrêter. Aucune solution n'est aujourd'hui complète, ce qui justifie la prudence et l'investissement dans ce domaine de recherche.

4. Impacts et gouvernance mondiale

Une IA avancée transformerait le travail, la science (médecine, physique, biotechnologie) et la société, jusqu'à l'hypothèse d'un « humain augmenté » bénéficiant d'une assistance cognitive et mémorielle. Ces perspectives, séduisantes ou inquiétantes selon les angles, posent des questions de répartition : qui bénéficie de ces gains, qui en supporte les coûts, comment éviter une fracture entre nations et entre individus. Pour l'Afrique, l'enjeu est de ne pas demeurer spectatrice d'une transformation qui la concernera.

Une AGI ou une ASI ne pourrait être régulée au seul niveau national : leur portée appelle une coopération internationale, des normes globales et une surveillance des systèmes les plus avancés (chapitre 19). La RDC et l'Afrique ont intérêt à participer activement à ces

débats — en formant des élites scientifiques, en se dotant de capacités de recherche, et en défendant une position commune — plutôt qu'à subir des décisions prises ailleurs. Anticiper, se préparer et peser : telle est la posture raisonnable face à des futurs incertains mais potentiellement décisifs.

Étude de cas — La RDC à une conférence mondiale sur l'AGI

Préparez la position d'une délégation congolaise à une conférence internationale sur l'AGI : principes défendus, priorités de développement (formation d'élites scientifiques, centres de recherche, accès au calcul), mécanismes de protection souhaités, alliances internationales à nouer, et vision à long terme. Justifiez en quoi la participation vaut mieux que l'attentisme.

À retenir

L'AGI et l'ASI restent théoriques ; il faut distinguer science établie, recherche et conjecture.

Le problème de l'alignement est concret et déjà à l'œuvre sur les systèmes actuels ; sa résolution est incomplète.

La seule possibilité d'une IA très avancée justifie d'anticiper et de participer aux débats mondiaux plutôt que de les subir.

Exercices de fin de chapitre

11. Distinguez l'IA actuelle, l'AGI et l'ASI. Qu'est-ce que l'« explosion d'intelligence » de Good (1965) ?
12. Présentez les quatre scénarios d'évolution et expliquez pourquoi ils ne sont pas des prédictions.
13. Qu'est-ce que le problème de l'alignement ? Citez deux de ses aspects concrets.
14. Pourquoi la possibilité, même incertaine, d'une IA très avancée justifie-t-elle d'agir dès maintenant ?
15. Quelle position l'Afrique pourrait-elle défendre dans la gouvernance des systèmes avancés ?

Références bibliographiques

- Amodei, D., Olah, C., Steinhardt, J., Christiano, P., Schulman, J. et Mané, D. (2016). Concrete Problems in AI Safety. arXiv:1606.06565.
- Bostrom, N. (2014). Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. Oxford University Press.
- Good, I. J. (1965). Speculations Concerning the First Ultrainelligent Machine. *Advances in Computers*, 6, 31-88.
- Grace, K., Salvatier, J., Dafoe, A., Zhang, B. et Evans, O. (2018). When Will AI Exceed Human Performance? Evidence from AI Experts. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 62, 729-754.
- Russell, S. (2019). Human Compatible: Artificial Intelligence and the Problem of Control. Viking.

Chapitre 24 — LES BASES DU PROMPTING

Objectifs pédagogiques

- Distinguer un mauvais d'un bon prompt et comprendre pourquoi la consigne détermine la réponse ;
- Appliquer une méthode structurée de formulation (RCMF) ;
- Mobiliser les principales catégories de prompts selon l'objectif ;
- Itérer et vérifier pour obtenir des résultats fiables et exploitables.

Le prompt engineering est l'art de formuler des instructions à une IA générative pour en obtenir un résultat utile. Son principe fondamental est simple : la qualité de la réponse dépend largement de la qualité de la consigne. Ce constat n'est pas qu'empirique ; il découle du fonctionnement même des modèles de langage (chapitres 2 et 7), qui génèrent la continuation la plus probable d'un texte. La consigne définit le contexte à partir duquel cette probabilité est calculée : plus elle est précise, contextualisée et structurée, plus la sortie est cadrée. Brown et al. (2020) ont d'ailleurs montré que ces modèles apprennent « en contexte », c'est-à-dire à partir des instructions et des exemples fournis dans l'invite elle-même, sans réentraînement.

Le prompt engineering est ainsi devenu une compétence professionnelle transversale, étudiée de façon systématique. White et al. (2023) en proposent un catalogue de motifs réutilisables, et Liu et al. (2023) en dressent un panorama académique. Ce chapitre pose les bases : différencier un bon d'un mauvais prompt, structurer la consigne par la méthode RCMF, choisir le type de prompt adapté, puis itérer et vérifier.

1. Mauvais prompt et bon prompt

La différence entre une consigne pauvre et une consigne efficace se mesure immédiatement dans les résultats. Comparons deux formulations sur un même sujet.

Mauvais prompt : « Parle-moi de la sécurité. »

Bon prompt : « Agis comme un expert en sécurité internationale. Analyse les défis sécuritaires de l'Est de la RDC entre 2020 et 2025 en identifiant les principaux acteurs, les causes profondes et trois pistes de solution. Présente le résultat sous forme de note structurée d'une page. »

Le second prompt obtient une réponse exploitable parce qu'il réunit cinq qualités : il est clair (l'attente est sans ambiguïté), précis (il délimite le sujet et la période), contextualisé (il situe le cadre), structuré (il indique les axes attendus) et orienté vers un objectif (un livrable défini). Ces cinq qualités constituent une grille d'auto-évaluation applicable à toute consigne avant de la soumettre.

2. La méthode RCMF

Pour produire systématiquement de bons prompts, une méthode structurée est précieuse. La méthode RCMF organise toute consigne professionnelle autour de quatre éléments : le Rôle confié à l'IA, le Contexte de la demande, la Mission à accomplir et le Format attendu. Attribuer un rôle (« Agis comme... ») oriente le registre et l'expertise mobilisés ; préciser le contexte ancre la réponse dans la situation réelle ; définir la mission énonce clairement la tâche ; spécifier le format garantit un résultat directement utilisable. Cette structuration recoupe plusieurs motifs identifiés par White et al. (2023), notamment le motif de la « persona ».



