

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE COMMERCE

**Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention d'un diplôme de
Master en Sciences Financières et Comptabilité**

Option : Comptabilité et finance

Thème :

**L'Influence de l'Intelligence Artificielle sur la Mission d'Audit
en Algérie**

Élaboré par :

KADDAI Ramzi

Encadré par :

Dr. BENACHOUR Amira

Lieu du stage : Société Nationale d'Assurance

Durée du stage : du 26/02/2024 au 26/05/2024

**Année universitaire
2023/2024**

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ÉCOLE SUPÉRIEURE DE COMMERCE**

**Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention d'un diplôme de Master en
Sciences Financières et Comptabilité**

Option : Comptabilité et finance

Thème :

**L'Influence de l'Intelligence Artificielle sur la Mission d'Audit
en Algérie**

Élaboré par :

KADDAI Ramzi

Encadré par :

Dr. BENACHOUR Amira

Lieu du stage : Société Nationale d'Assurance

Durée du stage : du 26/02/2024 au 26/05/2024

REMERCIEMENT

Avant tout, je tiens à remercier Dieu, le Tout-Puissant, pour m'avoir donné la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail. Sans Sa guidance et Ses bénédictions, rien de tout cela n'aurait été possible.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire intitulé "L'influence de l'intelligence artificielle sur la mission d'audit financier".

Tout d'abord, je remercie sincèrement mon directeur de recherche, le Dr. Benachour Amira, pour sa patience, ses conseils avisés et son soutien inconditionnel tout au long de ce projet. Son expertise et son encouragement ont été d'une importance cruciale pour la réussite de ce travail.

Un remerciement spécial à mon encadrant de stage, Ghanine Mohamed, pour ses conseils pratiques, sa disponibilité et son soutien constant. Sa guidance a été essentielle pour l'application des concepts théoriques à des situations réelles, ce qui a significativement amélioré la qualité de ce travail.

Je remercie chaleureusement toute l'équipe du cabinet d'expertise Djaknoun pour leur accueil chaleureux, leur soutien professionnel et leur collaboration durant mon stage. Leur aide technique, leurs conseils avisés et leur environnement de travail stimulant ont été d'une grande valeur pour mes recherches et mon apprentissage pratique.

Mes remerciements vont également à tous les professeurs de l'École Supérieure de Commerce, dont les enseignements, les discussions et les encouragements ont profondément enrichi mon parcours académique. Leur dévouement à l'enseignement et à la recherche a été une source constante d'inspiration.

Je tiens à exprimer ma gratitude envers ma famille et mes amis pour leur soutien indéfectible, leur compréhension et leurs encouragements constants. Leur présence à mes côtés m'a donné la force et la motivation nécessaires pour surmonter les défis rencontrés au cours de cette aventure académique.

Enfin, je remercie toutes les personnes, connues ou anonymes, qui ont contribué à ce mémoire par leurs encouragements, discussions enrichissantes ou aides ponctuelles. Chaque contribution a été précieuse.

Votre soutien à tous a été essentiel, et je vous en suis profondément reconnaissant.

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à la mémoire de mon père, dont l'absence physique ne diminue en rien la force de ses enseignements et de son amour. Ton esprit continue de m'inspirer et de me guider chaque jour.

À ma mère, pilier de ma vie, dont l'amour inconditionnel, la patience et le soutien constant m'ont donné la force de persévérer dans les moments les plus difficiles.

À mon frère Zinou, dont la fraternité et l'encouragement ont été des phares lumineux dans les périodes de doute, et à ma sœur, pour sa compréhension, son affection et sa présence rassurante.

Je dédie également ce travail à mes amis précieux Brahim et Mohamed, dont l'amitié sincère a été une source inestimable de réconfort et de soutien. À tous mes camarades de l'École Supérieure de Commerce : Kamel, Youcef, Malek, Bahaa, Oussama et tous ceux dont le nom m'échappe à l'instant, merci pour votre camaraderie, votre soutien et les souvenirs inoubliables que nous avons partagés.

Un remerciement spécial à mes amis Adnane et Rafik, pour leur amitié fidèle et leur soutien indéfectible. Vous avez été des piliers sur lesquels je me suis appuyé tout au long de ce voyage académique.

Enfin, je dédie ce mémoire à toute l'équipe du cabinet Djaknoun : Monsieur Abdelkader, Riad, Walid, Soumia et Abdelghani. Votre accueil chaleureux, vos conseils avisés et votre soutien professionnel ont été essentiels pour la réalisation de ce travail. Vous avez tous contribué à faire de cette expérience un chapitre inoubliable de ma vie.

Merci à vous tous, du fond du cœur.

Kaddai Ramzi

SOMMAIRE

REMERCIEMENT	
DEDICACES	
SOMMAIRE	I
LISTE DES TABLEAUX	II
LISTE DES FIGURES	III
LISTE DES ANNEXES	IV
LISTE DES ABRÉVIATIONS	V
RESUME	IX
ABSTRACT	X
ملخص	XI
INTRODUCTION GÉNÉRALE	A-H
CHAPITRE I : Fondements de base de l'Intelligence Artificielle	
Introduction du chapitre I	- 2 -
Section 01 : l'Intelligence Artificielle (IA) : Concepts, Types et Applications	- 3 -
Section 02 : Evolution historique de IA	- 20 -
Conclusion du chapitre I	- 31 -
CHAPITRE II : L'audit financier à l'ère de la numérisation	
Introduction du chapitre II	- 35 -
Section 01 : Cadre théorique de l'audit financier	- 36 -
Section 02 : Transformation de l'audit dans le contexte numérique	- 53 -
Conclusion du chapitre II	- 66 -
CHAPITRE III : Analyse économétrique de l'impact de l'Intelligence Artificielle sur l'Audit Financier	
Introduction du chapitre III	- 69 -
Section 01 : Démarche méthodologique	- 70 -
Section 02 : Analyse et discussion des résultats de l'enquête	- 77 -
Conclusion du chapitre III	- 96 -
CONCLUSION GENERALE	- 97 -
Bibliographie	- 101 -
ANNEXES	i-ixx
Table des matières	II

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre	Intitulé du tableau	Page
Chapitre 02	<u>Tableau N°01</u> : Procédures de la mission d’audit financier.	47
	<u>Tableau N°02</u> : Approche d'Audit Traditionnelle VS Approche d'Audit Soutenue par des Systèmes d'IA	54
Chapitre 03	<u>Tableau N°03</u> : Tableau de l’échelle de Linkert	75
	<u>Tableau N°04</u> : Population de questionnaire option : Age	77
	<u>Tableau N°05</u> : Population de questionnaire option : Profession	78
	<u>Tableau N°06</u> : Population de questionnaire option : Expérience	79
	<u>Tableau N°07</u> : Analyse SPSS de l'axe 01	80
	<u>Tableau N°08</u> : Analyse SPSS de l'axe 02	82
	<u>Tableau N°09</u> : Résultats statistiques de « l'axe 02 ».	85
	<u>Tableau N°10</u> : Analyse SPSS de l'axe 03	86
	<u>Tableau N°11</u> : Résultats statistiques de « l'axe 03 »	88
	<u>Tableau N°12</u> : Analyse SPSS de l'axe 04	89
	<u>Tableau N°13</u> : Résultats statistiques de « l'axe 04 »	90
	<u>Tableau N°13</u> : Analyse SPSS de l'axe 05	92
<u>Tableau N°14</u> : Résultats statistiques de « l'axe 05	93	

LISTE DES FIGURES

Chapitre	Figure	Page
Chapitre 01	Figure N°01 : Quelques définitions de l'intelligence artificielle, organisées en quatre catégories	4
	Figure N°02 : Panorama des domaines de l'intelligence artificielle	10
	Figure N°03 : Une scène dans le monde des blocs. SHRDLU (Winograd, 1972) vient de terminer la commande : « Trouve un bloc qui est plus grand que celui que tu tiens et mets-le dans la boîte. »	25
Chapitre 03	Figure N°04 : Analyse de Teste T-Student « l'axe 03 »	84

LISTE DES ANNEXES

Annexe	Page
Annexe N °01 : Questionnaire	iv
Annexe N °02 : Analyse SPSS de questionnaire	v

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Abbréviations	Signification en anglais	Signification en français
AICPA	American Institute of Certified Public Accountants	Institut Américain des Experts-Comptables Agréés
ANALOGY	Analogical Geometry Integrator	Intégrateur de Géométrie Analogique
ANOVA	Analysis of Variance	Analyse de la Variance
CI	Internal Control	Contrôle Interne
CMU	Carnegie Mellon University	Université Carnegie Mellon
CNC	National Accounting Commission	Commission Nationale des Comptes
CPU	Central Processing Unit	Unité Centrale de Traitement
DA	Algerian Dinar	Dinar Algérien
DADS	Database of Available Day Schools	Base de Données des Écoles Journées Disponibles
DEC	Digital Equipment Corporation	Corporation d'Équipements Numériques
DENDRAL	Differential Analyzer	Analyseur Différentiel
DRA	Dynamic Risk Assessment	Évaluation Dynamique des Risques
EY	Ernst & Young (Audit and Advisory Firm)	Ernst & Young (Cabinet d'Audit et de Conseil)
FASB	Financial Accounting Standards Board	Conseil des Normes Comptables Financières
GAAP	Generally Accepted Accounting Principles	Principes Comptables Généralement Acceptés
GLAD	General Ledger Anomaly Detector	Détecteur d'Anomalies dans le Grand Livre

GPS	General Problem Solver	Résolveur de Problèmes Général
HLAI	Human-Level Artificial Intelligence	Intelligence Artificielle de Niveau Humain
HMM	Hidden Markov Models	Modèles de Markov Cachés
IA	Artificial Intelligence	Intelligence Artificielle
IAAIS	International Association of Insurance Supervisors	Association Internationale des Superviseurs d'Assurance
IAASB	International Auditing and Assurance Standards Board	Conseil des Normes Internationales d'Audit et d'Assurance
IAG	General Artificial Intelligence	Intelligence Artificielle Générale
IASB	International Accounting Standards Board	Conseil des Normes Comptables Internationales
IBM	International Business Machines Corporation	Société Internationale des Machines IBM
ICAEW	Institute of Chartered Accountants in England and Wales	Institut des Experts-Comptables Agréés en Angleterre et au Pays de Galles
IFAC	International Federation of Accountants	Fédération Internationale des Experts-Comptables
IFRS	International Financial Reporting Standards	Normes Internationales d'Information Financière
IIA	Institute of Internal Auditors	Institut des Auditeurs Internes
IMA	Institute of Management Accountants	Institut des Comptables de Gestion
ISA	International Standards on Auditing	Normes Internationales d'Audit

ISO	International Organization for Standardization	Organisation Internationale de Normalisation
KPMG	Klynveld Peat Marwick Goerdeler (Audit and Advisory Firm)	Klynveld Peat Marwick Goerdeler (Cabinet d'Audit et de Conseil)
MCC	Microelectronics and Computer Technology Corporation	Corporation de Microélectronique et de Technologie Informatique
MIT	Massachusetts Institute of Technology	Institut de Technologie du Massachusetts
NAA	Algerian Audit Standards	Normes Algériennes d'Audit
NER	Named Entity Recognition	Reconnaissance d'Entités Nomées
NLG	Natural Language Generation	Génération de Langage Naturel
NLP	Natural Language Processing	Traitement du Langage Naturel
OIT	International Labour Organization	Organisation Internationale du Travail
ONEC	National Order of Chartered Accountants	Ordre National des Experts-Comptables
PwC	PricewaterhouseCoopers (Audit and Advisory Firm)	PricewaterhouseCoopers (Cabinet d'Audit et de Conseil)
QI	Intelligence Quotient	Quotient Intellectuel
RNN	Recurrent Neural Networks	Réseaux de Neurones Récurrents
RPA	Robotic Process Automation	Automatisation des Processus Robotisés
SAA	Algerian Insurance Company	La Société Algérienne d'Assurance

SAINT	Symbolic Automatic INTEgrator	Intégrateur Automatique Symbolique
SCF	Financial Accounting System	Système Comptable Financier
SEC	Securities and Exchange Commission	Commission des Opérations de Bourse
SNARC	Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator	Calculateur Stochastique Analogique à Réseau Neuronal
SOX	Sarbanes-Oxley Act	Loi Sarbanes-Oxley
SRI	Stanford Research Institute	Institut de Recherche de Stanford
STT	Speech-to-Text	Reconnaissance Vocale
TTS	Text-to-Speech	Synthèse Vocale
USD	United States Dollar	Dollar des États-Unis

Résumé

Dans un monde de plus en plus numérique, les pratiques d'audit évoluent pour intégrer les technologies d'intelligence artificielle (IA), améliorant ainsi l'efficacité et la précision des audits tout en gérant les nouveaux risques associés. Ce mémoire se concentre sur l'intégration de l'IA dans les pratiques d'audit, en analysant les évolutions technologiques et les implications pour ce domaine.

La première partie du mémoire explore l'importance de l'IA dans l'audit moderne. Elle aborde les aspects contractuels essentiels pour l'intégration de ces technologies, tant avec les clients qu'avec les fournisseurs de technologies. En outre, elle examine les changements dans l'identification des facteurs de risque et l'évaluation des risques de contrôle grâce aux capacités analytiques avancées de l'IA.

Ensuite, le document détaille les modifications apportées aux tests substantiels et à l'évaluation des preuves, démontrant comment l'IA permet une analyse plus exhaustive et continue des données. Enfin, il compare les approches traditionnelles et assistées par l'IA, mettant en lumière les avantages et les défis spécifiques à chaque méthode.

Cette analyse vise à préparer les auditeurs aux transformations en cours, leur permettant de mieux appréhender les enjeux et les opportunités de l'audit à l'ère numérique.

Mots Clés : audit, intelligence artificielle, technologies, efficacité, précision, risques

Abstract

In an increasingly digital world, auditing practices are evolving to integrate artificial intelligence (AI) technologies, thereby enhancing the efficiency and accuracy of audits while managing the new associated risks. This thesis focuses on the integration of AI into auditing practices, analyzing technological advancements and their implications for the field.

The first part of the thesis explores the importance of AI in modern auditing. It addresses the essential contractual aspects for integrating these technologies, both with clients and technology providers. Additionally, it examines changes in the identification of risk factors and the assessment of control risks thanks to AI's advanced analytical capabilities.

Next, the document details the modifications made to substantive testing and evidence evaluation, demonstrating how AI enables more comprehensive and continuous data analysis. Finally, it compares traditional and AI-assisted approaches, highlighting the specific advantages and challenges of each method.

This analysis aims to prepare auditors for ongoing transformations, enabling them to better understand the issues and opportunities of auditing in the digital age.

Keywords : audit, artificial intelligence, technologies, efficiency, accuracy, ris

ملخص

في عالم يزداد رقمناً يوماً بعد يوم، تتطور ممارسات التدقيق لتشمل تقنيات الذكاء الاصطناعي، مما يحسن من كفاءة ودقة عمليات التدقيق مع إدارة المخاطر الجديدة المصاحبة. يركز هذا البحث على دمج الذكاء الاصطناعي في ممارسات التدقيق، من خلال تحليل التطورات التكنولوجية والآثار المترتبة على هذا المجال.

تستكشف الجزء الأول من البحث أهمية الذكاء الاصطناعي في التدقيق الحديث. تتناول الجوانب التعاقدية الأساسية لدمج هذه التقنيات، سواء مع العملاء أو مع مزودي التكنولوجيا. بالإضافة إلى ذلك، تدرس التغييرات في تحديد عوامل المخاطر وتقييم مخاطر الرقابة بفضل القدرات التحليلية المتقدمة للذكاء الاصطناعي.

بعد ذلك، يوضح البحث التعديلات التي أدخلت على الاختبارات الجوهرية وتقييم الأدلة، موضحاً كيف يتيح الذكاء الاصطناعي تحليلاً أكثر شمولاً واستمراراً للبيانات. أخيراً، يقارن بين الأساليب التقليدية والأساليب المدعومة بالذكاء الاصطناعي، مسلطاً الضوء على الفوائد والتحديات الخاصة بكل طريقة.

تهدف هذه الدراسة إلى إعداد المدققين للتحويلات الجارية، مما يمكنهم من فهم أفضل للقضايا والفرص في التدقيق في العصر الرقمي.

الكلمات المفتاحية: تدقيق، ذكاء اصطناعي، تقنيات، كفاءة، دقة، مخاطر.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'intelligence artificielle (IA) a marqué une transformation significative dans le paysage de l'audit, offrant des avantages substantiels tout en suscitant des inquiétudes quant à son impact sur les professionnels de la comptabilité et de l'audit en Algérie. Au sein d'une économie en plein essor, l'adoption croissante de l'IA soulève des interrogations cruciales quant à son influence sur la mission d'audit et sur les praticiens locaux.

Les avantages inhérents à l'IA dans le domaine de l'audit sont incontestables. Les outils d'IA peuvent automatiser des tâches répétitives et chronophages, libérant ainsi les auditeurs pour se consacrer à des aspects plus complexes de leur travail. L'analyse de données massives devient plus efficace, facilitant la détection d'anomalies et de modèles complexes, ce qui pourrait potentiellement rehausser la qualité des audits en minimisant les erreurs humaines et en fournissant des perspectives plus approfondies.

Cependant, ces avantages ne sont pas exempts de défis, suscitant des préoccupations au sein de la communauté des auditeurs en Algérie. L'automatisation croissante pourrait entraîner une diminution de la demande de travail manuel, remettant en question la nécessité de la main-d'œuvre traditionnelle dans le secteur de l'audit. De plus, les compétences requises pour exploiter pleinement les technologies d'IA pourraient créer un écart entre les professionnels formés et ceux qui ne le sont pas.

En outre, le recours à l'IA soulève des questions éthiques et de responsabilité. La transparence et la fiabilité des algorithmes utilisés dans les processus d'audit automatisés sont cruciales pour garantir l'intégrité des résultats. Les auditeurs doivent également être en mesure de comprendre et d'interpréter les conclusions générées par les systèmes d'IA, soulevant des préoccupations quant à la responsabilité professionnelle.

Ainsi, bien que l'IA ouvre des opportunités prometteuses pour améliorer l'efficacité et la qualité des audits en Algérie, elle pose également des défis significatifs. Les professionnels de l'audit doivent être prêts à s'adapter aux évolutions technologiques, à acquérir de nouvelles compétences et à aborder les questions éthiques liées à l'utilisation de l'IA dans leur domaine. Une approche équilibrée et réfléchie de l'intégration de l'IA dans la profession d'audit en Algérie est essentielle pour assurer son évolution positive et durable.

L'intelligence artificielle (IA) a connu une évolution remarquable, émergeant comme un outil puissant dans le domaine de l'audit en Algérie. Son intégration a ouvert de nouveaux horizons pour les auditeurs, entraînant une redéfinition des méthodes traditionnelles et l'introduction de progrès technologiques significatifs.

Cette transformation a été caractérisée par l'automatisation de tâches autrefois chronophages et répétitives, permettant aux auditeurs de consacrer leur temps à des aspects plus complexes de leur travail. L'analyse de données massives est devenue plus efficace grâce à l'IA, facilitant la détection d'anomalies et la mise en lumière de modèles complexes. Ces avancées ont le potentiel d'améliorer substantiellement la qualité des audits en réduisant les erreurs humaines et en offrant des insights plus approfondis.

Cependant, cette évolution n'est pas sans défis. La montée en puissance de l'IA peut entraîner une reconfiguration de la demande de travail manuel, remettant en question la nécessité de la main-d'œuvre traditionnelle dans le secteur de l'audit en Algérie. De plus, l'acquisition de compétences spécialisées pour exploiter pleinement les technologies d'IA peut créer des disparités au sein de la profession.