Figure 24.1 — La méthode RCMF : anatomie d'un prompt professionnel.

Concept clé — Un prompt RCMF

Rôle : « Agis comme un professeur de relations internationales. »

Contexte : « Je prépare un mémoire sur la diplomatie parlementaire dans la région des Grands Lacs. »

Mission : « Explique les fondements théoriques et pratiques de cette diplomatie. »

Format : « Sous la forme d'un cours universitaire structuré de cinq pages, avec introduction, développement et conclusion. »

3. Les catégories de prompts selon l'objectif

Selon le résultat recherché, on mobilise différentes catégories de prompts. Le prompt analytique demande une analyse approfondie d'un phénomène. Le prompt comparatif confronte plusieurs éléments selon des critères explicites. Le prompt critique recherche les limites, les faiblesses ou les contre-arguments d'une thèse. Le prompt prospectif construit des scénarios futurs (chapitre 16). Le prompt stratégique vise des recommandations actionnables. Un exemple prospectif : « Construis trois scénarios contrastés d'évolution sécuritaire de la RDC à l'horizon 2035, en précisant pour chacun les variables clés et les signaux à surveiller. »

Choisir la bonne catégorie revient à clarifier l'opération intellectuelle attendue. Une erreur fréquente consiste à demander une « analyse »

alors que l'on souhaite une comparaison, ou des « informations » alors que l'on attend une recommandation. Nommer explicitement l'opération — comparer, critiquer, anticiper, recommander — améliore nettement la pertinence du résultat.

Tableau 24.1 — Catégories de prompts et opérations attendues

Catégorie	Opération demandée	Verbe déclencheur
Analytique	Décomposer et expliquer	« Analyse... »
Comparatif	Confronter selon des critères	« Compare... selon... »
Critique	Identifier limites et failles	« Critique... / quelles faiblesses ? »
Prospectif	Construire des scénarios	« Construis des scénarios... »
Stratégique	Recommander des actions	« Propose des recommandations... »

4. L'itération et la vérification

Un résultat de qualité s'obtient rarement du premier coup ; il se construit par itérations. On précise, on reformule, on demande des sources, on ajuste le ton, la longueur ou le niveau de détail. Cette démarche dialogique est au cœur du prompt engineering : le premier résultat est un brouillon à affiner, non une réponse définitive.

La vérification est une exigence non négociable. Comme exposé aux chapitres 2 et 9, une IA générative peut halluciner — produire une référence, une statistique ou un fait inexact présenté avec assurance. Ji et al. (2023), dans leur étude de référence sur les hallucinations, montrent qu'il s'agit d'un phénomène inhérent et non d'un défaut marginal. Il ne faut donc jamais accepter une information sans vérification humaine, particulièrement en contexte académique,

administratif ou décisionnel. Le prompt engineering ne remplace ni la réflexion ni l'esprit critique : il les démultiplie.

Étude de cas — Cinq prompts professionnels pour la RDC

Gouvernance : « Agis comme expert en finances publiques. Propose cinq indicateurs pour détecter des anomalies budgétaires dans un ministère, classés par priorité. »

Recherche : « Agis comme directeur de mémoire. Aide-moi à formuler une problématique et trois hypothèses sur la diplomatie parlementaire des Grands Lacs. »

Sécurité : « Agis comme analyste stratégique. Cartographie les acteurs d'un conflit hybride et propose une grille d'analyse. »

Éducation : « Agis comme pédagogue. Conçois un plan de cours de dix séances sur l'IA pour des étudiants en sciences politiques. »

Administration : « Rédige une note de service claire annonçant la numérisation des procédures, en 250 mots, ton institutionnel. »

À retenir

Un bon prompt est clair, précis, contextualisé, structuré et orienté vers un objectif.

La méthode RCMF (Rôle, Contexte, Mission, Format) structure toute consigne professionnelle.

RCMF + itération + vérification systématique = des résultats fiables et exploitables.

Exercices de fin de chapitre

1. Transformez le prompt « Parle-moi de l'économie » en un bon prompt structuré selon RCMF.
2. Rédigez un prompt comparatif et un prompt prospectif sur un sujet de votre choix.
3. Pourquoi faut-il toujours vérifier les références fournies par une IA ? Reliez votre réponse au phénomène d'hallucination.
4. Comparez les réponses de trois IA différentes à la consigne : « Analysez les défis de la gouvernance publique en RDC. »

5. Proposez votre propre grille des cinq qualités d'un bon prompt et appliquez-la à deux exemples.

Références bibliographiques

- Brown, T. et al. (2020). Language Models Are Few-Shot Learners. NeurIPS, 33.
- Ji, Z. et al. (2023). Survey of Hallucination in Natural Language Generation. ACM Computing Surveys, 55(12), 1-38.
- Liu, P. et al. (2023). Pre-train, Prompt, and Predict: A Systematic Survey of Prompting Methods in NLP. ACM Computing Surveys, 55(9), 1-35.
- White, J. et al. (2023). A Prompt Pattern Catalog to Enhance Prompt Engineering with ChatGPT. arXiv:2302.11382.

Chapitre 25 — LES MÉTHODES AVANCÉES DE PROMPTING

Objectifs pédagogiques

- Maîtriser les techniques de prompting au-delà des bases ;
- Décomposer un raisonnement étape par étape (chaîne de pensée) ;
- Utiliser exemples, gabarits et chaînage de prompts ;
- Fiabiliser les résultats par l'auto-vérification et la cohérence.

Une fois les bases acquises (RCMF, clarté, contexte), des techniques avancées permettent d'obtenir des résultats plus précis, plus fiables et reproductibles, en particulier pour des tâches complexes. Ces techniques ne sont pas de simples astuces : elles font l'objet d'une recherche active, qui en a établi l'efficacité et les limites. Ce chapitre présente les principales — raisonnement étape par étape, apprentissage par l'exemple, gabarits et chaînage, auto-vérification — en les rattachant aux travaux qui les fondent.