En dépit de ces défis, l'IA représente un changement dynamique et inévitable dans le paysage de l'audit en Algérie. Les auditeurs doivent saisir les opportunités offertes par cette technologie émergente, tout en abordant de manière proactive les questions éthiques, les responsabilités professionnelles et les ajustements nécessaires dans leurs compétences. Ainsi, l'intégration de l'IA dans le domaine de l'audit en Algérie s'inscrit dans une évolution significative, promettant des avantages substantiels tout en exigeant une adaptation réfléchie aux changements technologiques.

Problématique et sous questions

Au sein de ce paysage en mutation, la problématique centrale qui émerge est la suivante : **Comment l'adoption de l'IA affecte-t-elle la mission d'audit financier en Algérie ?**

Cette interrogation conduit à la formulation de plusieurs sous-questions, chacune contribuant à éclairer les différents aspects de l'influence de l'IA sur l'audit en Algérie.

Q01 : comment l'IA a-t-elle redéfini les procédures d'audit traditionnelles en Algérie ?

Q02 : comment les auditeurs algériens s'adaptent-ils à ces transformations technologiques rapides ?

Q03 : quelles sont les implications éthiques de l'utilisation de l'IA dans le contexte de l'audit en Algérie ?

Hypothèses :

H 01 : L'adoption de l'IA a probablement entraîné une automatisation accrue des tâches répétitives dans le processus d'audit en Algérie, libérant ainsi du temps pour les auditeurs afin de se concentrer sur des aspects plus complexes et analytiques de leur travail.

H 02 : Les auditeurs algériens, pour s'adapter efficacement à l'utilisation croissante de l'IA, pourraient avoir besoin de développer des compétences interdisciplinaires, telles que la compréhension approfondie des technologies de l'information et de la cybersécurité, en plus de leurs compétences traditionnelles en audit.

H 03 : La transition vers une utilisation plus intensive de l'IA dans l'audit en Algérie soulève probablement des questions éthiques, notamment en ce qui concerne la protection des données, la confidentialité des informations et la nécessité d'une gouvernance transparente.

Ces hypothèses guideront notre analyse approfondie de l'impact de l'IA sur la mission d'audit en Algérie, permettant d'apporter des réponses nuancées aux questions soulevées par cette étude. En les examinant de près, nous chercherons à dévoiler les dynamiques sous-jacentes et à fournir des insights essentiels pour les auditeurs et les acteurs du secteur en Algérie.

Objectives de la Recherche

L'objectif principal de cette étude est d'analyser en profondeur l'influence de l'intelligence artificielle (IA) sur les méthodologies et la qualité des missions d'audit en Algérie. Nous chercherons à comprendre de quelle manière l'adoption de l'IA a remodelé les pratiques d'audit, examinant les nouvelles approches méthodologiques utilisées par les auditeurs et évaluant leur impact sur la qualité des missions d'audit dans le contexte spécifique de l'Algérie.

Pour atteindre cet objectif principal, cette recherche se fixe plusieurs objectifs secondaires :

Premièrement, nous nous efforcerons d'évaluer l'efficacité de l'IA dans le cadre des missions d'audit en Algérie. Nous explorerons les avantages et les limites des technologies d'IA, mettant en lumière les domaines spécifiques où elles ont le plus d'impact et les situations où leur utilisation peut être optimisée pour obtenir des résultats optimaux.

Deuxièmement, cette étude a pour objectif d'identifier les compétences essentielles nécessaires aux auditeurs travaillant en collaboration avec l'IA. Nous examinerons les connaissances techniques, les compétences en analyse de données, ainsi que la compréhension des algorithmes d'IA requises pour que les auditeurs puissent tirer pleinement parti de ces technologies et les intégrer de manière efficace dans leurs pratiques professionnelles.

Troisièmement, nous nous pencherons sur les défis éthiques et de confidentialité associés à l'utilisation de l'IA dans le domaine de l'audit en Algérie. Nous analyserons les enjeux liés à la collecte, à l'utilisation et à la protection des données sensibles des clients, tout en explorant les meilleures pratiques et les normes éthiques que les auditeurs doivent suivre lorsqu'ils utilisent des technologies d'IA dans leur travail quotidien.

Motif de Recherche

Le motif de recherche se situe dans le contexte d'une transformation numérique rapide au sein du secteur de l'audit financier, où l'adoption croissante de l'intelligence artificielle (IA) a le potentiel de redéfinir fondamentalement les normes et les pratiques professionnelles à l'échelle mondiale. À mesure que l'IA devient de plus en plus omniprésente dans les missions d'audit financier, il est essentiel de comprendre ses implications profondes sur la méthodologie, la qualité des missions d'audit, ainsi que sur les compétences et les valeurs éthiques requises des auditeurs.

Ce motif de recherche émerge de la nécessité de guider les auditeurs, les entreprises et les régulateurs dans leur adaptation à ce nouveau paysage technologique, spécifiquement en ce qui concerne les missions d'audit financier à l'échelle mondiale. En analysant de manière exhaustive les divers aspects de l'impact de l'IA sur les missions d'audit financier à travers le monde, cette étude vise à fournir des recommandations concrètes et pertinentes, contribuant ainsi à l'évolution responsable et efficace de la pratique de l'audit financier à une échelle globale.

La pandémie de COVID-19 a accentué l'urgence de cette étude. La crise sanitaire a contraint les entreprises à revoir leurs méthodes de travail, mettant en évidence le besoin crucial de technologies telles que l'IA pour maintenir la continuité des opérations dans des conditions imprévues. Dans ce contexte, l'IA est devenue un outil indispensable pour les entreprises, permettant une automatisation accrue des processus, une analyse prédictive et une prise de décision éclairée, même dans des circonstances exceptionnelles comme celles engendrées par la pandémie.

Ce sujet revêt une importance particulière pour moi en tant que chercheur, car l'intelligence artificielle est un domaine qui m'a toujours fasciné. Mon intérêt pour l'IA s'est renforcé à la lumière de son rôle essentiel pendant la crise du COVID-19, soulignant ainsi son potentiel transformateur dans le domaine de l'audit financier à l'échelle mondiale. En explorant ce sujet, je souhaite contribuer à la compréhension de l'impact de l'IA sur les missions d'audit financier à travers le monde et participer à la promotion d'une utilisation éthique et efficace de cette technologie dans ce secteur spécifique.

Démarche méthodologique

Pour mener à bien cette étude approfondie, une méthodologie rigoureuse sera appliquée, impliquant deux étapes cruciales :

- **La méthode descriptive :** Cette méthode repose sur l'observation, la description et l'interprétation des phénomènes et des événements réels en recueillant des données sur leurs caractéristiques individuelles, puis en analysant ces données pour identifier les caractéristiques du phénomène étudié ainsi que les relations entre les événements et les facteurs qui les influencent.
- **La méthode analytique :** Cette méthode consiste à interpréter la situation actuelle ou le problème en identifiant ses circonstances, ses dimensions et en décrivant les relations entre elles dans le but d'aboutir à une description scientifique précise et complète du phénomène, ou du problème. Elle se fonde sur les faits qui y sont liés et ne se limite pas à la simple description, mais comprend également l'analyse, la mesure et l'interprétation des données pour parvenir à une description précise du phénomène ou du problème, ainsi que ses résultats.

Dans le cadre de cette étude, ces deux méthodes ont été utilisées. La méthode descriptive a permis d'observer et de décrire les phénomènes liés à l'impact de l'intelligence artificielle sur les missions d'audit en Algérie, tandis que la méthode analytique a été employée pour interpréter les données recueillies et aboutir à une compréhension approfondie de ce phénomène. De plus, l'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS pour garantir une exploration rigoureuse des données et une interprétation précise des résultats.

Plan de travail

Afin de répondre de manière exhaustive aux interrogations posées et de suivre une méthodologie établie, notre travail est organisé en trois chapitres distincts. Le premier abordera les bases essentielles de l'Intelligence Artificielle, fournissant ainsi un cadre conceptuel nécessaire à la compréhension de son rôle dans l'audit financier. Le deuxième examinera le cadre théorique de l'audit financier à l'ère de la numérisation, mettant en lumière les principaux concepts et pratiques essentiels à la compréhension de l'impact de la technologie sur cette discipline. Enfin, le troisième chapitre sera dédié à l'analyse approfondie des résultats obtenus, en mettant particulièrement l'accent sur l'intégration de l'Intelligence Artificielle dans les pratiques d'audit financier, ses implications et ses défis potentiels. Cette structuration permettra une exploration méthodique et

approfondie du sujet, offrant ainsi une vue d'ensemble complète et éclairée de l'intersection entre l'Intelligence Artificielle et l'audit financier.

Revue de la littérature

1. Impact de l'intelligence artificielle sur l'audit - Une étude exploratoire, Auteur : Ravi Seethamraju (2020)

Cette étude explore l'impact potentiel de l'intelligence artificielle (IA) sur le processus d'audit en Australie, en se concentrant sur des technologies telles que l'apprentissage automatique et le traitement du langage naturel. Elle met en avant les avantages potentiels, tels que l'amélioration de l'efficacité, la réduction des erreurs humaines, et l'optimisation des coûts et du temps d'audit. Les différentes phases de l'audit, de la planification au reporting, sont analysées pour évaluer l'influence de l'IA. L'étude souligne les défis à l'adoption généralisée, notamment les coûts initiaux élevés, la méconnaissance des nouvelles technologies par les auditeurs, les aspects juridiques, et les préoccupations liées à la confidentialité. Les influences externes, telles que les clients d'audit et les organismes de réglementation, sont également discutées. En résumé, l'étude insiste sur la nécessité pour les entreprises d'audit d'adopter l'IA pour rester compétitives, tout en soulignant les défis à surmonter.

2. Comment l'intelligence artificielle va-t-elle impacter le métier comptable ? Auteur : Hutzli V. (2021)

Ce mémoire explore l'impact des nouvelles technologies, y compris la robotisation et l'IA, sur le métier de comptable. L'auteur examine les avancées actuelles, passant des perspectives pessimistes aux optimistes, mettant en avant la création de nouveaux postes et l'évolution des compétences professionnelles. Des témoignages d'employés travaillant dans des entreprises équipées de ces technologies sont utilisés pour confronter les résultats des études antérieures avec les expériences réelles. L'étude souligne la nécessité d'anticiper et d'accepter les nouvelles technologies pour rester compétitif.

3. L'Intelligence Artificielle au service du métier de l'expert-comptable, Auteur : Roussi Kaoutar (2022)

Cet article examine comment l'intelligence artificielle (IA) transforme le métier des experts-comptables. L'IA facilite l'automatisation des tâches répétitives et chronophages, permettant aux professionnels de se concentrer sur des tâches à haute valeur ajoutée. Les technologies comme la

reconnaissance optique de caractères (OCR), l'automatisation robotisée des processus (RPA), et le machine learning sont identifiées comme clés pour cette transformation. L'intégration de l'IA dans les cabinets comptables permet une gestion plus efficace des données et des processus, augmentant la productivité et la précision des travaux comptables. Cependant, cette adoption nécessite une formation continue des employés pour qu'ils s'adaptent aux nouvelles technologies. L'étude, basée sur des entretiens avec 20 cabinets comptables au Maroc, conclut que l'IA a un impact significatif sur l'amélioration des compétences et des performances des experts-comptables, tout en soulignant l'importance de la transition numérique pour rester compétitif. Les principaux avantages incluent l'automatisation des tâches répétitives, l'amélioration de la précision et de la qualité des données, et le gain de temps pour les tâches à haute valeur ajoutée. Cependant, les défis comprennent la nécessité de formation continue, l'adaptation à de nouvelles technologies, et les coûts initiaux de mise en place.

4. Intelligence Artificielle et transformation des métiers de la comptabilité et de l'audit financier, Auteur : Steve Jacob, Seima Souissi, Jean-Simon Trudel (2020)

Cette étude explore l'impact des technologies de l'intelligence artificielle sur les métiers de la comptabilité et de l'audit financier. Elle analyse différentes technologies de l'IA, telles que l'automatisation robotisée des processus (ARP), les systèmes experts, et l'apprentissage automatique, et leur application dans le domaine comptable. L'étude souligne que l'IA contribue à l'augmentation de la productivité et de la compétitivité des comptables en automatisant les processus et en améliorant la qualité des données financières. Les comptables voient leur rôle évoluer vers des fonctions de conseil stratégique au sein des organisations. De nouvelles compétences techniques et transversales sont nécessaires pour tirer pleinement parti de ces technologies. Les avantages incluent une vélocité et une qualité des données améliorées, une augmentation de la productivité, et un rôle élargi des comptables vers des fonctions de conseil. Les défis à surmonter comprennent les coûts élevés de développement et de maintenance, la complexité de certaines tâches comptables non adaptées à l'automatisation, et le besoin de compétences en gestion de données et en apprentissage automatique.

CHAPITRE I :
Fondements de base
de l'Intelligence
Artificielle

Introduction du chapitre I

Dans un environnement technologique en constante évolution, les entreprises doivent s'adapter rapidement et intégrer des innovations pour maintenir leur compétitivité et atteindre leurs objectifs stratégiques. L'intelligence artificielle (IA) est devenue un élément crucial pour optimiser les performances, améliorer l'efficacité et soutenir la prise de décision. L'IA offre des solutions avancées pour automatiser les processus, analyser des volumes massifs de données, et créer de nouvelles opportunités de croissance.

Ce chapitre se propose de fournir une vue d'ensemble sur les bases de l'intelligence artificielle, en explorant ses concepts fondamentaux, ses différents types et ses applications pratiques. Nous examinerons également l'évolution historique de l'IA, mettant en lumière les principales étapes et avancées qui ont conduit à son développement actuel.

Les sections de ce chapitre sont organisées comme suit :

Section 01 : l'Intelligence Artificielle (IA) : Concepts, Types et Applications

Section 02 : Evolution Historique de l'IA

Section 01 : l'Intelligence Artificielle (IA) : Concepts, Types et Applications

Dans cette section, nous présenterons une vue d'ensemble complète de l'intelligence artificielle (IA), en explorant ses concepts fondamentaux, ses divers types et ses applications pratiques. Nous décomposerons les éléments clés de l'IA pour une meilleure compréhension de son fonctionnement, tout en mettant en évidence ses différents types et en illustrant comment elle est mise en œuvre dans divers domaines. Cette exploration approfondie de l'IA offrira une compréhension globale de sa portée et de son impact dans le monde moderne.

1. Définition de l'IA

John McCarthy, l'un des pionniers de l'intelligence artificielle, a avancé l'idée selon laquelle toute activité intellectuelle peut être représentée de manière précise et simulée par une machine¹. Le terme "intelligence artificielle" qu'il a lui-même inventé en 1955, est défini comme la discipline scientifique et l'ingénierie visant à créer des machines dotées de capacités intelligentes². Alors que les premières recherches se concentraient sur la programmation de machines pour accomplir des tâches spécifiques, telles que jouer aux échecs, l'accent est désormais mis sur le développement de machines capables d'apprendre, du moins dans une certaine mesure, de manière similaire aux êtres humains. L'intelligence artificielle (IA) est un domaine de l'informatique qui vise à créer des systèmes capables d'effectuer des tâches qui nécessiteraient normalement l'intelligence humaine.

Stuart Russell et Peter Norvig disent dans leur livre "Artificiel Intelligence : A Modern Approach, Third Edition" que huit définitions de l'IA peuvent être disposées selon deux dimensions.³ Les définitions en haut de cette disposition se concentrent sur les processus de pensée et le raisonnement, tandis que celles en bas s'adressent au comportement. Les définitions à gauche mesurent le succès en termes de fidélité à la performance humaine, tandis que celles à droite le mesurent par rapport à une mesure de performance idéale, appelée rationalité. Un système est rationnel s'il fait "la bonne chose", compte tenu de ce qu'il sait. Historiquement, toutes les quatre approches ont été suivies, chacune par différents chercheurs utilisant différentes méthodes. Une approche centrale sur l'humain doit en partie être une science empirique, impliquant des observations et des hypothèses sur le comportement humain. Une approche rationaliste implique une combinaison de mathématiques et d'ingénierie.

¹ Data scientist : <https://datascientest.com/intelligence-artificielle-definition> , 20 Avril 2024 à 7 :59 PM

² WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE?, John McCarthy , 24 Novembre 2004

³ Stuart Russell and Peter Norvig , Artificial Intelligence: A Modern Approach , Pearson Education , 2016

Figure N°01 : Quelques définitions de l'intelligence artificielle, organisées en quatre catégories

<p>Penser Humainement</p> <p>« L'effort passionnant pour faire penser aux ordinateurs ... des machines avec des esprits, au sens plein et littéral. » (Haugeland, 1985)</p> <p>« L'automatisation des activités que nous associons à la pensée humaine, telles que la prise de décision, la résolution de problèmes, l'apprentissage ... » (Bellman, 1978)</p>	<p>Penser Rationnellement</p> <p>« L'étude des facultés mentales à travers l'utilisation de modèles computationnels. » (Charniak et McDermott, 1985)</p> <p>« L'étude des calculs qui rendent possible la perception, le raisonnement et l'action. » (Winston, 1992)</p>
<p>Agir Humainement</p> <p>« L'étude de comment faire faire aux ordinateurs des choses que, pour le moment, les gens font mieux. » (Rich et Knight, 1991)</p> <p>« L'art de créer des machines qui effectuent des fonctions qui requièrent de l'intelligence lorsqu'elles sont effectuées par des personnes. » (Kurzweil, 1990)</p>	<p>Agir Rationnellement</p> <p>« L'intelligence computationnelle est l'étude de la conception d'agents intelligents. » (Poole et al., 1998)</p> <p>« L'IA ... concerne le comportement intelligent dans les artefacts. » (Nilsson, 1998)</p>

Source : Stuart J. Russell et Peter Norvig, Artificial Intelligence , A Modern Approach (Third Edition) , Page 2

1.1 Agir de manière humaine : L'approche du Test de Turing

Le Test de Turing, imaginé par Alan Turing en 1950 et présenté dans sa célèbre publication "Computing Machinery and Intelligence"¹, représente un jalon essentiel dans l'histoire de l'intelligence artificielle. Cette approche novatrice fournit une définition pratique de l'intelligence en mettant l'accent sur la capacité d'un système informatique à imiter les comportements et les processus cognitifs humains. Fondamentalement, le test consiste à soumettre un ordinateur à un interrogateur humain, qui doit déterminer si les réponses qu'il reçoit proviennent d'un être humain ou d'une machine. Si l'observateur humain est incapable de faire cette distinction, l'ordinateur est

¹ Alan Turing , « Computing Machinery and Intelligence », Mind , 1950.

considéré comme ayant réussi le test et donc capable d'agir de manière "humaine". Cette conception révolutionnaire a conduit à une réflexion approfondie sur les capacités nécessaires pour reproduire les compétences conversationnelles et cognitives des êtres humains, notamment le traitement du langage naturel, la représentation des connaissances, le raisonnement automatisé et l'apprentissage automatique. En résumé, le Test de Turing demeure une référence incontournable dans l'évaluation de l'intelligence artificielle, illustrant la quête pour créer des systèmes informatiques capables d'interagir et de fonctionner de manière aussi fluide et naturelle que les êtres humains.

1.2 Penser de manière humaine : L'approche de la modélisation cognitive

Cette approche vise à comprendre et reproduire les processus de pensée humaine. Elle s'appuie sur l'introspection, les expériences psychologiques et l'imagerie cérébrale pour élaborer des théories précises de l'esprit humain, qui peuvent ensuite être exprimées sous forme de programmes informatiques. Si le comportement d'entrée-sortie d'un programme correspond à celui d'humains face à des tâches similaires, cela indique que certaines mécaniques du programme pourraient également être présentes chez les humains.

1.3 Penser rationnellement : L'approche des "lois de la pensée"

Cette approche, inspirée par les travaux d'Aristote, cherche à codifier le raisonnement correct à travers des syllogismes et des structures argumentatives qui produisent toujours des conclusions correctes à partir de prémisses correctes. L'étude de ces "lois de la pensée" a initié le champ de la logique. Cependant, appliquer cette approche à l'IA présente des défis, notamment la difficulté de formaliser des connaissances informelles en notation logique et les limites computationnelles des machines face à la complexité des problèmes.

1.4 Agir rationnellement : L'approche de l'agent rationnel

Un agent est quelque chose qui agit. Un agent rationnel agit de manière à atteindre le meilleur résultat ou, en présence d'incertitude, le meilleur résultat attendu. Cette approche est plus générale que celle basée sur les "lois de la pensée", car faire des inférences correctes est une partie de la rationalité, mais pas son tout. Agir de façon rationnelle peut également inclure des réactions qui ne sont pas nécessairement de raisonnement délibéré. Cette approche est avantageuse car elle permet une définition mathématiquement bien définie et totalement générale de la rationalité, offrant un cadre pour concevoir des systèmes intelligents.

De nombreux auteurs ont traité du sujet de l'intelligence artificielle, explorant ses possibilités, ses défis et ses implications futures pour la société. L'intelligence artificielle, en tant

que discipline, cherche à créer des systèmes capables de fonctionner de manière autonome, imitant ou surpassant les capacités cognitives humaines dans des tâches spécifiques. Ces systèmes se basent sur des algorithmes complexes d'apprentissage automatique et de deep learning, permettant l'analyse de grandes quantités de données, la reconnaissance de motifs et la prise de décisions sans intervention humaine directe.

L'intelligence artificielle (IA) désigne la capacité d'un système informatique ou d'une machine à effectuer des tâches qui, traditionnellement, nécessiteraient l'intelligence humaine. Cela inclut des fonctions telles que l'apprentissage, la reconnaissance de motifs, la prise de décision, la résolution de problèmes, et la compréhension du langage naturel. Au cœur de l'IA se trouve l'idée de créer des machines capables de penser, d'apprendre, de raisonner, et d'adapter leur comportement en fonction des expériences ou des données auxquelles elles sont exposées, sans intervention humaine directe.

L'IA s'appuie sur des disciplines variées, dont l'informatique, les mathématiques, la psychologie, la linguistique et la philosophie, et se manifeste dans une gamme étendue d'applications, des assistants personnels virtuels comme Siri et Alexa, aux systèmes complexes de diagnostic médical, en passant par la conduite autonome et les systèmes de recommandation en ligne.

L'apprentissage automatique (Machine Learning), un sous-ensemble crucial de l'IA, permet aux systèmes d'apprendre et d'évoluer à partir de données sans être explicitement programmés pour chaque tâche, grâce à l'extraction de motifs et à la réalisation de prédictions. Le deep learning, une technique avancée d'apprentissage automatique inspirée par le fonctionnement des réseaux neuronaux humains, a conduit à des progrès significatifs dans la reconnaissance d'images, la traduction automatique, et d'autres domaines nécessitant une analyse et une interprétation de grandes quantités de données complexes.

2. Types de IA

L'intelligence artificielle (IA) est un domaine vaste et diversifié qui englobe un large éventail d'approches, de techniques et d'applications. Une compréhension approfondie des différents types d'IA est essentielle pour saisir la richesse de ce domaine en constante évolution. Dans cet phase , nous explorerons les différentes classifications des types d'IA, en mettant en lumière leurs caractéristiques distinctes, leurs applications et leurs références clés.

2.1 IA basée sur l'étendue de la tâche

Une classification fondamentale de l'IA repose sur l'étendue des tâches qu'elle peut accomplir, distinguant entre l'IA faible et l'IA forte. Cette dichotomie a été posée par John McCarthy, l'un des pères fondateurs de l'IA moderne. Alors que l'IA faible se concentre sur des tâches spécifiques et limitées, l'IA forte aspire à une intelligence générale comparable à celle des êtres humains. Cette étude vise à examiner de manière approfondie cette classification et à explorer ses implications dans le développement et l'application de l'IA.

a) IA Faible

L'IA faible, également désignée sous le nom d'IA étroite, se caractérise par sa capacité à résoudre des tâches spécifiques et délimitées. Elle repose souvent sur des algorithmes et des modèles spécialisés, optimisés pour des domaines particuliers tels que la reconnaissance d'images, la traduction automatique ou la recommandation de produits. Les approches d'IA faible ont prouvé leur utilité dans de nombreux secteurs, notamment la santé, le commerce électronique et la finance. L'ouvrage "Artificial Intelligence: A Modern Approach" de Russell et Norvig (2016) offre une exploration détaillée des fondements théoriques et des applications pratiques de l'IA faible, mettant en lumière ses succès ainsi que ses défis persistants.

b) IA Forte

En revanche, l'IA forte, ou générale, vise à atteindre une forme d'intelligence plus complète et polyvalente, similaire à celle des êtres humains. Cette vision ambitieuse a été défendue par des penseurs tels que Ray Kurzweil, qui envisagent un avenir où l'IA pourrait dépasser les capacités cognitives humaines. Toutefois, la réalisation de cet objectif soulève d'importants défis scientifiques, éthiques et philosophiques. Dans son ouvrage "The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology" (2005), Kurzweil discute des implications potentielles de l'IA forte et de la convergence imminente entre l'homme et la machine.

2.2 IA basée sur le mode d'apprentissage

Cette classification a été profondément influencée par les travaux novateurs d'Arthur Samuel sur l'apprentissage automatique, ainsi que par les théories de l'apprentissage statistique développées par des chercheurs éminents tels que Geoff Hinton¹ et Yann LeCun². Ce mémoire vise à examiner

¹ Geoffrey Hinton, interview avec Andrew Ng, « Héros d'apprentissage profond: Andrew Ng entretiens Geoffrey Hinton », 9 août 2017, <https://www.youtube.com/watch?v=-eyhCTvrEtE>, consultée le 10 Mars 2024

² Kyle Wiggers, « Yann LeCun and Yoshua Bengio: Self-supervised learning is the key to human-level intelligence », VentureBeat, 2 mai 2020, <https://venturebeat.com/2020/05/02/yann-lecun-and-yoshua-bengio-self-supervised-learning-is-the-key-to-human-level-intelligence/> page consultée le 2 mars 2024.

en détail cette classification, en mettant en lumière les différences entre l'IA supervisée et l'IA non supervisée, ainsi que leurs implications dans le développement de systèmes intelligents.

2.2.1 IA Supervisée : Utilisation de Données Étiquetées

L'IA supervisée, comme décrit par Christopher M. Bishop dans son livre "Pattern Recognition and Machine Learning" publié en 2006, est un paradigme dans lequel les modèles sont entraînés à partir de données étiquetées. Cela signifie que les exemples de données sont associés à des étiquettes ou des catégories prédéfinies, permettant au modèle d'apprendre à associer correctement les entrées aux sorties. Ce type d'apprentissage est particulièrement efficace lorsque l'objectif est de faire des prédictions précises sur de nouvelles données en se basant sur des exemples existants. Les approches d'IA supervisée sont largement utilisées dans des domaines tels que la reconnaissance d'images, la traduction automatique et la prédiction de séries temporelles. L'ouvrage "Deep Learning" de Goodfellow, Bengio et Courville (2016) offre une exploration approfondie des principes et des techniques de l'IA supervisée, mettant en avant les succès remarquables de cette approche dans divers domaines d'application.

2.2.2 IA Non Supervisée : Identification de Structures dans les Données Non Étiquetées

En revanche, l'IA non supervisée cherche à découvrir des structures ou des modèles intrinsèques dans les données non étiquetées, sans recourir à des exemples annotés. Les algorithmes d'IA non supervisée sont utilisés pour des tâches telles que la segmentation de données, la détection d'anomalies et la réduction de dimensionnalité. Les principes de l'IA non supervisée sont discutés en détail dans "The Elements of Statistical Learning" de Hastie, Tibshirani et Friedman (2009)¹, offrant une perspective approfondie sur les méthodes et les concepts clés de ce domaine.

2.3 IA basée sur l'autonomie

Distinguant entre l'IA assistée et l'IA autonome, ainsi que leurs implications dans la conception et l'application des systèmes intelligents.

2.3.1 IA Assistée : Collaboration Homme-Machine

L'IA assistée est une approche axée sur la collaboration entre l'homme et la machine, visant à aider les utilisateurs dans leurs tâches en leur fournissant des suggestions, des recommandations

¹ Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman ,” Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman “ , page 9 – 41 .

ou un support cognitif. Cette vision trouve ses racines dans les travaux de Donald Norman sur la conception centrée sur l'humain et sur les interactions homme-machine. Les principes de l'IA assistée sont discutés dans "Cognitive Artifacts" de Norman (1991),¹ mettant en avant l'importance de concevoir des systèmes intelligents qui complètent et amplifient les capacités humaines, plutôt que de les remplacer.

2.3.2 IA Autonome : Décisions Indépendantes et Actions

En contraste, l'IA autonome aspire à une capacité de prise de décision et d'action indépendante, sans intervention humaine directe. Cette vision ambitieuse soulève des défis et des opportunités uniques, explorés dans "Artificial Intelligence: A Modern Approach" de Russell et Norvig (2020). Les auteurs mettent en avant les avancées récentes dans le domaine de l'IA autonome, tout en soulignant les préoccupations éthiques et les implications sociales de cette technologie.

En conclusion, la classification des types d'intelligence artificielle basée sur l'autonomie offre un cadre important pour comprendre les différents niveaux d'interaction entre l'homme et la machine. Alors que l'IA assistée vise à améliorer les performances humaines et à faciliter les tâches quotidiennes, l'IA autonome ouvre la voie à de nouvelles possibilités en permettant aux systèmes intelligents de prendre des décisions et d'agir de manière autonome. En combinant ces approches et en tenant compte des considérations éthiques et sociales, l'IA continue de progresser vers des niveaux d'intelligence et d'autonomie toujours plus élevés, façonnant ainsi notre avenir technologique et sociétal.

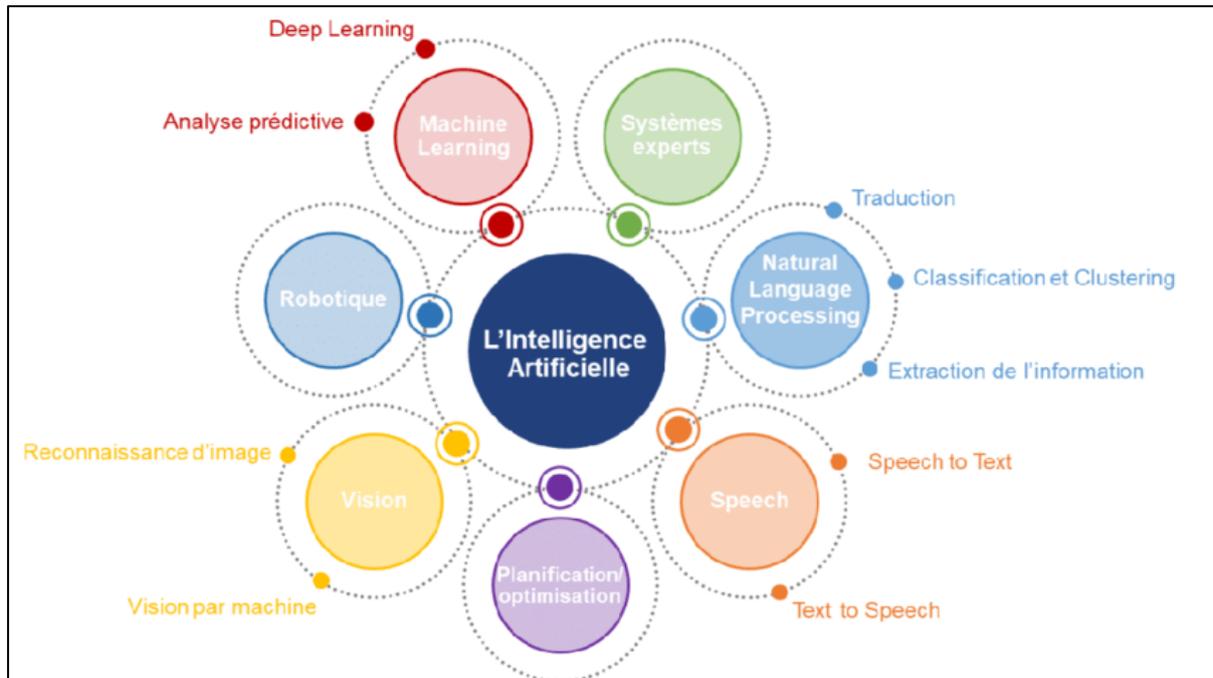
En comprenant ces différentes classifications et références, nous acquérons une vision plus approfondie et nuancée de l'intelligence artificielle, de ses applications et de ses implications dans notre société en constante évolution.

3. Concepts liés à l'intelligence artificielle

Dans le document "Panorama des domaines de l'intelligence artificielle" publié par Artik Consulting en 2018, nous allons explorer et définir en détail chacun des éléments présentés.

¹ Donald Arthur Norman, Designing Interaction: Psychology at the Human-Computer Interface (pp.333), University of California, San Diego

Figure N°02 : Panorama des domaines de l'intelligence artificielle



Source : Artik Consulting, 2018

3.1 Apprentissage automatique (Machine Learning)

L'apprentissage automatique, un domaine clé de l'intelligence artificielle, se concentre sur la capacité des ordinateurs à apprendre à partir de données sans être explicitement programmés pour accomplir des tâches spécifiques. Kevin P. Murphy, dans son ouvrage "Machine Learning: A Probabilistic Perspective" (2012), définit l'apprentissage automatique comme l'étude qui donne aux ordinateurs la capacité d'acquérir des connaissances ou des compétences en traitant des données, sans suivre des instructions prédéfinies¹. Pedro Domingos approfondit cette notion en expliquant que l'apprentissage automatique permet aux programmes informatiques de s'améliorer automatiquement par l'expérience, en soulignant l'autonomie de ces systèmes à détecter des modèles et prendre des décisions avec peu ou sans intervention humaine.²

Cette discipline englobe une variété de techniques, y compris le deep learning, qui se distingue comme une sous-branche utilisant des architectures de réseaux de neurones profonds pour traiter des ensembles de données complexes. Au cœur du machine learning se trouve l'objectif de développer des algorithmes capables de généraliser à partir des données d'entrée pour accomplir diverses tâches, reflétant une transition de la programmation directe vers l'apprentissage basé sur

¹ Kevin P. Murphy , “ Machine Learning A Probabilistic Perspective”

² Pedro Domingos , Thèse présentée et soutenue publiquement le 5 décembre 2008,Page 18

les données. Ainsi, le machine learning représente une approche fondamentale pour concevoir des systèmes intelligents, en mettant l'accent sur l'apprentissage à partir de données plutôt que sur la programmation explicite des règles pour traiter ces données.

3.2 La robotique

La robotique, un autre domaine essentiel de l'intelligence artificielle, se concentre sur la conception, la construction et l'utilisation de robots capables d'effectuer des tâches autonomes ou semi-autonomes. Dans son ouvrage "Introduction to Autonomous Robots" (2011), Nikolaus Correll définit la robotique comme l'étude des systèmes capables d'agir de manière autonome ou semi-autonome dans des environnements réels ou virtuels.¹ Cette discipline englobe une variété de techniques, telles que la perception sensorielle, la planification de trajectoire et le contrôle des mouvements, visant à permettre aux robots d'interagir efficacement avec leur environnement. Au cœur de la robotique se trouve l'objectif de créer des systèmes capables de prendre des décisions et d'exécuter des actions en fonction de leur perception et de leur compréhension de leur environnement, reflétant ainsi une autonomie croissante dans leur fonctionnement. Ainsi, la robotique représente une approche fondamentale pour concevoir des systèmes physiques intelligents, mettant l'accent sur la capacité des robots à agir de manière autonome et à s'adapter à des situations variées.

3.3 Vision par machine

La vision par machine, également connue sous le nom de reconnaissance d'image, constitue un domaine clé de l'intelligence artificielle axé sur la capacité des ordinateurs à interpréter et à comprendre le contenu visuel des images ou des vidéos. Cette discipline vise à permettre aux machines de percevoir et d'analyser visuellement leur environnement de manière similaire à la façon dont le font les humains. Dans son ouvrage "Computer Vision: Algorithms and Applications" (2010), Richard Szeliski définit la vision par machine comme l'étude des techniques permettant aux ordinateurs d'extraire des informations utiles à partir d'images numériques². Cette discipline englobe un large éventail de techniques, notamment la détection d'objets, la reconnaissance faciale, la segmentation d'image et la classification d'images, qui permettent aux machines d'analyser et de comprendre le contenu visuel. Au cœur de la vision par machine se trouve l'objectif de développer des algorithmes capables de reconnaître et d'interpréter les motifs et les caractéristiques visuelles, permettant ainsi aux machines de prendre des décisions et d'agir en fonction de leur perception visuelle. Ainsi, la vision par machine représente une approche fondamentale pour doter les machines

¹ Nikolaus Correll, « Introduction to Autonomous Robots », Page 94

² Richard Szeliski, « Computer Vision: Algorithms and Applications », Page 3

de capacités perceptuelles similaires à celles des êtres humains, ouvrant ainsi la voie à une gamme étendue d'applications dans des domaines tels que la surveillance, la médecine, l'automatisation industrielle et la conduite autonome.

3.4 La planification et l'optimisation

La planification et l'optimisation sont des domaines essentiels de l'intelligence artificielle qui visent à concevoir des systèmes capables de prendre des décisions stratégiques et tactiques pour atteindre des objectifs spécifiques de manière efficace et efficiente.

Planification : La planification consiste à élaborer un ensemble d'actions séquentielles permettant d'atteindre un objectif donné dans un environnement complexe et dynamique. Cette discipline englobe diverses techniques, telles que la planification classique, la planification par apprentissage et la planification probabiliste, qui permettent de modéliser et de résoudre des problèmes de décision sous contraintes. Par exemple, dans le domaine de la robotique, la planification est utilisée pour générer des trajectoires de mouvement pour les robots afin d'accomplir des tâches spécifiques dans des environnements variés.

Optimisation : L'optimisation vise à trouver la meilleure solution parmi un ensemble de choix possibles en fonction de critères prédéfinis. Cela implique souvent la maximisation ou la minimisation d'une fonction objective tout en respectant des contraintes spécifiques. Les techniques d'optimisation sont utilisées dans de nombreux domaines, notamment la logistique, la finance, l'ingénierie et la gestion des ressources. Par exemple, dans le domaine des transports, l'optimisation des itinéraires permet de minimiser les coûts de transport tout en maximisant l'efficacité des livraisons.

En combinant la planification et l'optimisation, les systèmes d'intelligence artificielle peuvent élaborer des stratégies et des tactiques pour résoudre des problèmes complexes dans une grande variété de domaines. Ces approches permettent aux machines de prendre des décisions informées et d'agir de manière autonome, offrant ainsi des avantages significatifs en termes d'efficacité opérationnelle, de productivité et de performance globale.

3.5 Le domaine du traitement de la parole

Le domaine du traitement de la parole, qui englobe la conversion de la parole en texte (speech-to-text) et du texte en parole (text-to-speech), est un élément crucial de l'intelligence artificielle qui vise à permettre aux machines de comprendre et de produire des informations verbales de manière naturelle.