1. Le raisonnement étape par étape

Demander à l'IA d'explicitier son raisonnement avant de conclure améliore nettement la qualité des réponses sur les problèmes complexes : analyses, calculs, argumentations. Cette technique, appelée « chaîne de pensée » (chain-of-thought), a été formalisée par Wei et al. (2022), qui montrent qu'inciter le modèle à décomposer le problème en étapes intermédiaires augmente sensiblement sa performance sur les tâches de raisonnement. Kojima et al. (2022) ont établi qu'une simple instruction — « raisonnons étape par étape » — suffit souvent à déclencher cet effet, même sans exemple.

Le principe pratique est de décomposer une grande tâche en sous-tâches successives et de demander leur traitement ordonné. Une précaution s'impose toutefois : un raisonnement explicite n'est pas une garantie de vérité. Le modèle peut produire une suite d'étapes

plausibles aboutissant à une conclusion fausse. La chaîne de pensée améliore la qualité moyenne, mais ne dispense pas de la vérification.

2. L'apprentissage par l'exemple

Fournir un ou plusieurs exemples du résultat attendu — des paires question-réponse, un format type — guide fortement la sortie du modèle. Cette technique, dite d'apprentissage « par quelques exemples » (few-shot), exploite directement la capacité d'apprentissage en contexte décrite par Brown et al. (2020). Elle est particulièrement efficace pour imposer un format précis (tableau, fiche, plan normalisé) ou un style déterminé, là où une description verbale resterait ambiguë.

En pratique, un seul exemple bien choisi vaut souvent une longue explication. Pour produire des fiches normalisées, par exemple, montrer une fiche modèle complète oriente le modèle plus sûrement que d'en décrire la structure. La qualité et la représentativité des exemples sont déterminantes : un exemple biaisé ou atypique oriente le résultat dans la mauvaise direction.

3. Gabarits et chaînage de prompts

Deux techniques renforcent la reproductibilité. Le gabarit est un prompt type, structuré et réutilisable, que l'on remplit à chaque usage en y insérant les variables propres au cas traité ; il garantit la constance des résultats et fait gagner du temps. Le chaînage (prompt chaining) consiste à enchaîner plusieurs prompts, la sortie de l'un devenant l'entrée du suivant : par exemple plan, puis développement, puis relecture critique. Décomposer ainsi une tâche complexe en étapes distinctes, chacune traitée par un prompt dédié, produit des résultats plus maîtrisés qu'un prompt unique surchargé.

On peut en outre assortir chaque prompt de contraintes explicites — longueur, ton, public visé, exigence de sources, style de citation. Ces contraintes, combinées aux gabarits, permettent de standardiser des productions répétitives (notes, synthèses, comptes rendus) à

l'échelle d'une équipe ou d'une administration, tout en conservant un contrôle humain sur le résultat final.

4. Fiabilité et auto-vérification

Plusieurs techniques visent à réduire les erreurs. On peut demander au modèle de citer ses sources, de vérifier sa propre réponse, ou d'explicitement ses incertitudes. Une approche plus robuste, la cohérence interne (self-consistency) proposée par Wang et al. (2022), consiste à générer plusieurs raisonnements indépendants pour une même question et à retenir la réponse majoritaire, ce qui améliore la fiabilité sur les tâches de raisonnement. Des approches agentiques comme ReAct (Yao et al., 2023) combinent raisonnement et recours à des outils externes (recherche, calcul) pour ancrer les réponses dans des faits vérifiables.

Ces techniques atténuent les erreurs sans les éliminer. L'auto-vérification par le modèle reste partielle : un système qui « se relit » peut reproduire ses propres erreurs. La vérification humaine demeure donc indispensable, notamment pour les références et les chiffres — principe constant de cet ouvrage.

Aucune de ces techniques n'est universelle : leur choix dépend de la tâche. Le raisonnement étape par étape convient aux problèmes analytiques ou logiques ; l'apprentissage par l'exemple s'impose lorsque le format compte ; le chaînage structure les productions longues et composites ; la cohérence interne et les outils externes renforcent la fiabilité factuelle. Un praticien aguerri combine ces techniques selon la nature du livrable, plutôt que d'en appliquer une seule mécaniquement. Cette capacité d'ajustement, plus que la mémorisation de recettes, distingue l'usage expert de l'usage débutant.

Concept clé — Un prompt avancé robuste

« Décompose le problème en étapes ; traite chaque étape en explicitant ton raisonnement ; propose une synthèse finale ; puis signale explicitement tes incertitudes et les points à vérifier. »

À retenir

Raisonnement étape par étape, exemples, gabarits, chaînage et auto-vérification produisent des résultats avancés et reproductibles.

Ces techniques sont validées par la recherche, mais améliorent la qualité moyenne sans garantir la vérité.

La vérification humaine reste indispensable, en particulier pour les sources et les données chiffrées.

Exercices de fin de chapitre

6. Réécrivez un prompt complexe en demandant un raisonnement étape par étape, puis comparez avec la version directe.
7. Construisez un prompt « few-shot » avec deux exemples du format attendu.
8. Concevez un gabarit réutilisable pour rédiger des notes de synthèse administratives.
9. Décrivez un chaînage de trois prompts pour produire un rapport (plan, développement, relecture).
10. Expliquez le principe de la cohérence interne (self-consistency) et son intérêt.

Références bibliographiques

- Brown, T. et al. (2020). Language Models Are Few-Shot Learners. NeurIPS, 33.
- Kojima, T. et al. (2022). Large Language Models Are Zero-Shot Reasoners. NeurIPS, 35.
- Wang, X. et al. (2022). Self-Consistency Improves Chain-of-Thought Reasoning in Language Models. arXiv:2203.11171.
- Wei, J. et al. (2022). Chain-of-Thought Prompting Elicits Reasoning in Large Language Models. NeurIPS, 35.
- Yao, S. et al. (2023). ReAct: Synergizing Reasoning and Acting in Language Models. ICLR 2023.

Chapitre 26 — CAS PRATIQUES PROFESSIONNELS DU PROMPTING

Objectifs pédagogiques

Appliquer le prompting à des situations professionnelles réelles ;
Adapter la consigne au métier et au livrable attendu ;
Construire des prompts pour la gouvernance, la recherche et la sécurité ;
Évaluer rigoureusement la qualité d'un résultat.