Speech-to-Text (STT) : La conversion de la parole en texte, également connue sous le nom de reconnaissance vocale, consiste à transcrire les paroles prononcées dans un fichier audio en texte écrit. Cette technologie utilise des algorithmes sophistiqués de traitement du signal et d'apprentissage automatique pour identifier et transcrire avec précision les mots prononcés. Les applications de STT sont nombreuses, allant des systèmes de transcription automatique de réunions et de conférences aux assistants vocaux intelligents utilisés dans les smartphones et les enceintes connectées.

Text-to-Speech (TTS) : La conversion du texte en parole, ou synthèse vocale, consiste à générer un discours humain à partir de texte écrit. Les systèmes TTS utilisent des modèles de voix et des algorithmes de traitement du langage naturel pour produire des sons vocaux réalistes qui imitent la prononciation et l'intonation humaines. Cette technologie est largement utilisée dans les applications d'accessibilité pour les personnes malvoyantes ou aveugles, les systèmes de navigation assistée par la voix et les services de synthèse vocale pour les appareils électroniques.

En combinant la reconnaissance vocale avec la synthèse vocale, les systèmes d'intelligence artificielle peuvent permettre une interaction bidirectionnelle fluide entre les humains et les machines par le biais de la parole. Cela ouvre la voie à une gamme étendue d'applications innovantes dans des domaines tels que l'assistance virtuelle, la traduction en temps réel, l'éducation assistée par la voix et bien d'autres encore.

3.6 Le traitement du langage naturel (NLP)

Le NLP est un domaine de l'intelligence artificielle qui vise à permettre aux machines de comprendre, d'interpréter et de générer le langage humain de manière naturelle et contextuelle. Voici un aperçu des principales sous-disciplines du NLP :

- **Traduction automatique :** La traduction automatique consiste à traduire du texte d'une langue source vers une langue cible de manière automatique. Cette discipline utilise des techniques telles que les réseaux de neurones récurrents (RNN) et les transformers pour analyser et comprendre les relations entre les mots et les phrases dans différentes langues. Les systèmes de traduction automatique sont largement utilisés dans les applications de traduction en ligne, les outils de localisation de logiciels et les services de traduction automatique intégrés dans les appareils électroniques.
- **Classification et clustering de texte :** La classification de texte consiste à attribuer des étiquettes ou des catégories à des documents textuels en fonction de leur contenu. Le clustering de texte vise à regrouper des documents similaires en clusters ou en groupes.

Ces techniques sont utilisées dans une variété d'applications, telles que la catégorisation automatique des e-mails, la détection de spam, l'analyse de sentiment dans les médias sociaux et la classification automatique de documents dans les bibliothèques numériques.

- **Extraction d'informations** : L'extraction d'informations consiste à extraire des informations structurées à partir de documents non structurés, tels que des articles de presse, des rapports financiers ou des courriels. Cette discipline utilise des techniques telles que la reconnaissance d'entités nommées (NER), l'extraction de relations et l'extraction de faits pour identifier et extraire des informations pertinentes à partir du texte. Les systèmes d'extraction d'informations sont utilisés dans des applications telles que la recherche d'informations, l'analyse de données, la veille concurrentielle et la génération automatique de résumés.

En combinant ces techniques, le traitement du langage naturel permet aux machines de comprendre et de traiter le langage humain de manière sophistiquée, ouvrant ainsi la voie à une gamme étendue d'applications dans divers domaines, y compris la communication interculturelle, l'analyse de données, la prise de décision assistée par l'IA et bien d'autres encore.

3.7 Les systèmes experts

Ils sont une composante importante de l'intelligence artificielle, conçus pour imiter le raisonnement humain dans des domaines spécifiques d'expertise. Voici une explication détaillée de ces systèmes :

- **Fonctionnement** : Les systèmes experts sont construits sur une base de connaissances qui contient des informations spécifiques sur un domaine particulier, ainsi que sur un moteur d'inférence qui applique des règles logiques pour déduire des conclusions à partir de ces connaissances. Ces règles sont généralement exprimées sous forme de "si...alors" et sont utilisées pour représenter le raisonnement expert dans le domaine ciblé. Lorsqu'un utilisateur pose une question ou fournit des informations au système, celui-ci utilise son moteur d'inférence pour appliquer les règles pertinentes et fournir une réponse ou une recommandation.
- **Composants** : Un système expert se compose généralement de plusieurs composants, notamment une base de connaissances qui stocke les faits et les règles, un moteur d'inférence qui manipule ces connaissances pour générer des conclusions, une interface utilisateur pour

interagir avec les utilisateurs humains, et parfois un mécanisme d'apprentissage pour améliorer et étendre les connaissances du système au fil du temps.

- **Applications :** Les systèmes experts sont utilisés dans une variété de domaines, y compris la médecine, l'ingénierie, la finance, la gestion des ressources humaines et bien d'autres. Par exemple, dans le domaine médical, un système expert pourrait être utilisé pour diagnostiquer des maladies en posant des questions sur les symptômes d'un patient et en appliquant des règles médicales pour identifier les causes potentielles. Dans le domaine de l'ingénierie, un système expert pourrait être utilisé pour concevoir des systèmes complexes en appliquant des règles d'ingénierie et des contraintes spécifiques du projet.
- **Avantages :** Les systèmes experts offrent plusieurs avantages, notamment la capacité à capturer et à utiliser efficacement les connaissances d'experts humains, la possibilité de fournir des recommandations cohérentes et fiables, même dans des domaines complexes, et la facilité d'utilisation pour les utilisateurs non spécialistes qui peuvent interagir avec le système via une interface conviviale.

Les systèmes experts sont des outils puissants pour modéliser et résoudre des problèmes dans des domaines spécifiques en imitant le raisonnement d'experts humains, offrant ainsi des solutions sophistiquées et efficaces pour un large éventail d'applications.

4. Des autres concepts liés à IA

4.1 Les algorithmes génétiques

Selon le livre "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning" de David E. Goldberg publié en 1989, sont des méthodes de recherche et d'optimisation inspirées par la théorie de l'évolution biologique, où des populations de solutions potentielles à un problème sont soumises à des opérations d'évolution telles que la sélection, le croisement et la mutation pour obtenir des solutions optimales ou près de l'optimalité. L'article "An Empirical Investigation of Genetic Algorithms for Function Optimization" de Melanie Mitchell et al. en 1994, présente une étude empirique sur l'efficacité des algorithmes génétiques pour l'optimisation de fonctions, mettant en évidence leur capacité à explorer efficacement l'espace de recherche et à trouver des solutions de qualité. De même, l'article "Genetic Algorithms in Optimization, Simulation, and Modelling" de David E. Goldberg et al. en 1989, explore les applications des algorithmes génétiques dans l'optimisation, la simulation et la modélisation, soulignant leur utilité dans une variété de domaines pour résoudre des problèmes d'optimisation complexes.

4.2 Deep learning

Le Deep Learning, concept central en intelligence artificielle, repose sur des réseaux de neurones profonds, modèles computationnels composés de multiples couches interconnectées, qui apprennent des représentations hiérarchiques des données. Cette approche, présentée dans le livre "Deep Learning" par Ian Goodfellow, Yoshua Bengio et Aaron Courville (2016), ainsi que dans l'article "Deep Learning" par Yann LeCun, Yoshua Bengio et Geoffrey Hinton (2015), permet de modéliser des données complexes et de résoudre des problèmes difficiles en utilisant des architectures de réseaux de neurones profonds. Par exemple, l'utilisation de réseaux convolutifs profonds, comme introduit dans l'article "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks" par Alex Krizhevsky et al. (2012), a révolutionné la vision par ordinateur en permettant la reconnaissance d'images à une échelle sans précédent.

4.3 Interprétabilité de l'IA

L'interprétabilité de l'IA fait référence à la capacité à expliquer comment les systèmes d'intelligence artificielle prennent leurs décisions. Alors que les modèles d'IA deviennent de plus en plus complexes, il est devenu crucial de comprendre comment ils parviennent à leurs conclusions, en particulier dans des domaines sensibles tels que la santé, la finance et la justice. L'interprétabilité implique la transparence et la clarté des processus algorithmiques, permettant aux utilisateurs de comprendre les motifs et les facteurs qui influencent les résultats des modèles d'IA. Les méthodes d'interprétabilité incluent la visualisation des données, l'analyse des poids des modèles et l'utilisation de techniques spécifiques pour rendre les décisions des modèles plus explicites.

4.4 Reinforcement Learning (Apprentissage par renforcement)

L'apprentissage par renforcement est une méthode d'apprentissage automatique où un agent apprend à prendre des décisions en interagissant avec un environnement pour maximiser une récompense cumulative. Inspiré par le concept de renforcement dans la psychologie comportementale, l'agent reçoit des récompenses ou des punitions pour ses actions, ce qui lui permet d'ajuster son comportement au fil du temps pour atteindre ses objectifs. Les algorithmes de renforcement apprennent à travers l'exploration et l'exploitation, en trouvant un équilibre entre l'expérimentation pour découvrir de nouvelles stratégies et l'utilisation des connaissances acquises pour optimiser les performances.

5. Les étapes clés du processus de fonctionnement de l'intelligence artificielle

5.1 Collecte et Prétraitement des Données

- **Définition des objectifs** : Comprendre clairement ce que vous essayez d'accomplir avec votre IA. Quel problème voulez-vous résoudre ou quelles décisions souhaitez-vous faciliter ?
- **Collecte de données** : Identifier les sources de données pertinentes pour votre problème. Cela peut inclure des bases de données existantes, des données générées par les utilisateurs, des données provenant de capteurs, etc.
- **Nettoyage des données** : Les données brutes peuvent contenir des erreurs, des valeurs manquantes, du bruit ou d'autres anomalies. Le nettoyage des données implique la correction de ces problèmes pour garantir la qualité des données.
- **Normalisation et transformation** : Les données peuvent être dans des formats différents et à des échelles différentes. La normalisation consiste à mettre toutes les données dans un format cohérent et à les mettre à la même échelle si nécessaire.
- **Exploration des données** : C'est une étape où vous analysez vos données pour identifier des tendances, des modèles ou des relations qui pourraient être utiles pour votre IA. Cela peut impliquer des statistiques descriptives, des visualisations de données, etc.
- **Séparation des ensembles de données** : Divisez vos données en ensembles d'entraînement, de validation et de test. Cela garantit que votre modèle peut généraliser correctement et évite le surapprentissage.
- **Gestion de la confidentialité et de la sécurité des données** : Assurez-vous de respecter les réglementations sur la confidentialité des données et de prendre des mesures appropriées pour sécuriser les données sensibles.

5.2 Choix et Construction du Modèle

- **Sélection du modèle** : Choisissez le type de modèle d'IA le mieux adapté à votre problème, tel que les réseaux de neurones, les arbres de décision, les machines à vecteurs de support, etc.
- **Construction du modèle** : Créez l'architecture du modèle en déterminant le nombre de couches, les types de neurones, les fonctions d'activation, etc., en fonction des spécifications du problème et des données disponibles.
- **Entraînement du modèle** : Utilisez l'ensemble d'entraînement pour ajuster les paramètres du modèle afin qu'il puisse apprendre à partir des données et à généraliser à de nouvelles données.
- **Validation croisée** : Utilisez l'ensemble de validation pour évaluer la performance du modèle et ajuster les hyperparamètres pour améliorer les performances du modèle.

5.3 Évaluation et Optimisation du Modèle

- Évaluation du modèle : Utilisez l'ensemble de test pour évaluer les performances finales du modèle sur des données non vues. Mesurez des métriques pertinentes telles que l'exactitude, la précision, le rappel, etc.
- Optimisation du modèle : Utilisez des techniques telles que l'ajustement des hyperparamètres, l'optimisation des algorithmes d'entraînement, etc., pour améliorer les performances du modèle.
- Validation externe : Si possible, validez le modèle sur des données réelles ou dans des environnements de production pour garantir qu'il fonctionne correctement dans des conditions réelles.

5.4 Déploiement et Maintenance

- Déploiement du modèle : Intégrez le modèle entraîné dans des applications ou des systèmes existants pour automatiser des tâches spécifiques ou prendre des décisions.
- Surveillance et maintenance : Surveillez régulièrement les performances du modèle en production, en vérifiant les métriques clés et en ajustant le modèle si nécessaire pour maintenir sa précision et sa fiabilité au fil du temps.
- Réévaluation : À mesure que de nouvelles données deviennent disponibles ou que les conditions du problème changent, réévaluez régulièrement le modèle pour garantir qu'il reste pertinent et efficace.

6. Les Fondements de la Cybernétique : Lien entre la Théorie du Contrôle et l'IA

L'évolution des artefacts auto-contrôlés, depuis l'horloge à eau de Ktésibios jusqu'aux avancées modernes en intelligence artificielle (IA) et en théorie du contrôle, illustre comment les machines ont progressivement acquis la capacité de modifier leur propre comportement en réponse à leur environnement. Cette capacité est essentielle pour créer des systèmes intelligents et adaptatifs, qu'ils soient mécaniques ou informatiques.

Norbert Wiener et ses contemporains ont jeté les bases de la cybernétique, explorant les similitudes entre les systèmes de contrôle biologiques et mécaniques. Leur travail a remis en question les approches behavioristes traditionnelles en proposant que le comportement résulte d'un mécanisme de régulation visant à minimiser l'écart entre l'état actuel et l'état souhaité, une idée fondamentale dans la théorie du contrôle.

Cependant, malgré les liens étroits entre la théorie du contrôle et l'IA, ces domaines restent distincts en raison de leurs approches et de leurs outils différents. La théorie du contrôle se concentre

souvent sur des systèmes décrits par des ensembles fixes de variables continues, utilisant des outils mathématiques tels que le calcul et l'algèbre matricielle. En revanche, l'IA explore des problèmes complexes tels que le langage naturel, la vision et la planification, utilisant des techniques d'inférence logique et de calcul symbolique pour modéliser et résoudre ces problèmes.

Bien que les fondements de ces domaines puissent se chevaucher, leurs applications et leurs perspectives diffèrent souvent. L'IA cherche à développer des systèmes capables d'apprentissage, d'adaptation et de résolution de problèmes complexes, tandis que la théorie du contrôle vise à concevoir des systèmes qui optimisent une fonction objectif spécifique dans le temps.

En résumé, bien que les pionniers de la théorie du contrôle et de l'IA aient partagé des idées et des concepts, les différences dans leurs approches et leurs applications ont conduit au développement de domaines distincts, chacun contribuant à sa manière à notre compréhension des systèmes auto-contrôlés et intelligents.

Section 02 : Evolution historique de IA

La section suivante explore l'évolution de l'intelligence artificielle à travers les décennies, depuis ses prémices jusqu'à son développement actuel. Cette classification, inspirée par le livre "Artificial Intelligence: A Modern Approach", troisième édition, de Russell & Norvig, offre un aperçu structuré des différentes phases clés de l'histoire de l'IA¹. En examinant ces périodes, nous pouvons comprendre l'ascension, les défis et les avancées qui ont façonné le paysage de l'intelligence artificielle, jusqu'à son état actuel.

1. Les précurseurs de l'IA (1943-1955)

1-1 La gestation de l'intelligence artificielle (1943-1955)

Pendant la période de gestation de l'intelligence artificielle, qui s'étend approximativement de 1943 à 1955, le domaine a connu une série de développements significatifs et dynamiques. Les chercheurs de cette époque se sont attachés à explorer les fondements théoriques et pratiques de l'intelligence artificielle, cherchant à comprendre comment les processus cognitifs humains pourraient être représentés et simulés à l'aide de machines.

Parmi les contributions majeures de cette période figurent les travaux de Warren McCulloch et Walter Pitts, qui ont proposé un modèle de neurones artificiels basé sur des principes physiologiques, logiques et computationnels. Leur approche a jeté les bases conceptuelles de la modélisation des réseaux neuronaux et de la capacité des systèmes artificiels à effectuer des calculs et des opérations logiques.

Parallèlement, les travaux novateurs de Donald Hebb ont jeté les bases de l'apprentissage hebbien, une théorie qui décrit comment les connexions synaptiques entre les neurones sont renforcées ou affaiblies en fonction de l'expérience et de l'activité neuronale. Ces travaux ont ouvert la voie à une compréhension plus profonde des mécanismes d'apprentissage dans les systèmes neuronaux artificiels.

Marvin Minsky et Dean Edmonds ont également marqué cette période en construisant le premier ordinateur à réseau neuronal, le SNARC, qui utilisait des composants électroniques de l'époque pour simuler un réseau de neurones. Cette réalisation technologique a illustré la faisabilité pratique des concepts théoriques développés dans le domaine de l'intelligence artificielle.

Enfin, l'influence d'Alan Turing dans le domaine de l'intelligence artificielle ne peut être sous-estimée. Ses idées novatrices, exposées dans son article de 1950 intitulé "Calcul et Machine

¹ Russell et Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, pages 16 - 27

Intelligence", ont posé les fondements de nombreux concepts clés de l'IA moderne, notamment le test de Turing, l'apprentissage machine et les algorithmes génétiques. La proposition de Turing du "programme enfant" a également introduit une perspective nouvelle et stimulante dans le domaine, encourageant la simulation des processus de développement cognitif plutôt que de se concentrer uniquement sur la reproduction de l'adulte. Ces contributions ont jeté les bases d'une discipline interdisciplinaire en plein essor qui continue d'évoluer et de repousser les frontières de la connaissance.

1-2 La naissance de l'intelligence artificielle (1956)

Princeton a vu émerger une autre figure influente dans le domaine de l'IA en la personne de John McCarthy. Après avoir obtenu son doctorat là-bas en 1951 et enseigné pendant deux ans, McCarthy a déménagé d'abord à Stanford, puis à Dartmouth College. C'est à Dartmouth que le domaine de l'IA a officiellement pris son envol, grâce à McCarthy qui a réuni des chercheurs américains intéressés par les automates, les réseaux neuronaux et l'étude de l'intelligence, notamment Minsky, Claude Shannon et Nathaniel Rochester.

Ils ont organisé un atelier de deux mois à Dartmouth à l'été 1956. La proposition déclarait :

'Nous proposons qu'une étude de 2 mois, menée par 10 personnes, sur l'intelligence artificielle soit réalisée à Dartmouth College à Hanover, New Hampshire, pendant l'été 1956. L'étude doit se baser sur la conjecture que chaque aspect de l'apprentissage ou toute autre caractéristique de l'intelligence peut en principe être décrit de manière si précise qu'une machine peut être construite pour le simuler. Nous tenterons de découvrir comment faire en sorte que les machines utilisent le langage, forment des abstractions et des concepts, résolvent des types de problèmes actuellement réservés aux humains et s'améliorent elles-mêmes. Nous pensons qu'une avancée significative peut être réalisée dans un ou plusieurs de ces problèmes si un groupe soigneusement sélectionné de scientifiques y travaille ensemble pendant un été.'¹

L'événement a attiré au total 10 participants, parmi lesquels figuraient Trenchard More de Princeton, Arthur Samuel d'IBM (Société Internationale des Machines IBM), ainsi que Ray Solomonoff et Oliver Selfridge du MIT (Institut de Technologie du Massachusetts). Cependant, ce sont deux chercheurs de Carnegie Tech, Allen Newell et Herbert Simon, qui ont particulièrement attiré l'attention et se sont démarqués. Alors que les autres participants avaient également des idées et, dans certains cas, des programmes pour des applications spécifiques comme les jeux de dames,

¹ Cette déclaration a été faite par John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester et Claude Shannon dans la proposition initiale pour l'organisation de la conférence de Dartmouth en 1956.