Ce chapitre met en pratique les acquis des deux chapitres précédents à travers des cas concrets, métier par métier. Le principe directeur, déjà énoncé, mérite d'être souligné : on rédige le prompt à rebours du livrable attendu. Avant d'écrire la consigne, il faut savoir précisément ce que l'on veut produire — sa forme, sa longueur, son destinataire, son usage. Chaque cas ci-dessous illustre ce passage d'un besoin réel à un prompt structuré (selon RCMF et une technique avancée), puis à un livrable exploitable.

Un même principe traverse tous les métiers : le prompt doit être adapté au contexte professionnel — son vocabulaire, ses contraintes, ses formats normalisés et ses exigences de fiabilité. Une note ministérielle, un protocole de recherche et un communiqué de presse n'obéissent pas aux mêmes règles, et la consigne doit incorporer ces spécificités. Les exemples ci-dessous, volontairement transposables au contexte congolais, illustrent cette adaptation ; chacun gagne à être complété par une technique avancée du chapitre 25 (raisonnement étape par étape, exemple de format, contraintes explicites) selon la complexité de la tâche.

1. Gouvernance et administration

Dans l'administration, les besoins typiques sont l'analyse de données, la rédaction de notes et l'aide à la décision. La consigne doit préciser le rôle, fournir les données, indiquer l'opération attendue et

le format du livrable, tout en rappelant l'exigence de vérification pour les chiffres sensibles.

« Agis comme conseiller en finances publiques. À partir de ce tableau de dépenses, identifie les anomalies, classe-les par niveau de risque et propose trois recommandations. Présente le résultat sous forme de note d'une page. »

2. Recherche académique

En recherche, l'IA appuie la formulation de problématiques, l'évaluation critique et la conception méthodologique (chapitre 27). Le prompt gagne à confier un rôle d'encadrement exigeant, qui sollicite la critique plutôt que la complaisance.

« Agis comme directeur de mémoire. Évalue cette problématique, signale ses faiblesses, propose trois hypothèses testables et une méthodologie adaptée. »

3. Sécurité et analyse stratégique

Pour l'analyse stratégique, l'IA aide à structurer l'information, à cartographier des acteurs et à construire des scénarios. La vérification des faits y est particulièrement critique, compte tenu des enjeux.

« Agis comme analyste stratégique. À partir de ces éléments, cartographie les acteurs d'un conflit, identifie les causes profondes et propose trois scénarios d'évolution. »

4. Communication institutionnelle

En communication, la précision du format et du ton est décisive. La consigne doit fixer la longueur, le registre, la langue et les messages clés à faire passer.

« Rédige un communiqué de presse de 200 mots annonçant le lancement d'un portail citoyen, ton institutionnel, en français, avec un titre et trois messages clés. »

5. Évaluer la qualité d'un résultat

Tout livrable produit avec l'IA doit être évalué selon quatre critères avant usage. L'exactitude : les faits, chiffres et références sont-ils vérifiés ? La pertinence : le résultat répond-il réellement au besoin posé ? La structure : respecte-t-il le format demandé ? L'exploitabilité : est-il directement utilisable, ou nécessite-t-il un retravail substantiel ? En cas de défaut, on itère en ciblant le critère manquant et l'on vérifie systématiquement les sources.

Cette grille d'évaluation transforme l'usage de l'IA d'une production opportuniste en une démarche professionnelle contrôlée. Elle rappelle aussi que la responsabilité du livrable final incombe à l'utilisateur, non au modèle : l'IA propose un matériau, le professionnel le valide, l'ajuste et l'assume.

Tableau 26.1 — Grille d'évaluation d'un résultat

Critère	Question de contrôle	Action si défaut
Exactitude	Faits et références vérifiés ?	Vérifier les sources, corriger
Pertinence	Répond-il au besoin réel ?	Reformuler la consigne
Structure	Respecte-t-il le format ?	Préciser le format attendu
Exploitabilité	Directement utilisable ?	Itérer et finaliser

Étude de cas — Atelier d'application

Choisissez un besoin réel de votre organisation. Rédigez le prompt selon RCMF et une technique avancée, générez un livrable, puis évaluez-le selon les quatre critères de qualité et améliorez-le par au moins une itération ciblée. Documentez ce que l'itération a corrigé.

À retenir

Le prompting professionnel part toujours du livrable attendu : on rédige la consigne à rebours du résultat voulu.

Chaque métier appelle un rôle, un contexte et un format spécifiques.

Quatre critères évaluent un résultat — exactitude, pertinence, structure, exploitabilité — et la responsabilité finale reste humaine.

Exercices de fin de chapitre

11. Rédigez un prompt professionnel complet pour un livrable de votre métier, selon RCMF.
12. Évaluez un résultat produit par une IA selon les quatre critères de qualité.
13. Améliorez ce résultat par une itération ciblée et décrivez la correction apportée.
14. Constituez une bibliothèque de cinq prompts (gabarits) utiles à votre fonction.

Références bibliographiques

- White, J. et al. (2023). A Prompt Pattern Catalog to Enhance Prompt Engineering with ChatGPT. arXiv:2302.11382.
- Liu, P. et al. (2023). Pre-train, Prompt, and Predict: A Systematic Survey of Prompting Methods in NLP. ACM Computing Surveys, 55(9), 1-35.

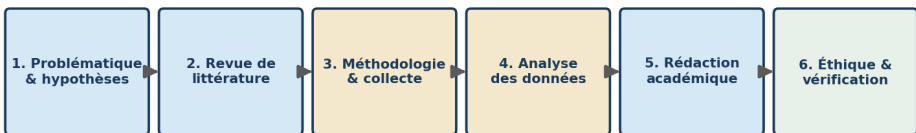
Chapitre 27 — LA MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE ASSISTÉE PAR IA

Objectifs pédagogiques

- Identifier les étapes d'une recherche assistée par IA ;
- Utiliser l'IA pour formuler une problématique et des hypothèses ;
- Concevoir des outils de collecte et d'analyse de données ;
- Conserver la maîtrise critique et l'intégrité de la démarche.