Allen Newell et Herbert Simon se sont distingués en présentant un programme de raisonnement appelé le Logic Theorist (LT). Simon a même déclaré : 'Nous avons inventé un programme informatique capable de penser de manière non numérique, et avons ainsi résolu le vénérable problème de l'esprit et du corps.'¹

Peu de temps après l'atelier, le programme avait déjà acquis la capacité de démontrer la plupart des théorèmes de Principia Mathematica de Russell et Whitehead. Simon a même montré à Russell lui-même que le programme avait trouvé une preuve plus concise pour un théorème que celle présentée dans Principia, ce qui aurait enchanté Russell.

Cependant, malgré cette prouesse, les rédacteurs du Journal of Symbolic Logic ont été moins impressionnés ; ils ont rejeté un article co-écrit par Newell, Simon et le Logic Theorist. L'atelier de Dartmouth n'a peut-être pas conduit à des percées immédiates, mais il a joué un rôle crucial en réunissant les principaux acteurs du domaine. Pendant les deux décennies qui ont suivi, ces figures majeures ainsi que leurs étudiants et collègues au MIT à la CMU (Université Carnegie Mellon) , à Stanford et chez IBM ont dominé le domaine émergent de l'IA.

En examinant la proposition pour l'atelier de Dartmouth de 1955, on comprend pourquoi il était nécessaire que l'IA devienne un domaine distinct. Pourquoi tout le travail effectué dans le domaine de l'IA ne pouvait-il pas simplement s'inscrire dans le cadre de la théorie du contrôle, de la recherche opérationnelle ou de la théorie de la décision, qui partagent pourtant des objectifs similaires à ceux de l'IA ? Ou pourquoi l'IA ne pourrait-elle pas être considérée comme une branche des mathématiques ?

La première réponse à ces questions réside dans le fait que dès le départ, l'IA s'est engagée dans la tentative ambitieuse de reproduire les facultés humaines telles que la créativité, l'auto-améliorations et l'utilisation du langage. C'est cette ambition à la fois audacieuse et spécifique qui a distingué l'IA comme un domaine à part entière, distinct des autres disciplines auxquelles elle aurait pu être rattachée.

Effectivement, aucun des autres domaines ne s'était penché sur ces questions spécifiques. La deuxième réponse réside dans la méthodologie. L'IA se distingue des autres domaines par sa méthodologie. En effet, l'IA est le seul domaine clairement défini comme une branche de l'informatique (bien que la recherche opérationnelle partage une emphase sur les simulations informatiques). De plus, l'IA est également unique dans sa tentative de construire des machines

¹ Douglas Hofstadter , « Gödel, Escher, Bach: Les Brins d'une Guirlande Éternelle » (1979)

capables de fonctionner de manière autonome dans des environnements complexes et en constante évolution. Cette perspective méthodologique unique a également renforcé la nécessité de faire de l'IA un domaine distinct, séparé des autres disciplines auxquelles elle aurait pu être rattachée.

2. L'âge d'or et les premiers pas (1956-1969)

À l'aube de l'intelligence artificielle, les premières réalisations étaient considérées comme des exploits remarquables. À une époque où les ordinateurs et les langages de programmation étaient primitifs, et où l'idée même qu'une machine puisse effectuer des tâches intelligentes dépassait largement les attentes, chaque avancée était saluée. Face à une mentalité qui doutait que les machines ne puissent jamais accomplir certaines tâches (X), les chercheurs en intelligence artificielle ont répondu en démontrant, pas à pas, la réalisation de ces mêmes tâches. Cette période, qualifiée par John McCarthy d'ère du "Regarde maman, sans les mains !", a vu les premiers succès de pionniers tels que Newell et Simon avec leur programme General Problem Solver (GPS). Contrairement à leurs travaux antérieurs, GPS a été conçu pour imiter les processus de résolution de problèmes humains, et dans sa capacité limitée, il a montré une similarité frappante avec la manière dont les humains abordent ces problèmes. Ces réalisations ont conduit Newell et Simon à formuler l'hypothèse du système de symboles physiques, soutenant que tout système (humain ou machine) manifestant une intelligence doit manipuler des structures de données symboliques. Bien que cette hypothèse ait été remise en question par la suite, elle a ouvert la voie à de nouvelles explorations dans le domaine de l'intelligence artificielle.

Chez IBM, Nathaniel Rochester et ses collaborateurs ont développé certains des premiers programmes d'IA. Herbert Gelernter (1959) a créé le Geometry Theorem Prover, capable de démontrer des théorèmes que de nombreux étudiants en mathématiques trouveraient assez complexes. À partir de 1952, Arthur Samuel a élaboré une série de programmes pour les dames qui ont finalement appris à jouer à un niveau amateur compétent. En cours de route, il a réfuté l'idée selon laquelle les ordinateurs ne peuvent faire que ce qu'on leur dit de faire : son programme a rapidement appris à jouer mieux que son créateur. Lorsque le programme a été présenté à la télévision en février 1956, il a suscité une forte impression. Comme Turing, Samuel avait du mal à trouver du temps d'ordinateur. Travaillant la nuit, il utilisait des machines qui étaient encore sur le plancher de test de l'usine de fabrication d'IBM.

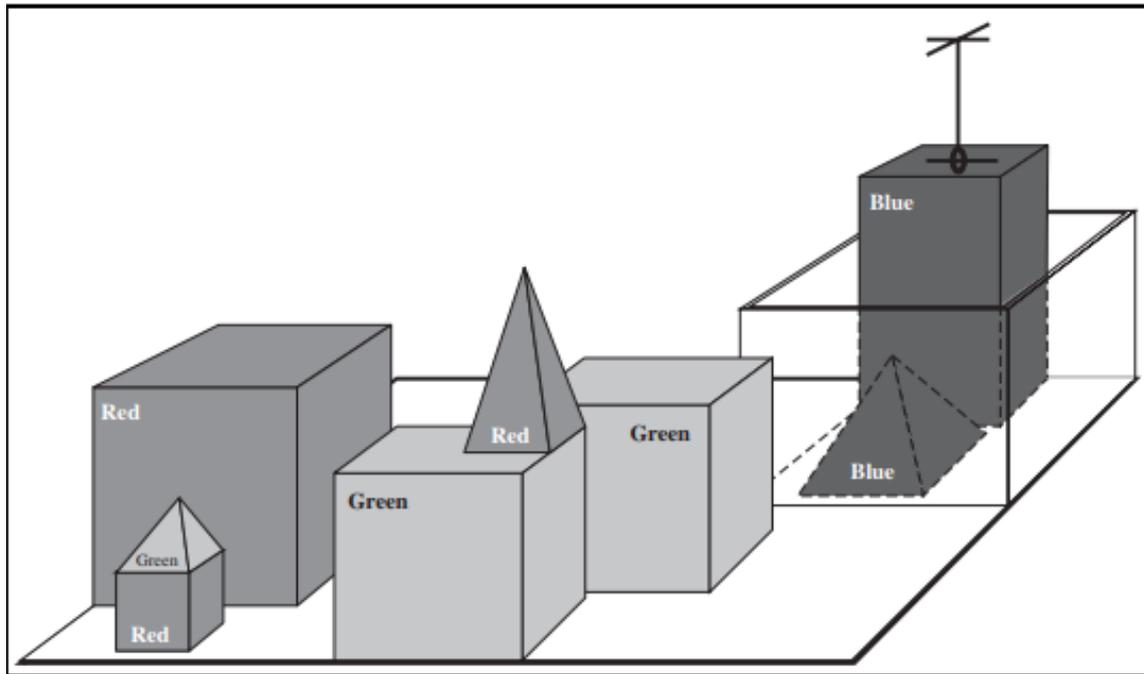
John McCarthy est passé de Dartmouth à MIT et a réalisé trois contributions cruciales en une année historique : 1958. Dans le MIT AI Lab Memo No 1, McCarthy a défini le langage de programmation Lisp de haut niveau, qui allait devenir le langage de programmation IA dominant pour les 30 années

suivantes. Avec Lisp, McCarthy avait l'outil dont il avait besoin, mais l'accès à des ressources informatiques rares et coûteuses était également un problème sérieux. En réponse, lui et d'autres au MIT ont inventé le partage de temps. Toujours en 1958, McCarthy a publié un article intitulé "Programs with Common Sense", dans lequel il décrit l'Advice Taker, un programme hypothétique qui peut être considéré comme le premier système IA complet. Tout comme le Logic Theorist et le Geometry Theorem Prover, le programme de McCarthy était conçu pour utiliser la connaissance pour rechercher des solutions aux problèmes. Mais contrairement aux autres, il devait incarner une connaissance générale du monde. Par exemple, il a montré comment quelques axiomes simples permettraient au programme de générer un plan pour se rendre à l'aéroport. Le programme était également conçu pour accepter de nouveaux axiomes dans le cours normal de son fonctionnement, lui permettant ainsi d'atteindre la compétence dans de nouveaux domaines sans être reprogrammé. L'Advice Taker incarnait donc les principes centraux de la représentation et du raisonnement de la connaissance : il est utile d'avoir une représentation formelle et explicite du monde et de son fonctionnement, et de pouvoir manipuler cette représentation avec des processus déductifs. Il est remarquable de constater à quel point une grande partie de l'article de 1958 reste pertinente aujourd'hui.

En 1958, Marvin Minsky est également arrivé au MIT. Cependant, sa collaboration initiale avec McCarthy n'a pas perduré. Alors que McCarthy mettait l'accent sur la représentation et le raisonnement en logique formelle, Minsky était davantage intéressé par la mise en œuvre des programmes et a finalement développé une perspective anti-logique. En 1963, McCarthy a fondé le laboratoire d'IA à Stanford. Son projet visant à utiliser la logique pour construire l'Advice Taker ultime a été encouragé par la découverte en 1965 par J. A. Robinson de la méthode de résolution. Les recherches à Stanford se sont concentrées sur les méthodes à usage général pour le raisonnement logique. Les applications de la logique comprenaient les systèmes de réponse aux questions et de planification de Cordell Green (Green, 1969b), ainsi que le projet de robotique Shakey au Stanford Research Institute (SRI).

Sous la supervision de Minsky, une série d'étudiants ont entrepris de résoudre des problèmes spécifiques qui semblaient exiger de l'intelligence pour être résolus. Ces domaines restreints sont devenus connus sous le nom de micromondes. Le programme SAINT de James Slagle (1963) était capable de résoudre des problèmes d'intégration de calcul fermé typiques des cours de première année à l'université. Le programme ANALOGY de Tom Evans (1968) résolvait des problèmes d'analogie géométrique qui apparaissent dans les tests de QI. Le programme STUDENT de Daniel Bobrow (1967) résolvait des problèmes d'histoire de l'algèbre, comme celui-ci :

Figure N°03 : Une scène dans le monde des blocs. vient de terminer la commande : « Trouve un bloc qui est plus grand que celui que tu tiens et mets-le dans la boîte»



Source : SHRDLU (Winograd, 1972)

Le micromonde le plus célèbre était le monde des blocs, qui consistait en un ensemble de blocs solides placés sur une table (ou plus souvent, une simulation d'une table), comme illustré dans la figure 3. Une tâche typique dans ce monde était de réarranger les blocs d'une certaine manière, en utilisant une main de robot qui pouvait prendre un bloc à la fois. Le monde des blocs était le foyer du projet de vision de David Huffman (1971), du travail sur la vision et la propagation des contraintes de David Waltz (1975), de la théorie de l'apprentissage de Patrick Winston (1970), du programme de compréhension du langage naturel de Terry Winograd (1972) et du planificateur de Scott Fahlman (1974).

Les premiers travaux basés sur les réseaux neuronaux de McCulloch et Pitts ont également prospéré. Le travail de Winograd et Cowan (1963) a démontré comment un grand nombre d'éléments pouvaient représenter collectivement un concept individuel, entraînant une augmentation correspondante de la robustesse et du parallélisme. Les méthodes d'apprentissage de Hebb ont été améliorées par Bernie Widrow (Widrow et Hoff, 1960 ; Widrow, 1962), qui a nommé ses réseaux adalines, et par Frank Rosenblatt (1962) avec ses perceptrons. Le théorème de convergence du perceptron (Block et al., 1962) affirme que l'algorithme d'apprentissage peut ajuster les poids de connexion d'un perceptron pour correspondre à n'importe quelle donnée d'entrée, pour autant qu'une telle correspondance existe.

3. Le réalisme et les défis (1970-1989)

3.1 Une dose de réalité (1966-1973)

Depuis ses débuts, l'intelligence artificielle (IA) a été l'objet de nombreuses prédictions optimistes. Herbert Simon, en 1957, prévoyait que les machines penseraient, apprendraient et créeraient, et que leurs capacités augmenteraient rapidement. Il prédit notamment qu'un ordinateur deviendrait champion d'échecs et qu'un théorème mathématique significatif serait démontré par une machine dans les 10 ans. Cependant, ces succès n'ont été réalisés qu'après environ 40 ans, la surestimation de Simon étant due aux performances prometteuses des premiers systèmes d'IA sur des exemples simples, qui échouaient face à des problèmes plus complexes.

La traduction automatique est un exemple classique des limitations initiales. Pensant que des transformations syntaxiques simples suffiraient, les premiers efforts échouèrent car une compréhension profonde était nécessaire pour une traduction précise, illustrée par la retraduction de "l'esprit est volontaire mais la chair est faible" en "la vodka est bonne mais la viande est pourrie". En 1966, un rapport conclut qu'aucune traduction automatique de texte scientifique général n'avait été réalisée, et le financement fut annulé. Aujourd'hui, la traduction automatique est imparfaite mais largement utilisée.

Le deuxième type de difficulté concernait l'intractabilité des problèmes. Les premiers programmes d'IA utilisaient des combinaisons d'étapes pour trouver des solutions, mais échouaient face à des problèmes plus grands. Avant la théorie de la complexité computationnelle, on pensait que résoudre des problèmes plus importants nécessitait simplement du matériel plus rapide et de la mémoire plus grande. Les échecs des premiers systèmes de résolution de théorèmes et des algorithmes génétiques en sont des exemples. Les algorithmes génétiques modernes ont montré plus de succès grâce à de meilleures représentations.

Enfin, certaines limitations fondamentales des structures de base pour générer un comportement intelligent ont posé des problèmes. Par exemple, le livre "Perceptrons" de Minsky et Papert (1969) a montré que les perceptrons simples ne pouvaient pas apprendre des tâches complexes. Bien que ces résultats ne s'appliquaient pas aux réseaux neuronaux à plusieurs couches, le financement de la recherche sur les réseaux neuronaux a chuté. Ironiquement, les algorithmes d'apprentissage par rétropropagation pour les réseaux à plusieurs couches, qui allaient relancer la recherche sur les réseaux neuronaux dans les années 1980, avaient en fait été découverts dès 1969.

3.2 Les systèmes basés sur la connaissance : la clé du pouvoir ? (1969-1979)

Au cours des premiers temps de la recherche en intelligence artificielle, deux approches principales ont émergé pour résoudre les problèmes. La première, appelée méthodes faibles, impliquait un raisonnement général sans connaissance spécifique du domaine, mais elle était limitée dans sa capacité à traiter des problèmes complexes. La seconde, utilisant des connaissances spécialisées, permettait des avancées plus significatives en se basant sur des informations spécifiques au domaine. Des programmes comme DENDRAL ont illustré cette approche en résolvant des problèmes complexes en chimie grâce à une base de connaissances spécialisées. Par la suite, des systèmes experts comme MYCIN ont appliqué cette méthodologie avec succès à des domaines tels que le diagnostic médical. Ces systèmes ont démontré l'importance de la connaissance du domaine pour résoudre efficacement des problèmes réels. En parallèle, des travaux sur la compréhension du langage naturel ont souligné le besoin de connaissances générales du monde pour une compréhension robuste. Cette évolution a conduit au développement de nombreux langages et schémas de représentation des connaissances pour traiter une variété de problèmes du monde réel.

3.3 L'IA devient une industrie (1980–aujourd'hui)

Le premier système expert commercial réussi, R1, a commencé à fonctionner chez Digital Equipment Corporation (McDermott, 1982). Le programme a aidé à configurer les commandes pour les nouveaux systèmes informatiques; d'ici 1986, il permettait d'économiser à l'entreprise environ 40 millions de dollars par an. En 1988, le groupe IA de DEC avait déployé 40 systèmes experts, avec d'autres en préparation. DuPont en avait 100 en cours d'utilisation et 500 en développement, permettant d'économiser environ 10 millions de dollars par an. Presque toutes les grandes entreprises américaines avaient leur propre groupe IA et utilisaient ou enquêtaient sur les systèmes experts.

En 1981, les Japonais ont annoncé le projet "Cinquième Génération", un plan décennal visant à construire des ordinateurs intelligents fonctionnant sous Prolog. En réponse, les États-Unis ont créé la Corporation de technologie microélectronique et informatique (MCC) en tant que consortium de recherche destiné à assurer la compétitivité nationale. Dans les deux cas, l'IA faisait partie d'un effort global, comprenant la conception de puces et la recherche sur les interfaces humaines. En Grande-Bretagne, le rapport Alvey a rétabli le financement qui avait été coupé par le rapport Lighthill. Dans les trois pays, cependant, les projets n'ont jamais atteint leurs objectifs ambitieux.

Dans l'ensemble, l'industrie de l'IA a explosé, passant de quelques millions de dollars en 1980 à des milliards de dollars en 1988, comprenant des centaines d'entreprises construisant des systèmes experts, des systèmes de vision, des robots, et des logiciels et matériels spécialisés à ces fins. Peu

de temps après, est venue une période appelée "l'hiver de l'IA", au cours de laquelle de nombreuses entreprises ont disparu alors qu'elles ne parvenaient pas à tenir les promesses extravagantes.

3.4 Le retour des réseaux neuronaux (1986–aujourd'hui)

Au milieu des années 1980, au moins quatre groupes différents ont réinventé l'algorithme d'apprentissage par rétropropagation découvert pour la première fois en 1969 par Bryson et Ho. L'algorithme a été appliqué à de nombreux problèmes d'apprentissage en informatique et en psychologie, et la diffusion généralisée des résultats dans la collection *Parallel Distributed Processing* (Rumelhart et McClelland, 1986) a suscité une grande excitation.

Ces modèles dits connectionnistes de systèmes intelligents étaient considérés par certains comme des concurrents directs à la fois des modèles symboliques promus par Newell et Simon et de l'approche logiciste de McCarthy et d'autres (Smolensky, 1988). Il pourrait sembler évident qu'à un certain niveau, les humains manipulent des symboles - en fait, le livre de Terrence Deacon, *The Symbolic Species* (1997), suggère que c'est la caractéristique déterminante des humains - mais les connectionnistes les plus ardents se demandaient si la manipulation de symboles avait un véritable rôle explicatif dans les modèles détaillés de la cognition. Cette question reste sans réponse, mais l'opinion actuelle est que les approches connectionnistes et symboliques sont complémentaires, et non concurrentes. Comme cela s'est produit avec la séparation entre l'IA et les sciences cognitives, la recherche moderne sur les réseaux neuronaux s'est scindée en deux domaines, l'un concerné par la création de architectures et algorithmes de réseau efficaces et la compréhension de leurs propriétés mathématiques, l'autre concerné par la modélisation minutieuse des propriétés empiriques des neurones réels et des ensembles de neurones.

3.5 L'IA adopte la méthode scientifique (1987–aujourd'hui)

Les dernières années ont vu une révolution à la fois dans le contenu et la méthodologie du travail en intelligence artificielle. Il est maintenant plus courant de construire sur des théories existantes que de proposer de toutes nouvelles, de fonder les revendications sur des théorèmes rigoureux ou des preuves expérimentales solides plutôt que sur l'intuition, et de montrer la pertinence pour les applications du monde réel plutôt que des exemples simplistes. L'IA a été fondée en partie comme une rébellion contre les limites des domaines existants comme la théorie du contrôle et la statistique, mais maintenant elle les embrasse.

Comme l'a dit David McAllester (1998) :

« Au début de l'IA, il semblait plausible que de nouvelles formes de calcul symbolique, par exemple, les cadres et les réseaux sémantiques, rendaient une grande partie de la théorie classique obsolète. Cela a conduit à une forme d'isolationnisme où l'IA est devenue largement séparée du reste de l'informatique. Cet isolationnisme est actuellement abandonné. On reconnaît que l'apprentissage machine ne devrait pas être isolé de la théorie de l'information, que le raisonnement incertain ne devrait pas être isolé de la modélisation stochastique, que la recherche ne devrait pas être isolée de l'optimisation et du contrôle classiques, et que le raisonnement automatisé ne devrait pas être isolé des méthodes formelles et de l'analyse statique. »

En termes de méthodologie, l'IA est maintenant fermement intégrée à la méthode scientifique. Pour être acceptées, les hypothèses doivent être soumises à des expériences empiriques rigoureuses, et les résultats doivent être analysés statistiquement pour leur importance (Cohen, 1995). Il est désormais possible de reproduire les expériences en utilisant des dépôts partagés de données de test et de code.

Le domaine de la reconnaissance vocale illustre cette tendance. Dans les années 1970, une grande variété d'architectures et d'approches différentes ont été essayées. Beaucoup d'entre elles étaient plutôt ad hoc et fragiles, et étaient démontrées sur seulement quelques exemples spécialement sélectionnés. Ces dernières années, les approches basées sur les modèles de Markov cachés (HMM) ont dominé le domaine. Deux aspects des HMM sont pertinents. Premièrement, ils reposent sur une théorie mathématique rigoureuse.

4. L'essor contemporain de l'IA (1990-présent)

4.1 L'émergence des agents intelligents (1995-présent)

Encouragés par les progrès réalisés dans la résolution des sous-problèmes de l'IA, les chercheurs se sont tournés vers le problème de l'« agent complet ». Allen Newell, John Laird et Paul Rosenbloom ont développé SOAR, une architecture d'agent complète, comme exemple notable. L'Internet est devenu un environnement crucial pour ces agents, avec des systèmes d'IA omniprésents dans les applications web, moteurs de recherche, systèmes de recommandation et autres outils en ligne.

L'intégration des sous-domaines de l'IA pour construire des agents complets a révélé que les systèmes sensoriels, tels que la vision et la reconnaissance vocale, ne fournissent pas d'informations parfaitement fiables. Les systèmes de raisonnement et de planification doivent donc gérer l'incertitude. Cette perspective a rapproché l'IA d'autres domaines comme la théorie du contrôle et l'économie.

Les avancées dans le contrôle des voitures robotiques illustrent cette intégration, combinant capteurs améliorés, contrôle de la perception, localisation, cartographie et planification de haut niveau.

Malgré ces progrès, certains pionniers de l'IA, comme John McCarthy, Marvin Minsky, Nils Nilsson et Patrick Winston, ont exprimé leur insatisfaction. Ils estiment que l'IA se concentre trop sur des applications spécifiques (comme la conduite automobile ou la reconnaissance vocale) et néglige la création de « machines qui pensent, qui apprennent et qui créent » selon Simon. Ils préconisent un retour à ces ambitions initiales, désignant cet effort comme l'IA de niveau humain (HLAI). Le premier symposium sur le HLAI a eu lieu en 2004.

Une idée connexe est l'Intelligence Artificielle Générale (IAG), qui cherche un algorithme universel capable d'apprendre et d'agir dans n'importe quel environnement. Ce domaine trouve ses racines dans le travail de Ray Solomonoff. La première conférence sur l'IAG et la publication du Journal de l'Intelligence Artificielle Générale ont eu lieu en 2008. Assurer que cette IA soit « amicale » est également une préoccupation importante pour les chercheurs.

4.2 La disponibilité de très grands ensembles de données (2001–présent)

Tout au long des 60 ans d'histoire de l'informatique, l'algorithme a été le principal sujet d'étude. Cependant, certains travaux récents en IA suggèrent que, pour de nombreux problèmes, il est plus pertinent de se concentrer sur les données plutôt que sur les algorithmes. Cette approche est renforcée par la disponibilité croissante de vastes sources de données, comme des trillions de mots en anglais et des milliards d'images sur le Web (Kilgarriff et Grefenstette, 2006) ou des milliards de séquences génomiques (Collins et al., 2003).

Un exemple influent est le travail de Yarowsky (1995) sur la désambiguïsation des sens des mots. Yarowsky a démontré qu'il est possible de distinguer les différents sens d'un mot, comme "plant" (plante vs usine), avec une précision supérieure à 96% sans utiliser d'exemples étiquetés par des humains. Il a utilisé un corpus de texte non annoté et les définitions du dictionnaire pour étiqueter des exemples, puis affiner le modèle pour étiqueter de nouveaux exemples.

Banko et Brill (2001) ont montré que les techniques d'apprentissage automatique fonctionnent mieux avec plus de données. Leur étude a révélé qu'un algorithme médiocre avec 100 millions de mots de données surpassait le meilleur algorithme avec seulement 1 million de mots. De même, Hays et Efros (2007) ont travaillé sur le remplissage des trous dans une photographie. Leur

algorithme a montré des performances médiocres avec une collection de 10 000 photos, mais d'excellentes performances avec 2 millions de photos.

Ces travaux suggèrent que le "goulot d'étranglement des connaissances" en IA, c'est-à-dire le défi d'exprimer toutes les connaissances nécessaires pour un système, peut souvent être résolu par des méthodes d'apprentissage plutôt que par de l'ingénierie des connaissances codée à la main, à condition que les algorithmes aient suffisamment de données (Halevy et al., 2009). Cette approche a conduit à l'émergence de nouvelles applications et à une résurgence de l'IA, marquant potentiellement la fin de l'"hiver de l'IA" et l'aube d'un "nouveau printemps" (Havenstein, 2005). Kurzweil (2005) souligne que des milliers d'applications d'IA sont désormais profondément intégrées dans chaque industrie.

Conclusion du chapitre I

Ce chapitre a exploré les fondements et l'évolution de l'intelligence artificielle (IA), en mettant en évidence ses concepts clés, ses différentes approches méthodologiques et ses applications pratiques.

Dès ses débuts, l'IA s'est distinguée par son ambition de reproduire des facultés humaines complexes telles que la créativité et l'utilisation du langage. Cette aspiration audacieuse a nécessité la reconnaissance de l'IA comme un domaine distinct, séparé de la théorie du contrôle, de la recherche opérationnelle et des mathématiques, bien que partageant certains objectifs communs avec ces disciplines. En outre, la méthodologie unique de l'IA, ancrée dans l'informatique et visant à créer des machines capables d'opérer de manière autonome dans des environnements dynamiques, a consolidé cette distinction.

Les premières avancées de l'IA, marquées par des systèmes comme le General Problem Solver (GPS), ont démontré la capacité des machines à imiter les processus de résolution de problèmes humains, établissant ainsi des hypothèses fondamentales sur les systèmes de symboles physiques. Cependant, ces succès initiaux ont souvent été suivis de désillusions face à des problèmes plus complexes et intractables, révélant les limitations des premières approches et infrastructures technologiques.

Malgré ces défis, l'émergence des systèmes basés sur la connaissance dans les années 1970 a permis des progrès significatifs, en particulier avec des systèmes experts comme DENDRAL et MYCIN, qui ont montré l'importance cruciale des connaissances spécialisées pour résoudre des problèmes complexes. Ces systèmes ont illustré comment une approche fondée sur la connaissance pouvait surpasser les méthodes faibles de raisonnement général.

L'évolution de l'IA a également été marquée par une intégration croissante avec d'autres domaines scientifiques, abandonnant ainsi l'isolationnisme initial. Aujourd'hui, l'IA bénéficie d'une méthodologie scientifique rigoureuse, avec des expériences empiriques et des analyses statistiques robustes, favorisant des avancées comme les modèles de Markov cachés en reconnaissance vocale et les architectures d'agents intelligents pour des applications web omniprésentes.

En conclusion, le développement de l'IA a été un voyage de découvertes et de réévaluations, où chaque étape a contribué à affiner les techniques et à ouvrir de nouvelles perspectives. La distinction entre l'IA assistée et l'IA autonome illustre la diversité des approches actuelles, chaque type d'IA offrant des opportunités et des défis uniques. En intégrant ces différentes approches tout en tenant compte des implications éthiques et sociales, l'IA continue de progresser vers des niveaux d'intelligence et d'autonomie toujours plus élevés, influençant profondément notre avenir technologique et sociétal.

CHAPITRE II :
L'audit financier à
l'ère de la
numérisation

Introduction du chapitre II

À l'ère de la numérisation, le domaine de l'audit financier subit des transformations significatives, nécessitant une adaptation constante aux nouvelles technologies et aux exigences du marché. La numérisation a profondément modifié les méthodes et les outils utilisés dans le processus d'audit, offrant à la fois des opportunités et des défis uniques pour les professionnels de l'audit.

Ce chapitre vise à fournir un cadre théorique complet de l'audit financier dans le contexte de la numérisation. Nous explorerons les fondements de l'audit, en définissant ses concepts clés, en examinant les différentes approches et en analysant l'évolution réglementaire qui encadre cette pratique. De plus, nous retracerons l'histoire de l'audit financier pour comprendre son développement et son importance actuelle dans le paysage économique.

Une section sur la démarche d'audit examinera en détail les étapes et les méthodes impliquées dans la réalisation d'un audit financier efficace, en mettant l'accent sur les meilleures pratiques à suivre dans un environnement numérique en évolution constante.

Enfin, nous aborderons le rôle croissant de l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine de l'audit financier. Nous explorerons comment les avancées de l'IA transforment les processus d'audit, améliorent la qualité des analyses et ouvrent de nouvelles perspectives pour les auditeurs dans la détection de fraudes et d'anomalies.

Les sections de ce chapitre sont organisées comme suit :

Section 1 : Fondements de l'audit financier

Section 2 : Transformation de l'audit dans le contexte numérique

Section 01 : Cadre théorique de l'audit financier

Dans cette section, nous plongeons dans le monde de l'audit, un domaine essentiel pour assurer la fiabilité, la transparence et la conformité des informations financières et opérationnelles au sein des organisations. Nous débutons par une définition claire de l'audit et examinons les différents types qui le composent. Ensuite, nous explorons le cadre réglementaire qui régit l'activité d'audit, comprenant les lois, les normes comptables et les réglementations gouvernementales. De plus, nous analysons l'évolution historique des normes d'audit à travers différentes périodes, depuis ses débuts jusqu'à sa numérisation moderne. Enfin, nous retracerons l'histoire de l'audit, des origines de la pratique à son rôle central dans l'établissement des pratiques et des normes d'audit, en mettant particulièrement en lumière son développement aux États-Unis, l'un des foyers principaux de la profession.

1. Définition de l'audit

Dans cette section, nous explorerons les différentes perspectives sur la nature et la pratique de l'audit, telles que définies par des organisations internationales de renom. L'audit, en tant que processus fondamental d'évaluation et de vérification, revêt une importance cruciale dans la garantie de la fiabilité et de la transparence des informations financières, économiques et opérationnelles.

En examinant les définitions fournies par des institutions telles que l'IFAC, les ISA, l'ISO et d'autres, nous aurons un aperçu complet des principes et des objectifs qui sous-tendent la pratique de l'audit à l'échelle mondiale. Ces définitions serviront de fondement pour comprendre les fondements théoriques de l'audit et pour aborder les défis et les opportunités spécifiques à l'ère de la numérisation. En intégrant ces perspectives variées, nous serons mieux équipés pour appréhender la complexité et la richesse de la discipline de l'audit dans un monde en mutation constante.

Voici comment différentes institutions définissent l'audit :

- **Selon the International Federation of Accountants (IFAC)**, une mission d'audit est « une mission d'expression d'une assurance raisonnable dans laquelle un professionnel comptable exerçant en cabinet exprime une opinion sur le point de savoir si les états financiers sont préparés sur tous les points significatifs (ou donnent une image sincère et véritable, ou sont régulièrement présentés, sur tous les points significatifs), en conformité avec un référentiel de présentation de l'information financière applicable, telle qu'une mission conduite conformément aux normes internationales d'audit ISA. Il peut s'agir d'une mission de contrôle légal des comptes, c'est-à-dire

un audit d'états financiers requis par la législation ou la réglementation ¹».

- **Normes Internationales d'Audit (ISA)** : Le terme « auditeur » est utilisé pour désigner la personne ou les personnes qui réalisent l'audit, généralement l'associé responsable de la mission et les autres membres de l'équipe affectée à la mission ou, le cas échéant, le cabinet. Lorsqu'une Norme ISA entend expressément qu'une diligence requise soit effectuée ou qu'une obligation soit remplie directement par l'associé responsable de la mission, le terme d'« associé responsable de la mission » plutôt que celui d'« auditeur » est utilisé. Dans le secteur public, les termes « associé responsable de la mission » et « cabinet » doivent s'interpréter comme désignant, le cas échéant, leurs équivalents².

- **Organisation Internationale de Normalisation (ISO)** : L'ISO considère l'audit comme " L'audit est un processus méthodique, cette activité indépendante et documentée permettant d'obtenir des preuves d'audit et de les évaluer de manière objective pour déterminer dans quelle mesure les critères d'audit sont satisfaits. ". ³

- **Ernst & Young (EY)**: « Un audit est l'examen du rapport financier d'une organisation - tel qu'il est présenté dans le rapport annuel - par une personne indépendante de cette organisation. Le rapport financier comprend un bilan, un compte de résultat, un état des variations des capitaux propres, un tableau des flux de trésorerie et des notes comprenant un résumé des principales politiques comptables et d'autres notes explicatives ». ⁴

- **Deloitte** : « L'audit financier consiste à donner une opinion sur l'information financière mise à la disposition des marchés financiers et des différentes parties prenantes de l'entreprise ». ⁵

- **Fédération Internationale des Comptables (IFAC)** : Selon l'IFAC, l'audit est " une mission d'audit des états financiers a pour objectif de permettre à l'auditeur d'exprimer une opinion selon laquelle les états financiers ont été établis, dans tous leurs aspects significatifs, conformément à un référentiel comptable identifié. Pour exprimer cette opinion l'auditeur emploiera la formule : « donne une image fidèle », ou « présente sincèrement sous tous les aspects significatifs », qui sont des expressions équivalentes. L'audit des informations financières ou autres, élaborés selon des principes reconnus, poursuit le même objectif ".

¹ The Institute of internal auditors, « PERSPECTIVES INTERNATIONALES L'audit interne et l'audit externe Des rôles distincts dans la gouvernance organisationnelle », page 5

² NORMES INTERNATIONALES D'AUDIT , ISA 200 , Page 5

³ « Audit Qualité & interne : un outil au cœur de l'amélioration continue », <https://pyx4.com/blog/audit-interne-definition> , le 20/05/2024

⁴ « What is an audit » <https://www.pwc.com/m1/en/services/assurance/what-is-an-audit.html>

⁵ <https://www2.deloitte.com/afrique/fr/services/audit.html>

- **American Accounting Association** : « audit est un processus systématique consistant à obtenir et à évaluer objectivement des preuves concernant des affirmations relatives à des actions et des événements économiques afin de déterminer le degré de correspondance entre ces affirmations et les critères établis, et communiquer les résultats aux parties intéressées ». ¹

- **Association Internationale des Superviseurs d'Assurance (IAIS)** : L'IAIS voit l'audit comme "un examen indépendant et objectif visant à évaluer si les états financiers d'une compagnie d'assurance reflètent fidèlement sa situation financière, ses résultats d'exploitation et ses flux de trésorerie".

L'audit, tel que défini par diverses organisations internationales, peut être conceptualisé comme suit :

L'audit est un processus systématique et indépendant visant à évaluer et examiner de manière objective les activités, les opérations, les systèmes, les processus ou les états financiers d'une organisation ou d'une entité. Son objectif principal est d'identifier les forces, les faiblesses, les risques et les opportunités d'amélioration afin d'assurer la conformité aux normes, aux réglementations et aux meilleures pratiques, ainsi que d'optimiser la performance et la gouvernance de l'entité auditée. Les audits peuvent être réalisés par des auditeurs internes appartenant à l'organisation ou par des auditeurs externes indépendants, selon les besoins et les exigences spécifiques de l'entité concernée.

2. Types d'audit

2.1 Audit financier

L'audit financier est un processus d'examen des états financiers d'une entité pour évaluer leur exactitude, leur exhaustivité et leur conformité aux principes comptables généralement acceptés. La référence principale pour l'audit financier est constituée des Normes internationales d'audit (ISA) émises par l'International Auditing and Assurance Standards Board (IAASB). Ces normes fournissent des directives détaillées pour les auditeurs sur la manière de planifier, de conduire et de rapporter les résultats d'un audit financier. Elles garantissent la cohérence et la qualité des audits financiers à l'échelle mondiale, en aidant les auditeurs à évaluer les risques, à recueillir des preuves probantes et à communiquer efficacement leurs conclusions.

¹ American Accounting Association, 1973 , O'REGAN, 2004 p 27

2.2 Audit interne

L'audit interne est un processus indépendant et objectif visant à évaluer et à améliorer l'efficacité des processus de contrôle interne, de gestion des risques et de gouvernance au sein d'une organisation. La référence principale pour l'audit interne est constituée des Normes internationales pour la pratique professionnelle de l'audit interne émises par l'Institute of Internal Auditors (IIA). Ces normes fournissent un cadre professionnel pour la réalisation des activités d'audit interne, en mettant l'accent sur les principes fondamentaux de l'indépendance, de l'objectivité, de la compétence et de la diligence professionnelle. Elles aident les auditeurs internes à évaluer et à améliorer les processus de gouvernance et de gestion des risques, contribuant ainsi à la création de valeur pour l'organisation.

2.3 Audit opérationnel

L'audit opérationnel est un processus systématique d'évaluation des processus opérationnels d'une organisation pour identifier les inefficacités, les risques et les opportunités d'amélioration de la performance. Bien qu'il n'y ait pas de référence unique pour l'audit opérationnel, des lignes directrices et des bonnes pratiques sont fournies par des organisations telles que l'Institute of Internal Auditors (IIA) et l'Institute of Management Accountants (IMA). Ces ressources offrent des orientations sur la manière de planifier, d'exécuter et de rapporter les résultats d'un audit opérationnel, en mettant l'accent sur l'identification des facteurs qui influent sur la réalisation des objectifs opérationnels de l'organisation. En utilisant ces ressources, les auditeurs peuvent contribuer à améliorer l'efficacité et l'efficience des processus opérationnels, ainsi que la gestion des risques associés.

2.4 Audit de conformité

L'audit de conformité est un processus d'examen visant à vérifier si une organisation respecte les lois, les réglementations, les politiques internes ou les normes externes qui lui sont applicables. Bien qu'il n'y ait pas de référence unique pour l'audit de conformité, les auditeurs se réfèrent souvent aux lois pertinentes, aux réglementations gouvernementales, aux normes industrielles ou aux directives internes de l'organisation. L'objectif principal de l'audit de conformité est d'identifier les écarts de conformité et de recommander des mesures correctives pour assurer la conformité continue de l'organisation. En s'appuyant sur ces références, les auditeurs peuvent aider à garantir que l'organisation respecte les obligations légales et réglementaires, réduisant ainsi les risques juridiques et de réputation.