La recherche scientifique suit une démarche rigoureuse : problématisation, revue de littérature, hypothèses, collecte, analyse, interprétation et publication. L'IA peut assister chacune de ces étapes, mais la réflexion, l'analyse critique et l'originalité demeurent l'apanage du chercheur. Van Dis et al. (2023), dans une tribune de la revue Nature, formulent des priorités pour un usage responsable des modèles de langage en recherche : maintenir la vérification humaine, exiger la transparence sur l'usage de l'IA, et préserver la responsabilité scientifique. Ce cadre guide l'ensemble du présent chapitre.

Le principe directeur peut s'énoncer ainsi : l'IA est un assistant, non un chercheur. Elle accélère des tâches, suggère des pistes, met en forme — mais elle ne pense pas à la place du chercheur, ne garantit pas la véracité de ses productions, et ne saurait endosser la responsabilité scientifique. Comprendre cette ligne de partage est la condition d'un usage à la fois efficace et intègre.



L'IA assiste chaque étape — mais la réflexion, l'analyse critique et l'originalité restent humaines.

Figure 27.1 — La recherche assistée par IA : l'IA appuie chaque étape, l'humain garde la maîtrise.

1. Problématique et hypothèses

L'IA peut aider à explorer un champ, à repérer des angles peu traités et à reformuler une question de recherche. Surtout, elle aide à passer d'un sujet trop large à une problématique précise et traitable. Un thème comme « la diplomatie parlementaire en Afrique » peut ainsi être resserré en « l'efficacité de la diplomatie parlementaire dans la pacification de la région des Grands Lacs entre 1994 et 2024 ». L'IA peut également proposer des hypothèses testables et en discuter la formulation.

Ces apports appellent une vigilance méthodologique. Une problématique pertinente doit s'appuyer sur une revue de littérature réelle (chapitre 28), et non sur des références que l'IA pourrait inventer. Les suggestions de l'IA sont des points de départ à interroger, à étayer et à valider par les sources primaires. Le jugement sur la pertinence scientifique et l'originalité d'une question demeure celui du chercheur et de son encadrement.

2. Outils de collecte et d'analyse

L'IA assiste la conception des instruments de recherche : élaboration de questionnaires, de guides d'entretien, de grilles d'observation, ainsi que la construction de plans d'analyse. En phase de traitement, elle peut accélérer la codification de données qualitatives (repérage de thèmes récurrents dans des entretiens) ou le traitement préliminaire de données quantitatives. Ces gains de temps sont réels, en particulier pour des équipes aux moyens limités.

L'interprétation, en revanche, reste du ressort du chercheur. Donner un sens aux données, les relier au cadre théorique, en tirer des conclusions nuancées et en reconnaître les limites supposent une compréhension que l'IA ne possède pas. Par ailleurs, l'usage de l'IA sur des données sensibles soulève des questions de confidentialité et

d'éthique de la recherche (consentement, protection des participants) qui doivent être traitées en amont (chapitre 30).

3. Garder la maîtrise critique

Le fil conducteur de toute recherche assistée par IA est le maintien de la maîtrise critique. On ne doit jamais accepter sans vérification une référence, une donnée ou une conclusion proposée par l'outil. Les modèles de langage peuvent produire des citations inexistantes ou attribuer à tort des idées à des auteurs — un risque documenté et particulièrement dommageable en contexte académique, où la traçabilité des sources est constitutive de la démarche. Chaque référence doit être retrouvée et vérifiée à la source.

La formule qui résume cette posture est simple : l'outil propose, le chercheur dispose, vérifie et assume. L'IA peut alléger la charge des tâches mécaniques et libérer du temps pour l'analyse, mais elle ne dilue pas la responsabilité scientifique. Loin d'affaiblir l'exigence de rigueur, son usage bien compris la déplace vers ce qui fait la valeur de la recherche : la pensée critique, l'interprétation et l'intégrité.

Cette posture a une portée particulière pour les chercheurs africains. Bien employée, l'IA peut réduire certaines inégalités d'accès — à la mise en forme académique, à la traduction, à l'exploration rapide d'un champ — et ainsi alléger des barrières qui pèsent sur les institutions aux moyens limités. Mal employée, elle expose à des risques accrus : dépendance à des références non vérifiées, uniformisation des questionnements, et fragilité face à des outils conçus pour d'autres contextes linguistiques et disciplinaires. L'enjeu est donc de s'approprier ces outils de façon critique et souveraine, en les mettant au service d'une recherche ancrée dans les réalités locales plutôt qu'en s'y soumettant.

Étude de cas — Guide d'entretien sur la gouvernance locale

Concevez, avec l'appui de l'IA, un guide d'entretien sur la gouvernance locale en RDC : thèmes principaux, questions

ouvertes, relances possibles, et plan de codification des réponses. Indiquez quelles parties vous validez et complétez vous-même, et quelles précautions éthiques s'appliquent au traitement des données.

À retenir

L'IA peut assister chaque étape de la recherche, mais elle est un assistant, non un chercheur.

Elle aide à problématiser, à concevoir des instruments et à traiter des données ; l'interprétation reste humaine.

Toute référence et toute donnée proposées doivent être vérifiées : l'outil propose, le chercheur dispose, vérifie et assume.

Exercices de fin de chapitre

15. Citez les étapes d'une recherche assistée par IA et l'apport de l'IA à chacune.
16. Transformez un sujet large en un sujet de recherche précis et traitable.
17. Rédigez trois hypothèses testables sur un thème de votre choix.
18. Pourquoi faut-il vérifier toute référence proposée par l'IA ? Quelles conséquences académiques en cas de manquement ?
19. Quelles précautions éthiques s'imposent lors de l'usage de l'IA sur des données d'entretien ?

Références bibliographiques

- Creswell, J. W. et Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5^e éd.). SAGE.
- Ji, Z. et al. (2023). Survey of Hallucination in Natural Language Generation. *ACM Computing Surveys*, 55(12), 1-38.
- van Dis, E. A. M., Bollen, J., Zuidema, W., van Rooij, R. et Bockting, C. L. (2023). ChatGPT: Five Priorities for Research. *Nature*, 614, 224-226.

Chapitre 28 — LA REVUE DE LITTÉRATURE

Objectifs pédagogiques

Comprendre le rôle et les fonctions d'une revue de littérature ;
Utiliser l'IA pour explorer, résumer et organiser les travaux existants ;
Comparer les approches et repérer les débats scientifiques ;
Éviter les pièges, au premier rang desquels les références inventées.

La revue de littérature situe une recherche dans l'état des connaissances : elle recense les travaux existants, en dégage les acquis, les controverses et les lacunes, et justifie ainsi l'apport de la recherche entreprise. Webster et Watson (2002) rappellent qu'une bonne revue n'est pas une simple liste de résumés, mais une synthèse critique organisée autour de concepts, qui prépare et légitime la contribution nouvelle. Booth, Sutton et Papaioannou (2016) en détaillent les approches systématiques. L'IA peut accélérer l'exploration et la synthèse de cette littérature, à la condition impérative de vérifier chaque source.

Ce chapitre présente une méthode en quatre temps, puis examine de façon équilibrée l'apport et les limites de l'IA, en insistant sur le risque spécifique des références fabriquées.

1. Une méthode en quatre temps

Une revue de littérature rigoureuse procède en quatre temps. Le premier consiste à identifier les auteurs et les travaux majeurs du champ, en remontant aux sources fondatrices comme aux contributions récentes. Le deuxième résume les théories, méthodes et résultats de ces travaux, afin d'en restituer fidèlement la substance. Le troisième compare les approches, en faisant ressortir convergences, divergences et complémentarités. Le quatrième repère les débats, les controverses et surtout les lacunes — ces zones

encore mal explorées où la recherche nouvelle pourra apporter une contribution.

Cette démarche est cumulative et critique : il ne s'agit pas d'accumuler des références, mais de construire une cartographie raisonnée du savoir existant. C'est précisément cette dimension d'organisation conceptuelle et de jugement critique que l'IA ne peut prendre en charge à la place du chercheur, même lorsqu'elle l'assiste efficacement dans les tâches de repérage et de résumé.

2. L'apport et les limites de l'IA

L'IA offre une aide réelle à plusieurs étapes : elle résume rapidement des textes longs, compare des positions, reformule des idées et aide à organiser une masse documentaire. Pour un chercheur disposant de peu de temps ou de moyens, ce gain d'efficacité est appréciable. Elle peut aussi suggérer des angles ou des auteurs à explorer, ouvrant des pistes que l'on confirmera ensuite par les sources.

Ces apports s'accompagnent d'un risque majeur et spécifique : l'hallucination de références. Un modèle de langage peut produire des citations d'apparence parfaitement crédible — titre plausible, auteurs connus, revue réelle — mais entièrement fictives, ou attribuer à un auteur des propos qu'il n'a jamais tenus (Ji et al., 2023). En revue de littérature, où la traçabilité des sources est constitutive de la validité, ce risque est rédhibitoire. La règle, sans exception, est de retrouver et de vérifier chaque référence dans les bases de données académiques avant de la retenir. Une référence non vérifiée n'existe pas.

Un flux de travail prudent combine l'efficacité de l'IA et la rigueur de la vérification. On peut utiliser l'IA pour dégrossir un champ — repérer des thèmes, obtenir une première vue d'ensemble, identifier des auteurs à explorer —, puis basculer impérativement vers les bases de données académiques (catalogues de bibliothèques, archives ouvertes, index scientifiques) pour retrouver, lire et vérifier les sources réelles. Dans ce schéma, l'IA sert de point de départ heuristique, jamais de source : la connaissance retenue provient

toujours des documents originaux, consultés et compris par le chercheur. Cette articulation préserve le gain de temps sans compromettre la validité.

Concept clé — Règle d'or

Ne jamais citer une référence fournie par une IA sans l'avoir retrouvée et vérifiée à la source, dans une base de données académique reconnue. Une citation invérifiable doit être écartée, quelle que soit sa plausibilité apparente.

À retenir

La revue de littérature est une synthèse critique organisée, non une liste de résumés.

L'IA accélère l'exploration, le résumé et la comparaison, mais ne remplace pas le jugement critique.

La vérification de chaque source est non négociable : les références inventées sont le piège majeur.

Exercices de fin de chapitre

1. Quelles sont les quatre étapes d'une revue de littérature ? En quoi diffère-t-elle d'une liste de résumés ?
2. Comment l'IA peut-elle aider à comparer des approches théoriques ?
3. Pourquoi les références fournies par l'IA doivent-elles être systématiquement vérifiées ?
4. Rédigez une synthèse comparative de deux approches sur un thème donné, à partir de sources vérifiées.
5. Donnez un exemple de référence « plausible mais à vérifier » et décrivez votre procédure de vérification.

Références bibliographiques

- Booth, A., Sutton, A. et Papaioannou, D. (2016). *Systematic Approaches to a Successful Literature Review* (2^e éd.). SAGE.
- Ji, Z. et al. (2023). Survey of Hallucination in Natural Language Generation. *ACM Computing Surveys*, 55(12), 1-38.
- Webster, J. et Watson, R. T. (2002). Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly*, 26(2), xiii-xxiii.

Chapitre 29 — LA RÉDACTION ACADÉMIQUE ASSISTÉE PAR IA

Objectifs pédagogiques

Utiliser l'IA pour structurer, clarifier et améliorer un texte ;
Distinguer nettement l'aide à la rédaction de la substitution à l'auteur ;
Préserver l'originalité intellectuelle et la voix de l'auteur ;
Respecter les normes académiques et les exigences de transparence.

L'IA peut corriger, reformuler, résumer et structurer un texte. Bien utilisée, elle améliore la clarté, la lisibilité et la cohérence d'un écrit académique ; mal utilisée, elle dilue la pensée de l'auteur dans un style générique et appauvri. La frontière déterminante est celle de l'originalité intellectuelle : l'IA peut aider à exprimer une pensée, non à la produire. Cette distinction, simple en apparence, structure tout usage légitime de l'IA en rédaction (van Dis et al., 2023).

Pour les chercheurs non anglophones ou écrivant dans une langue seconde, l'aide à la rédaction peut réduire des barrières linguistiques réelles et favoriser une participation plus équitable à la production scientifique. Cet apport, particulièrement pertinent pour les chercheurs africains, ne dispense toutefois ni de la maîtrise du contenu ni de la responsabilité de l'auteur sur chaque phrase publiée.