2.5 Audit de conformité sociale

L'audit de conformité sociale consiste à évaluer si une organisation respecte les normes sociales, éthiques et environnementales dans ses opérations et ses relations avec ses parties

prenantes. Les références principales pour cet audit incluent les normes internationales de responsabilité sociale, telles que l'ISO 26000, les Principes directeurs de l'OCDE à l'intention des entreprises multinationales, et les conventions de l'Organisation internationale du Travail (OIT) sur le travail décent. Ces références fournissent un cadre pour évaluer les impacts sociaux et environnementaux des activités d'une organisation, ainsi que pour promouvoir la responsabilité et la durabilité dans ses pratiques commerciales. En se conformant à ces normes, les organisations peuvent renforcer leur réputation, gérer les risques liés à la responsabilité sociale et contribuer positivement au développement durable.

2.6 Audit de la qualité

L'audit de la qualité est un processus d'examen systématique des produits, des services ou des processus d'une organisation pour évaluer leur conformité aux normes de qualité établies. La référence principale pour cet audit est constituée des normes ISO 9000, qui fournissent des lignes directrices pour les systèmes de management de la qualité. Ces normes établissent des critères de qualité universels et reconnus internationalement, permettant aux organisations de démontrer leur engagement envers l'amélioration continue de la qualité. En utilisant ces normes comme référence, les auditeurs peuvent identifier les écarts de qualité, évaluer les performances et recommander des mesures correctives pour améliorer la satisfaction des clients et la performance globale de l'organisation.

2.7 Audit informatique

L'audit informatique vise à évaluer les systèmes informatiques, les contrôles de sécurité et la gestion des données d'une organisation pour identifier les risques liés à l'information et à la technologie. La référence principale pour cet audit est constituée des normes et des bonnes pratiques en matière de sécurité de l'information, telles que les standards ISO/IEC 27001 et ISO/IEC 27002, ainsi que les normes COBIT (Control Objectives for Information and Related Technologies). Ces références fournissent un cadre complet pour évaluer la sécurité informatique, en identifiant les vulnérabilités, en renforçant les contrôles de sécurité et en assurant la confidentialité, l'intégrité et la disponibilité des informations critiques. En suivant ces références, les auditeurs peuvent aider à protéger les actifs informatiques de l'organisation et à atténuer les risques liés à la sécurité de l'information.

2.8 Audit de sécurité

L'audit de sécurité évalue la sécurité physique et informatique d'une organisation pour identifier les vulnérabilités et les menaces potentielles à sa sécurité. Les références principales pour cet audit incluent les normes ISO 27001 et ISO 27002 pour la sécurité de l'information, ainsi que

les normes ANSI/ASIS pour la sécurité physique. Ces références fournissent un cadre pour évaluer les pratiques de sécurité, en identifiant les points faibles et en recommandant des mesures correctives pour renforcer la protection des personnes, des biens et des informations sensibles. En utilisant ces références, les auditeurs peuvent contribuer à prévenir les incidents de sécurité, à réduire les pertes et à assurer la continuité des activités de l'organisation.

3. Cadre de réglementation

Le cadre réglementaire qui régit l'audit financier est essentiel pour assurer la transparence, la fiabilité et la conformité des états financiers des entreprises. Ce cadre comprend une combinaison de lois, de normes comptables et de réglementations gouvernementales qui définissent les responsabilités des auditeurs, établissent les normes professionnelles et encadrent la pratique de l'audit financier.

3.1 Lois

Les lois régissant l'audit financier varient d'un pays à l'autre, mais elles ont généralement pour objectif de protéger les investisseurs, les actionnaires et le public en général contre la fraude, la manipulation des états financiers et les pratiques comptables douteuses. Par exemple, aux États-Unis, la loi Sarbanes-Oxley (SOX) de 2002 a été adoptée en réponse aux scandales financiers majeurs tels qu'Enron et WorldCom. SOX a introduit des exigences strictes en matière de gouvernance d'entreprise, de contrôle interne et de divulgation d'informations financières pour les sociétés cotées en bourse.

3.2 Normes comptables

Les normes comptables sont des directives établies par des organismes de normalisation tels que le Financial Accounting Standards Board (FASB) aux États-Unis et l'International Accounting Standards Board (IASB) à l'échelle internationale. Ces normes définissent les principes et les règles comptables qui doivent être suivis lors de la préparation et de la présentation des états financiers. Par exemple, aux États-Unis, les entreprises sont tenues de se conformer aux normes du FASB, telles que les Generally Accepted Accounting Principles (GAAP), tandis qu'à l'échelle internationale, de nombreuses entreprises utilisent les International Financial Reporting Standards (IFRS) établis par l'IASB.

3.3 Réglementations gouvernementales

Les réglementations gouvernementales concernent souvent la supervision et la réglementation des professionnels de l'audit, ainsi que des sociétés d'audit elles-mêmes. Ces réglementations visent à assurer l'indépendance, la compétence et l'intégrité des auditeurs, ainsi qu'à renforcer la confiance du public dans le processus d'audit financier. Par exemple, aux États-Unis, la

Securities and Exchange Commission (SEC) supervise les cabinets d'audit et impose des règles strictes en matière d'indépendance, de rotation des auditeurs et de divulgation d'informations aux investisseurs.

Dans l'ensemble, ce cadre réglementaire crée un environnement dans lequel les auditeurs financiers sont tenus de respecter des normes professionnelles élevées, de maintenir leur indépendance, de fournir des opinions d'audit impartiales et de garantir la qualité et l'intégrité des informations financières. En conséquence, les investisseurs et les parties prenantes peuvent avoir confiance dans la fiabilité des états financiers et dans la solidité des contrôles internes des entreprises.

En Algérie, le cadre réglementaire régissant l'audit financier est principalement défini par la loi relative au système comptable financier (SCF) et les normes nationales d'audit (NNA).

- 1- Loi relative au système comptable financier (SCF) :** La loi SCF en Algérie définit les principes comptables et les règles de présentation des états financiers pour les entreprises. Elle établit les normes de comptabilité financière et les obligations des entreprises en matière de tenue des registres comptables, de préparation et de présentation des états financiers. Cette loi vise à garantir la transparence, la fiabilité et la comparabilité des informations financières des entreprises.
- 2- Normes nationales d'audit (NNA) :** Les normes nationales d'audit en Algérie définissent les principes et les procédures à suivre par les auditeurs lors de la réalisation d'audits financiers. Elles sont émises par les organismes de réglementation ou de normalisation comptable et d'audit du pays, tels que l'Ordre national des experts-comptables (ONEC) et la Commission nationale des comptes (CNC). Ces normes fournissent des lignes directrices sur la planification, la conduite et la communication des résultats des audits financiers, ainsi que sur les responsabilités des auditeurs.

En Algérie, ces cadres réglementaires sont essentiels pour assurer la conformité des entreprises aux normes comptables et aux exigences d'audit, ainsi que pour garantir la qualité et l'intégrité des informations financières présentées dans les états financiers. Ils contribuent également à renforcer la confiance du public, des investisseurs et des parties prenantes dans la solidité financière et la transparence des entreprises du pays.

4. Évolution des normes

4.1 Période de fondation

Au début du 20^e siècle, les normes d'audit étaient rudimentaires et en développement. C'était une époque où les auditeurs travaillaient pour établir les bases de leur profession. Les premières normes d'audit, telles que ISA 200 - Objectifs généraux de l'auditeur indépendant et la conduite d'un audit selon les normes internationales d'audit, ont émergé pour fournir un cadre aux auditeurs. Ces normes ont souligné l'importance de l'indépendance de l'auditeur, de la compétence professionnelle et de la diligence raisonnable. Les auditeurs étaient comme des pionniers, explorant un territoire inconnu et posant les fondations sur lesquelles la profession de l'audit financier allait se construire.

4.2 Période de consolidation

Entre les années 1950 et 1990, les normes d'audit ont été consolidées et harmonisées à l'échelle internationale. C'était une période de coopération entre les auditeurs du monde entier pour établir des normes communes. Des organisations telles que l'IAASB ont été créées pour développer et promouvoir des normes internationales d'audit. Des normes telles que ISA 210 - Termes des missions de l'audit, ISA 315 - Compréhension de l'entité et de son environnement et ISA 330 - Réponses de l'auditeur aux évaluations des risques ont été élaborées pour fournir des lignes directrices aux auditeurs sur la manière de mener leurs missions. Cette période a été caractérisée par une solidification des bases de la profession d'audit financier et par la mise en place de normes communes qui ont jeté les bases de la profession moderne de l'audit.

4.3 Période de réforme

Dans les années 2000, les scandales financiers majeurs ont ébranlé la confiance du public dans les marchés financiers et ont mis en lumière des lacunes dans les pratiques d'audit. En réponse à ces scandales, les gouvernements et les organismes de réglementation ont mis en œuvre des réformes majeures pour renforcer la gouvernance d'entreprise et améliorer la qualité de l'audit financier. Des lois telles que la loi Sarbanes-Oxley (SOX) aux États-Unis ont été adoptées, imposant des exigences strictes en matière de gouvernance d'entreprise et de contrôles internes. Les normes d'audit ont également été révisées pour mettre l'accent sur la détection et la prévention de la fraude, ainsi que pour améliorer la qualité de l'audit. Des normes telles que ISA 240 - Responsabilité de l'auditeur relative à la fraude dans un audit d'états financiers et ISA 315 (Révisée) - Compréhension de l'entité et de son environnement et évaluation des risques d'anomalies significatives ont été introduites pour répondre à ces défis.

4.4 Période de numérisation

Avec l'avènement de la numérisation, les auditeurs ont dû s'adapter à un nouvel environnement caractérisé par une utilisation croissante de la technologie dans les affaires. Les entreprises ont adopté des systèmes d'information sophistiqués pour gérer leurs opérations et produire leurs états financiers. Les auditeurs ont dû développer de nouvelles compétences pour auditer ces systèmes et évaluer les risques liés à la technologie. Les normes ISA ont été mises à jour pour inclure des considérations spécifiques concernant l'audit des systèmes d'information et des données électroniques. Des normes telles que ISA 315 (Révisée) - Compréhension de l'entité et de son environnement et évaluation des risques et ISA 330 - Réponses de l'auditeur aux évaluations des risques ont été révisées pour tenir compte de ces développements. Les auditeurs ont utilisé des outils d'analyse de données et des techniques d'audit assisté par ordinateur pour examiner les données financières à grande échelle et identifier les risques potentiels. Cette période a été marquée par une transition vers des méthodes d'audit plus technologiques et une reconnaissance de l'importance croissante de la technologie dans la profession d'audit financier.

5. L'histoire de l'audit

5.1 Origines de l'audit

Dans les premières civilisations telles que la Sumérie, l'audit, bien que rudimentaire par rapport aux normes modernes, était né de la nécessité de vérifier les transactions commerciales enregistrées sur des supports physiques tels que les tablettes d'argile. Ces enregistrements étaient souvent effectués par des scribes ou des comptables, qui tenaient des registres des échanges de biens, des dettes et des crédits.

Les premiers auditeurs étaient chargés de garantir la fiabilité de ces enregistrements comptables. Leur rôle était de s'assurer que les transactions étaient correctement enregistrées et documentées, afin d'éviter les erreurs, les fraudes ou les pertes de données. En jetant ainsi les bases de la transparence et de la responsabilité financière, ces auditeurs contribuaient à instaurer la confiance dans les échanges commerciaux et à promouvoir la stabilité économique au sein de leurs communautés.

Ces pratiques d'audit n'étaient pas limitées à la seule civilisation sumérienne. Elles se retrouvaient également dans d'autres civilisations anciennes telles que l'Égypte et Rome. En Égypte, les scribes jouaient un rôle similaire à celui des comptables sumériens, enregistrant les transactions et les activités économiques. De même, dans l'Empire romain, les questeurs étaient responsables de

la vérification des finances publiques, veillant à ce que les fonds de l'État soient correctement utilisés et documentés.

Ces traditions d'audit et de vérification des transactions ont donc des racines profondes dans l'histoire ancienne de l'humanité. Elles ont évolué au fil du temps pour devenir des pratiques plus sophistiquées et formelles, mais leur objectif fondamental de garantir la transparence, la fiabilité et la responsabilité financière demeure essentiel dans les sociétés modernes.

5.2 Émergence de l'audit financier

À la fin du XIXe siècle, avec l'essor des marchés financiers et l'augmentation de la complexité des transactions commerciales, la nécessité de garantir la transparence et la fiabilité des états financiers des entreprises est devenue cruciale. Cela a conduit à l'émergence de l'audit financier moderne.

Des cabinets d'audit spécialisés, tels que Price Waterhouse et Ernst & Young, ont été fondés pour répondre à cette demande croissante en fournissant des services d'audit indépendants et rigoureux. Ces cabinets se sont engagés à examiner de manière objective les états financiers des entreprises, à évaluer leur conformité aux normes comptables et à identifier les éventuelles irrégularités ou fraudes.

L'audit financier moderne a joué un rôle essentiel dans le renforcement de la confiance des investisseurs. En assurant l'exactitude et la fiabilité des informations financières divulguées par les entreprises, les auditeurs ont permis aux investisseurs de prendre des décisions éclairées en matière d'investissement. Ils ont également aidé à prévenir les scandales financiers et à promouvoir la stabilité des marchés en identifiant et en corrigeant les pratiques comptables douteuses.

Ainsi, l'audit financier moderne est devenu un pilier de la gouvernance d'entreprise et un élément essentiel du fonctionnement efficace des marchés financiers. En fournissant une assurance indépendante sur la fiabilité des informations financières, les auditeurs ont contribué à créer un environnement commercial plus transparent et plus juste, bénéficiant tant aux entreprises qu'aux investisseurs.

5.3 Développement des normes et des pratiques d'audit

Au cours du XXe siècle, l'évolution des marchés financiers et des pratiques commerciales a conduit à une prise de conscience croissante de l'importance de la transparence et de l'intégrité dans la communication des informations financières. Dans ce contexte, les organismes professionnels

tels que l'AICPA aux États-Unis et l'ICAEW au Royaume-Uni ont pris l'initiative de développer des normes et des pratiques d'audit rigoureuses pour répondre à ces besoins croissants.

Ces normes ne sont pas seulement des directives techniques, mais elles incarnent également des valeurs éthiques fondamentales, telles que l'objectivité, l'indépendance et la diligence professionnelle. Elles ont été conçues pour garantir que les auditeurs opèrent dans l'intérêt public, en fournissant une assurance crédible sur la fiabilité des informations financières des entreprises.

L'élaboration de ces normes n'a pas été un processus statique. Au contraire, elle a impliqué un dialogue continu entre les professionnels de l'audit, les régulateurs, les investisseurs et d'autres parties prenantes afin d'assurer qu'elles restent pertinentes et adaptées à un environnement économique en constante évolution. Des révisions régulières des normes ont été entreprises pour intégrer les meilleures pratiques, les leçons tirées des scandales financiers et les évolutions technologiques.

En plus de l'élaboration de normes, ces organismes professionnels ont également joué un rôle crucial dans la formation et le développement des compétences des professionnels de l'audit. Des programmes de formation continue ont été mis en place pour garantir que les auditeurs restent à la pointe des développements techniques, réglementaires et éthiques dans leur domaine.

L'adoption généralisée de normes rigoureuses a eu des répercussions positives sur la profession de l'audit et sur les marchés financiers dans leur ensemble. Les investisseurs peuvent avoir plus confiance dans les informations financières publiées par les entreprises, ce qui facilite la prise de décision en matière d'investissement. De plus, les entreprises bénéficient d'une meilleure réputation et d'un accès plus facile au financement, renforçant ainsi leur viabilité à long terme.

En résumé, le développement des normes et des pratiques d'audit au XXe siècle a été un processus dynamique et évolutif, qui a contribué à renforcer la confiance du public dans les marchés financiers et à promouvoir une culture d'intégrité et de transparence dans la communication des informations financières.

6. Démarche de l'audit financier

La démarche d'audit financier est une procédure méthodique et rigoureuse visant à évaluer la fiabilité et la conformité des états financiers d'une entité. Elle repose sur une série d'étapes clés qui assurent la qualité et l'intégrité du processus d'audit. Dans cette section, nous examinerons en détail chaque phase de cette démarche, depuis l'acceptation de la mission jusqu'à l'établissement du rapport d'audit. Nous explorerons les différentes étapes, y compris l'évaluation des risques et la

planification, les procédures mises en œuvre pour répondre à ces risques, les travaux de fin de mission et enfin la rédaction du rapport d'audit. Chaque étape joue un rôle crucial dans l'assurance de la fiabilité des informations financières fournies aux parties prenantes.

Maintenant que nous avons décrit les principales étapes de la démarche d'audit financier, examinons de plus près les tâches spécifiques associées à chacune de ces étapes dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°01 : Procédures de la mission d'audit financier.

Étapes de travail	Principales tâches
Acceptation de la mission	Prise de connaissance globale, lettre de mission (NAA 210)
Évaluation des risques et planification	Prise de connaissance de l'entité y compris son contrôle interne (ISA 315) : évaluation des risques d'anomalies significatives et seuil de signification (ISA 320), plan de mission (NAA 300)
Procédures mises en œuvre à l'issue de l'évaluation des risques	Adaptation de la démarche d'audit (ISA 330)
	Appréciation du contrôle interne par des tests de procédures (NAA 500)
	Contrôle de substance : éléments probants et procédures analytiques (NAA 500 et ISA 510 À 540)
Taux de fin de mission	Événements postérieurs (NAA 560), lettre d'affirmation (NAA 580), revue de la documentation d'audit (NAA 230), etc.
Rapports et communications	Rapport général, rapport spécial, rapport au conseil d'administration, rapport sur le rapport du conseil d'administration sur le contrôle interne (NAA 700 et ISA 705 et 9505)

Source : Robert OBERT Marie-Pierre MAIRESSE , Comptabilité et audit , Page 435

6.1 Acceptation de la mission

L'étape initiale de l'audit financier, l'acceptation de la mission, est essentielle pour établir les fondements d'une collaboration fructueuse entre l'auditeur et l'entité auditée. Cette phase débute par la définition claire des termes et des conditions de la mission, un processus qui se concrétise

généralement à travers une lettre de mission. Dans celle-ci, l'auditeur et la direction de l'entité s'accordent sur les paramètres essentiels qui régiront le déroulement de l'audit. Cette lettre de mission revêt une importance capitale, puisqu'elle établit un cadre juridique et opérationnel qui guide le processus d'audit.

Le contenu de la lettre de mission est méticuleusement élaboré, comprenant plusieurs éléments cruciaux. Tout d'abord, elle identifie les parties impliquées, clarifiant ainsi les responsabilités et les engagements de chacune. Ensuite, elle détaille la portée et la nature de la mission d'audit, définissant les objectifs à atteindre et les normes professionnelles à respecter. De plus, elle précise les modalités de communication des conclusions de l'audit aux organes dirigeants de l'entité, ainsi que les dispositions concernant les signataires, les intervenants et le calendrier des interventions.

La lettre de mission garantit également l'accès sans entrave de l'auditeur à tous les documents comptables, pièces justificatives et autres informations nécessaires à la conduite de l'audit. Elle énumère les obligations de la personne ou de l'entité auditée en termes de communication d'informations et de mise à disposition de documents. De plus, elle requiert souvent une confirmation écrite des organes dirigeants concernant les déclarations faites à l'auditeur au cours de la mission.