1. Ce que l'IA fait bien

L'IA excelle dans un ensemble de tâches de mise en forme. Elle corrige l'orthographe, la grammaire et le style. Elle reformule des passages pour en améliorer la clarté ou ajuster le registre. Elle résume des textes longs pour en dégager l'essentiel. Elle aide à structurer un document : proposer un plan, assurer les transitions, vérifier la cohérence d'ensemble. Ces opérations, chronophages mais

nécessaires, peuvent être accélérées sans dommage pour l'intégrité du travail, à condition d'en contrôler le résultat.

Le bénéfice est d'autant plus net que ces tâches portent sur la forme et non sur le fond. Demander à l'IA de clarifier la formulation d'une idée déjà élaborée par l'auteur est légitime et utile ; lui demander de produire l'idée elle-même déplace l'usage vers un terrain problématique, examiné ci-dessous.

2. Ce que l'IA ne doit pas remplacer

L'IA ne doit jamais se substituer à la réflexion scientifique, à l'analyse critique et à l'originalité intellectuelle, qui constituent la valeur propre d'un travail de recherche. Le chercheur demeure l'auteur : c'est lui qui pense, qui argumente, qui interprète ; l'IA ne fait qu'aider à formuler. Une thèse, une analyse, une conclusion produites par un modèle et reprises telles quelles, sans appropriation ni vérification, ne sont pas le travail de l'auteur et trahissent la nature même de la démarche scientifique.

Cette ligne de partage n'est pas qu'une question de règle : elle touche à la finalité de la recherche, qui est de produire une connaissance nouvelle par un esprit qui pense. Déléguer cette fonction à un outil reviendrait à renoncer à ce qui fait la valeur du travail. L'IA, bien comprise, libère du temps pour la pensée plutôt qu'elle ne la remplace.

Il existe par ailleurs une raison de fond à préserver l'effort de rédaction personnelle : écrire est une manière de penser. Mettre en forme un raisonnement oblige à le clarifier, à en repérer les failles et à en approfondir les implications. Déléguer entièrement cette étape à un outil priverait le chercheur de ce travail cognitif structurant, au détriment de la qualité de l'analyse elle-même. L'IA doit donc intervenir après l'effort de pensée et d'écriture, pour le polir, et non avant, pour s'y substituer.

3. Bonnes pratiques

Quelques pratiques permettent de tirer parti de l'IA sans compromettre l'intégrité du travail. La première est de rédiger d'abord ses propres idées, puis de solliciter une amélioration ciblée — et non de partir d'un texte généré que l'on retoucherait. La deuxième est de vérifier systématiquement que la reformulation n'a pas déformé le sens ni introduit d'erreur. La troisième est de préserver sa voix d'auteur, en refusant un lissage stylistique qui effacerait la singularité de l'écriture. La quatrième est de déclarer l'usage de l'IA lorsque les règles de l'institution ou de l'éditeur l'exigent (chapitre 30).

Tableau 29.1 — Usage légitime et usage problématique de l'IA en rédaction

Tâche	Usage légitime	Usage problématique
Idées et thèses	Élaborées par l'auteur	Générées et reprises telles quelles
Style et clarté	Améliorer une formulation	Masquer une pensée absente
Structure	Proposer un plan à valider	Sous-traiter tout le raisonnement
Sources	Vérifiées par l'auteur	Citées sans vérification

À retenir

L'IA est un assistant de rédaction, pas un auteur : elle aide à exprimer une pensée, non à la produire.

L'aide à la forme est légitime ; la substitution au fond ne l'est pas.

Bonnes pratiques : rédiger d'abord, vérifier le sens, préserver sa voix, déclarer l'usage si requis.

Exercices de fin de chapitre

6. Citez quatre tâches de rédaction où l'IA apporte une aide légitime.
7. Que l'IA ne doit-elle jamais remplacer en rédaction académique, et pourquoi ?

8. Décrivez deux bonnes pratiques pour préserver votre voix d'auteur.
9. Faites améliorer un paragraphe par l'IA, puis vérifiez que le sens et les nuances sont intacts.
10. À l'aide du tableau 29.1, classez trois usages concrets en « légitime » ou « problématique » et justifiez.

Références bibliographiques

- Gero, K. I., Liu, V. et Chilton, L. (2022). Sparks: Inspiration for Science Writing Using Language Models. *Proceedings of DIS '22*, 1002-1019.
- van Dis, E. A. M., Bollen, J., Zuidema, W., van Rooij, R. et Bockting, C. L. (2023). ChatGPT: Five Priorities for Research. *Nature*, 614, 224-226.

Chapitre 30 — L'ÉTHIQUE SCIENTIFIQUE À L'ÈRE DE L'IA

Objectifs pédagogiques

Comprendre les enjeux d'intégrité scientifique liés à l'usage de l'IA ;

Distinguer usage légitime et fraude ;

Connaître les règles de transparence et de paternité (authorship) ;

Adopter une conduite de recherche responsable.

L'usage de l'IA en recherche soulève des questions d'intégrité scientifique : plagiat, paternité des travaux, fiabilité des sources et transparence. L'éthique scientifique — l'ensemble des normes qui garantissent l'honnêteté et la fiabilité de la connaissance produite (Resnik, 1998) — doit guider chaque usage. Loin d'être un supplément formel, elle est constitutive de la confiance sur laquelle repose toute la science. L'arrivée des IA génératives a conduit les institutions et les éditeurs à préciser rapidement leurs règles, qu'il importe de connaître.

Ce chapitre examine trois enjeux : l'intégrité face au plagiat, la transparence et la paternité, puis les principes d'une conduite responsable — en les rapportant aux positions des grandes instances de l'édition scientifique.

1. Intégrité et plagiat

Présenter comme entièrement sien un texte généré par une IA, sans réflexion propre ni vérification, relève de la fraude académique : c'est s'attribuer un travail que l'on n'a pas accompli. L'IA peut assister la production d'un texte, mais ne saurait se substituer à l'auteur, qui doit maîtriser, vérifier et s'approprier chaque élément. Le risque d'hallucination aggrave l'exigence : reprendre sans contrôle des références ou des chiffres fournis par un modèle expose à publier des

informations fausses, manquement grave à l'intégrité scientifique (chapitres 27 et 28).

Le plagiat assisté par IA prend des formes nouvelles — reformulation automatique de travaux d'autrui, génération de paraphrases — qui n'en changent pas la nature : il demeure une appropriation induite du travail ou des idées d'autrui. Les outils de détection évoluent, mais la responsabilité première incombe au chercheur, tenu à l'honnêteté quels que soient les moyens techniques disponibles.

2. Transparence et paternité

Un consensus s'est rapidement dégagé parmi les éditeurs et les instances scientifiques : une IA ne peut être autrice d'un travail. Le Comité international des rédacteurs de revues médicales (ICMJE) et le Committee on Publication Ethics (COPE) posent qu'une IA ne remplit pas les critères de la paternité (authorship), car elle ne peut endosser la responsabilité du contenu ni approuver la version finale. La paternité revient donc exclusivement aux auteurs humains, qui assument l'intégralité du travail, y compris ses éventuelles erreurs.

Corrélativement, de nombreuses institutions et revues exigent désormais de déclarer l'usage de l'IA — quels outils, pour quelles tâches — généralement dans une section dédiée (méthodes ou remerciements). Cette transparence n'est pas une formalité : elle permet l'évaluation par les pairs, la reproductibilité et la confiance. Dissimuler un usage substantiel de l'IA constitue, en soi, un manquement à l'intégrité.

3. Conduite responsable

Une conduite de recherche responsable à l'ère de l'IA repose sur quelques principes simples et fermes. Vérifier systématiquement les sources et les données proposées par l'outil. Déclarer l'usage de l'IA selon les règles en vigueur dans son institution et chez l'éditeur. Protéger les données personnelles des personnes enquêtées, en évitant notamment de soumettre des données sensibles à des services dont la confidentialité n'est pas garantie. Préserver enfin

l'originalité et la rigueur de l'analyse, qui demeurent la contribution propre du chercheur.

Ces principes valent au-delà du cas individuel : ils appellent, à l'échelle des universités et des centres de recherche, l'adoption de chartes claires qui orientent les pratiques, forment les étudiants et préviennent les dérives. Élaborer de tels cadres est un enjeu institutionnel important pour les établissements africains, à la fois pour protéger l'intégrité de leurs travaux et pour accompagner un usage maîtrisé et souverain de ces outils.

Étude de cas — Charte d'usage de l'IA pour une université congolaise

Rédigez les grands principes d'une charte encadrant l'usage de l'IA par les étudiants et les chercheurs : usages autorisés (aide à la forme, exploration), obligations de transparence (déclaration de l'usage), interdictions (génération de contenu présenté comme original, soumission de données sensibles), et sanctions proportionnées. Prévoyez un volet de formation et de sensibilisation.

À retenir

L'éthique scientifique impose vérification, transparence et responsabilité ; elle est constitutive de la confiance dans la science.

Une IA ne peut être autrice : la paternité et la responsabilité reviennent aux auteurs humains.

La conduite responsable s'appuie sur des principes individuels et sur des chartes institutionnelles claires.

Exercices de fin de chapitre

11. Qu'est-ce qui distingue un usage légitime de l'IA d'une fraude académique ?
12. Pourquoi une IA ne peut-elle être autrice d'un travail scientifique ?
13. Pourquoi déclarer l'usage de l'IA dans un travail académique ?

14. Citez trois règles de conduite responsable et justifiez-en l'importance.
15. Esquissez trois articles d'une charte universitaire encadrant l'usage de l'IA.

Références bibliographiques

- COPE — Committee on Publication Ethics (2023). Authorship and AI Tools: COPE Position Statement.
- ICMJE (2023). Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals (mise à jour sur l'usage de l'IA).
- Resnik, D. B. (1998). The Ethics of Science: An Introduction. Routledge.
- van Dis, E. A. M. et al. (2023). ChatGPT: Five Priorities for Research. *Nature*, 614, 224-226.

L'intelligence artificielle est devenue une infrastructure du pouvoir : elle redessine l'économie, la science, la gouvernance et la sécurité. Pourtant, la plupart des ouvrages qui la décrivent sont pensés loin des réalités africaines. Ce manuel comble ce vide. Rigoureux et accessible, il conduit le lecteur des fondements théoriques — histoire et concepts de l'IA, apprentissage automatique et profond, traitement du langage et vision par ordinateur — jusqu'aux usages les plus avancés : IA générative, agents intelligents, prompt engineering et recherche scientifique assistée. Chaque chapitre articule objectifs pédagogiques, exposés illustrés, encadrés « Concept clé » et « À retenir », études de cas ancrées en RDC et exercices d'application. Mais l'ouvrage va plus loin que la simple initiation technique : il défend une thèse. Pour l'Afrique, et singulièrement pour la République démocratique du Congo, l'IA n'est pas qu'un outil de rattrapage — c'est un enjeu de souveraineté. Données, langues nationales, cloud souverain, stratégie publique : autant de leviers pour gouverner l'IA plutôt que la subir. Avec 35 chapitres, 4 ateliers pratiques et 6 annexes de référence, ce manuel s'adresse aux étudiants et enseignants de l'enseignement supérieur, aux professionnels en formation continue et aux décideurs publics qui veulent comprendre, appliquer et orienter l'intelligence artificielle au service de leurs nations.

« L'IA n'est pas un simple outil technologique : c'est un amplificateur de puissance humaine. »



Donat-Soft Mukuna Muya est médecin, titulaire d'un master de recherche et doctorant en stratégie, défense et sécurité au CHESD de Kinshasa. Chercheur associé à l'Université de Kinshasa et coordonnateur national du Corps d'élite scientifique, il travaille sur la gouvernance, la sécurité, la résilience et la transformation numérique en RDC. Auteur de plusieurs publications scientifiques, il met son expertise au service des enjeux stratégiques et technologiques africains.



DU MÊME AUTEUR : <https://orcid.org/0009-0006-1911-3277>.

ISBN : 978-99951-775-5-3