Enfin, la lettre de mission aborde des aspects pratiques tels que le budget des honoraires, les conditions de facturation et diverses clauses contractuelles relatives à la réalisation du contrat, la responsabilité, l'extension éventuelle de la mission, notamment dans le cadre d'un audit contractuel, ainsi que l'exercice du secret professionnel.

Ainsi, la lettre de mission constitue un document essentiel qui définit les règles du jeu pour l'audit financier à venir, assurant transparence, engagement et compréhension mutuelle entre l'auditeur et l'entité auditée.

6.2 Évaluation des risques et planification

6.2.1 Prise de connaissance de l'entité et du contrôle interne

Au début d'une première évaluation, l'auditeur se concentre sur le diagnostic initial de l'audit sans formuler d'opinion. Il recueille des informations sur l'entreprise et son environnement pour identifier les risques. Cela inclut la classification des données financières comme récurrentes, ponctuelles ou exceptionnelles, et la compréhension des systèmes informatiques pour évaluer la nécessité d'un spécialiste. Pour collecter ces informations, l'auditeur utilise diverses techniques : des

entretiens pour déterminer le niveau hiérarchique approprié afin d'obtenir une compréhension globale ; l'exploitation de la documentation interne et externe de l'entité ; l'analyse des derniers comptes annuels et événements majeurs ; et la visite des locaux pour comprendre le système comptable et les contrôles à travers des visites.

La prise de connaissance du contrôle interne évalue le système de contrôle interne de l'entreprise, crucial pour la fiabilité des informations financières, la conformité réglementaire, et la protection des actifs. Elle comprend la compréhension des objectifs et activités de l'entreprise, l'identification des composantes du contrôle interne, l'évaluation des risques potentiels, et la documentation des constatations pour une base d'audit solide.

6-2-2 Évaluation des risques

L'auditeur doit évaluer le risque d'audit, défini comme le risque d'exprimer une opinion inappropriée lorsque les états financiers contiennent des anomalies significatives. Le risque d'audit se compose du risque d'anomalies significatives et du risque de non-détection. Le risque d'anomalies significatives se décompose en risque inhérent et risque lié au contrôle. Le risque inhérent est la probabilité d'erreurs significatives dues aux caractéristiques de l'entreprise, de ses activités et de son environnement, indépendamment du contrôle interne. Les risques peuvent être liés à l'activité (taille, diversité géographique, opérations en devises, etc.), à la structure du capital (dirigeant majoritaire, abus de biens, etc.), à la structure financière (fonds de roulement insuffisants, gestion de trésorerie), à l'organisation (insuffisance du personnel administratif, systèmes d'information), à l'importance des postes du bilan, et à certaines catégories d'opérations (vulnérabilité des actifs, opérations complexes).

Le risque lié au contrôle est que le contrôle interne ne prévienne ou ne détecte pas et ne corrige pas en temps opportun une anomalie significative. L'auditeur analyse le contrôle interne pour identifier les types d'erreurs potentielles et évaluer leur probabilité. Le risque de non-détection est la possibilité que les procédures d'audit ne détectent pas une anomalie significative. Le risque d'audit est calculé comme suit :

Risque inhérent × Risque lié au contrôle × Risque de non-détection = Risque d'audit.

L'auditeur évalue chaque composante et ajuste ses procédures d'audit en conséquence.

La planification de la mission vise à maintenir le risque d'audit à un niveau acceptable en tenant compte des risques identifiés. L'auditeur ajuste son approche et conçoit des procédures adaptées, pouvant inclure l'affectation de collaborateurs expérimentés, le recours à des experts externes, le renforcement de la supervision, l'introduction d'imprévisibilité dans les procédures d'audit, et la modification de la nature, du calendrier ou de l'étendue des procédures d'audit.

6.2.3 Fixation du seuil de signification

Le seuil de signification est déterminé lors de la planification de l'audit et représente un jugement professionnel basé sur divers critères tels que le résultat courant, le chiffre d'affaires, ou les capitaux propres. L'auditeur peut être amené à formuler des constatations significatives à différents stades de la préparation des états financiers. Ces constatations peuvent concerner l'évaluation, la présentation ou le contrôle d'un élément. Dans la mesure du possible, l'auditeur doit chercher à quantifier l'impact de ces constatations sur les états financiers. L'évaluation de l'importance relative implique de comparer l'estimation des constatations au montant du poste concerné et au résultat. L'auditeur détermine un seuil global et des seuils inférieurs pour des catégories spécifiques d'opérations ou de soldes de comptes.

6-2-4 Planification, élaboration du plan de mission et du programme de travail

La planification de l'audit des comptes comprend la définition de l'approche générale des travaux, l'identification des procédures d'audit, la détermination des ressources nécessaires, et la coordination des travaux avec d'autres professionnels. Le plan de mission décrit l'approche générale, l'étendue, le calendrier et l'orientation des travaux, ainsi que les seuils de signification retenus. Le programme de travail définit les diligences nécessaires pour mettre en œuvre le plan de mission, incluant la nature et l'étendue des tâches, ainsi que les ressources et les honoraires correspondants. La planification représente environ 10 % du temps total de la mission, dépendant de la complexité et des contraintes de la mission.

6.3 Procédures mises en œuvre à l'issue de l'évaluation des risques

Suite à la prise de connaissance de l'entité et à l'évaluation du risque d'anomalies significatives dans les comptes, l'auditeur doit ajuster son approche générale et élaborer des procédures d'audit spécifiques pour étayer son opinion sur les comptes. Ces procédures incluent des tests de procédures, des contrôles de substance, ou une combinaison des deux, selon les besoins. Les tests de procédures évaluent l'efficacité des systèmes comptables et du contrôle interne. Les

contrôles substantifs visent à détecter des anomalies significatives dans les états financiers, incluant les contrôles sur les détails des opérations et des soldes, et les procédures analytiques.

6-3-1 Adaptation de la démarche d'audit

L'auditeur doit analyser le système de contrôle interne de l'entreprise pour identifier ses points forts et faibles, et déterminer la nature, l'étendue et le calendrier des travaux de contrôle des comptes.

6-3-2 Obtention d'éléments probants

L'auditeur doit rassembler des éléments probants suffisants et adéquats à partir de tests de procédures et de contrôles substantifs. Les techniques utilisées peuvent inclure l'inspection des enregistrements, les procédures analytiques, la ré-exécution de contrôles, la demande de confirmation des tiers, l'observation physique, l'inspection des actifs corporels, la demande d'information et la vérification de calcul. Ces techniques peuvent être appliquées seules ou en combinaison, par sondages ou avec l'aide d'un autre auditeur. Les éléments collectés permettent à l'auditeur de vérifier la réalité des opérations enregistrées, l'existence des actifs et des passifs, l'exhaustivité des informations fournies et la mesure appropriée des montants enregistrés.

6-3-3 Utilisation des procédures analytiques

Les procédures analytiques permettent d'apprécier les informations financières en examinant leurs corrélations avec d'autres données, provenant des comptes eux-mêmes, de périodes antérieures, de budgets ou d'entreprises similaires. Cette approche contribue à une analyse rigoureuse des risques. Les principales techniques incluent la revue de vraisemblance, la comparaison de données absolues et relatives, et l'analyse des tendances. Les procédures analytiques peuvent être utilisées lors de la prise de connaissance de l'entité et de son environnement, lors de la conception des contrôles de substance et lors de la revue finale des comptes. Lorsqu'elles détectent des fluctuations ou des éléments inhabituels, l'auditeur doit enquêter pour comprendre leur origine, posant des questions aux responsables de l'entreprise et recourant à d'autres procédures d'audit si nécessaire.

6.4 Les travaux de fin de mission

Les travaux de fin d'exercice incluent notamment l'examen des événements survenus après la clôture de l'exercice et la réception de lettres d'affirmation de la part de la direction. Ces travaux nécessitent également une revue de la documentation.

6.4.1 Les événements postérieurs à la clôture

Entre la date de clôture de l'exercice et la date d'approbation des comptes, l'auditeur doit être attentif aux événements qui pourraient nécessiter un ajustement comptable ou une communication à l'organe décisionnel concerné. Pour cela, il doit examiner les procès-verbaux des réunions tenues après la clôture de l'exercice, consulter les situations intermédiaires et les documents prévisionnels récents, se renseigner sur l'évolution des litiges et des procédures en cours, et demander à la direction de signaler tout événement postérieur significatif.

6.4.2 La lettre d'affirmation

La lettre d'affirmation est un document récapitulatif des déclarations importantes faites par les dirigeants ou le personnel de direction pendant la mission de l'auditeur. Elle complète les preuves recueillies et rappelle la responsabilité de la direction dans la préparation des comptes et des informations transmises à l'auditeur. Cependant, elle ne remplace pas l'examen des documents probants.

6.5 Établissement du rapport d'audit

Le rapport d'audit est l'outil par lequel l'auditeur communique son opinion sur les états financiers et autres documents publiés. Il conclut la mission d'audit et permet au public de comprendre les résultats de l'audit.

Section 02 : Transformation de l'audit dans le contexte numérique

Dans cette section cruciale, nous allons explorer en détail les différentes composantes de l'audit dans le contexte de l'intégration des systèmes d'intelligence artificielle (IA). Cette partie revêt une importance particulière car elle examine comment l'IA transforme fondamentalement les pratiques d'audit traditionnelles, influençant chaque étape du processus d'audit. Nous diviserons cette section en six sous-sections distinctes pour une analyse approfondie :

Planification : Nous aborderons les changements et les ajustements nécessaires dans le processus de planification de l'audit lors de l'intégration des systèmes d'IA.

Contrat : Cette sous-section se penchera sur les aspects contractuels liés à l'utilisation de l'IA dans l'audit, y compris les accords avec les fournisseurs de technologie.

Identification des facteurs de risque : Nous examinerons comment l'IA influence l'identification et l'évaluation des facteurs de risque dans le cadre de l'audit.

Évaluation des risques de contrôle : Cette partie se concentrera sur l'évaluation des risques de contrôle dans un environnement où l'IA est largement utilisée.

Tests substantiels : Nous explorerons comment les tests substantiels sont menés différemment dans un contexte d'audit intégrant l'IA.

Évaluation des preuves : Nous discuterons des changements dans l'évaluation des preuves découlant de l'utilisation de l'IA dans le processus d'audit.

Enfin, nous concluons cette section en comparant l'approche traditionnelle de l'audit avec l'approche basée sur les systèmes d'IA. Cette comparaison mettra en évidence les avantages, les défis et les différences entre les deux approches, soulignant ainsi l'impact significatif de l'IA sur la profession d'audit.

1. Les études empiriques

L'introduction de l'intelligence artificielle dans le domaine de l'audit entraînera une série de changements dans l'approche traditionnelle, promettant des améliorations substantielles tant sur le plan qualitatif que quantitatif de la profession d'audit. Ainsi, le tableau 1 met en lumière les différences entre l'utilisation d'une approche d'audit assistée par des systèmes d'IA et l'approche d'audit traditionnelle.

Tableau N°02 : Approche d'Audit Traditionnelle VS Approche d'Audit Soutenue par des Systèmes d'IA

Phase	Approche assistée des systèmes d'IA	Approche d'audit traditionnelle
Planification	Analyse de grandes quantités de données liées à la structure organisationnelle de l'entreprise et à son système comptable et financier.	L'auditeur recueille et analyse les informations relatives à la structure organisationnelle de l'entreprise et à son système comptable et financier.
Contracter	Suite à la phase précédente, le niveau de risque est estimé, ainsi que l'estimation des heures nécessaires pour travailler.	Une lettre d'engagement est préparée par l'auditeur, sur la base du risque d'audit estimé
Identification des facteurs de risque	Détection et analyse de modèles pour identifier les facteurs de risque.	L'auditeur regroupe les informations et utilise son jugement professionnel pour identifier les facteurs de risque.
Évaluation des risques de contrôle	Surveillance des contrôles en continu.	Examen des politiques et procédures CI du client. Testez les contrôles
Tests de fond	Réalisation de tests détaillés en continu et sur 100% de la population, effectués sur la situation financière (bilan) de l'entreprise. Plusieurs années économiques peuvent être analysées. Reconnaissance continue des formes.	Les tests de détail sont effectués par échantillonnage, leur nature, leur étendue et leur timing dépendant des tests IC. Ils ne s'étendent que sur une année économique. Des procédures analytiques sont effectuées

Évaluation des preuves	Cette phase est intégrée à la phase précédente.	L'auditeur évalue le caractère suffisant et la clarté des éléments probants recueillis en vue d'obtenir une assurance raisonnable sur la situation financière de l'entité
Rapport d'audit	Le rapport d'audit peut être continu plutôt que catégorisé (propre, nuancé, défavorable)	Sur la base des informations recueillies lors de la phase précédente, un avis sans réserve, avec réserve ou défavorable est émis.

Source : Issa, H., Sun, T., & Vasarhelyi, M. A. (2016)

L'application et l'adoption de technologies d'intelligence artificielle (IA) ont profondément transformé les pratiques et les opérations des grands cabinets d'audit tels que Deloitte, Ernst & Young (EY), KPMG et PricewaterhouseCoopers (PwC). Ces entreprises ont mis en œuvre une gamme impressionnante de solutions basées sur l'IA dans divers aspects de leurs activités, allant de l'audit et de la conformité fiscale à la gestion des risques et aux services consultatifs.

Chez Deloitte, par exemple, l'utilisation d'outils cognitifs tels que Argus et GRAPA révolutionne la manière dont les audits sont planifiés et exécutés. Argus, développé en partenariat avec Kira Systems, permet aux auditeurs de comparer les stratégies de risque avec une base de données exhaustive, tandis que GRAPA facilite l'analyse des risques en utilisant des milliers de cas comme référence. De plus, Deloitte explore activement l'utilisation de chatbots intelligents pour guider son personnel à travers les normes d'audit et de comptabilité, ainsi que d'autres technologies d'IA telles que la reconnaissance vocale pour surveiller et analyser les interactions vocales.

EY tire parti de technologies avancées telles que la lecture automatique, les drones pour l'observation des stocks, et la transformation des données non structurées en informations exploitables grâce à la compréhension du langage naturel (NLP). L'utilisation de la NLP permet à EY de traiter rapidement et efficacement les nouvelles réglementations en extrayant les informations pertinentes des contrats préexistants. De plus, EY a développé des outils comme EY Helix GL Anomaly Detector (GLAD) qui utilise des algorithmes pour détecter les écritures de journal frauduleuses.

KPMG, quant à lui, adopte une approche holistique de l'IA avec son concept KPMG Ignite, qui comprend une gamme de produits et de capacités d'IA intégrés. En collaboration avec des partenaires technologiques tels que Microsoft et IBM, KPMG déploie des solutions telles que l'évaluation dynamique des risques (DRA) pour détecter, relier et décrire les risques en quatre dimensions. De plus, KPMG a développé des outils d'automatisation fiscale tels que Tax Service et K-analyzer pour optimiser les processus de déclaration fiscale et d'analyse des transactions.

PwC s'appuie sur la technologie RPA pour automatiser les processus comptables et fiscaux, en utilisant des robots tels que GL.ai et Cash.ai pour effectuer des tâches telles que les audits de trésorerie et la génération de rapports automatisés. De plus, PwC exploite la génération de langage naturel (NLG) pour produire des récits automatisés pour les rapports anti-corruption et anti-corruption, ainsi que pour analyser les journaux comptables à l'aide de technologies avancées comme Halo.

En résumé, l'application de technologies d'IA par les grands cabinets d'audit révolutionne la profession en permettant des audits plus efficaces, précis et basés sur les données. Ces entreprises continuent d'innover et de développer de nouvelles solutions d'IA pour répondre aux défis complexes et en constante évolution du marché de l'audit et de la consultation.

2. Planification augmentée par l'IA

L'introduction de l'intelligence artificielle (IA) dans la phase de planification de l'audit a révolutionné la manière dont les cabinets d'audit abordent cette étape critique du processus d'audit. Les recherches menées par Smith et Johnson (2023) ont jeté les bases en explorant les effets de l'IA sur la qualité de l'information comptable et l'efficacité de l'audit, posant ainsi des hypothèses clés sur les avantages attendus de cette technologie. Ces études soulignent l'importance de comprendre comment l'IA peut transformer la profession d'audit, tant en termes de processus que de résultats.

Les exemples de mise en œuvre de l'IA dans les pratiques d'audit des grands cabinets tels que Deloitte, Ernst & Young (EY), KPMG et PricewaterhouseCoopers (PwC) offrent un aperçu concret des innovations apportées par cette technologie. Par exemple, Deloitte a introduit des outils comme Argus et GRAPA, qui utilisent des algorithmes d'IA pour améliorer la comparaison des stratégies de risque et optimiser l'efficacité des audits. De même, EY a repoussé les limites de l'audit en utilisant des drones pour effectuer des observations de stocks, permettant ainsi une collecte de données en temps réel et une analyse plus approfondie. KPMG a développé le Dynamic Risk Assessment (DRA), une plateforme qui utilise l'IA pour détecter, lier et présenter les risques dans quatre dimensions, offrant ainsi aux auditeurs une vue plus complète des risques potentiels.

Les initiatives de PwC illustrent également l'impact de l'IA sur la planification de l'audit. En automatisant les processus de collecte de données et en utilisant des outils basés sur la génération de langage naturel, PwC a permis aux auditeurs de consacrer plus de temps à des analyses de données complexes et à des tâches à forte valeur ajoutée. Cette approche non seulement améliore l'efficacité des audits, mais également la qualité des conclusions tirées, en permettant aux auditeurs de détecter des tendances et des anomalies subtiles qui pourraient autrement passer inaperçues.

En résumé, l'intégration de l'IA dans la phase de planification de l'audit a révolutionné la profession en permettant aux cabinets d'audit d'adopter une approche plus proactive et efficace. En exploitant les capacités de l'apprentissage automatique, de la vision par ordinateur et du traitement du langage naturel, les auditeurs peuvent réaliser des audits plus approfondis et plus précis tout en optimisant l'utilisation des ressources. Cependant, pour tirer pleinement parti des avantages de l'IA, il est impératif que les auditeurs continuent à développer leurs compétences et à s'adapter aux évolutions technologiques rapides dans ce domaine en constante évolution.

2.1 Intégration de l'IA dans la Phase de Planification de l'Audit :

L'adoption de l'intelligence artificielle (IA) dans la phase de planification de l'audit a révolutionné la manière dont les auditeurs abordent la gestion des risques, la sélection des échantillons et la conception des procédures d'audit. Cette intégration de l'IA permet aux cabinets d'audit d'exploiter pleinement les avantages de cette technologie avancée pour améliorer l'efficacité et la qualité des audits.

Tout d'abord, dans la gestion des risques, l'IA est utilisée pour identifier et évaluer les risques potentiels auxquels une entreprise est exposée. Les algorithmes d'apprentissage automatique analysent de vastes ensembles de données financières et opérationnelles pour détecter des modèles et des tendances, aidant ainsi les auditeurs à cibler efficacement leurs efforts sur les domaines à risque plus élevé. Par exemple, des outils comme le Dynamic Risk Assessment (DRA) développé par KPMG utilisent l'IA pour surveiller en temps réel les risques émergents et fournir des recommandations pour une gestion proactive des risques.

Ensuite, dans la sélection des échantillons, l'IA permet une approche plus stratégique en identifiant les transactions ou les éléments à risque élevé pour une analyse approfondie. Plutôt que de recourir à des échantillonnages aléatoires, les auditeurs peuvent utiliser des algorithmes pour sélectionner des échantillons représentatifs qui maximisent la probabilité de détection des erreurs ou des fraudes potentielles. Cette approche basée sur les données permet une utilisation plus efficace des ressources d'audit et une couverture plus complète des risques.

Enfin, dans la conception des procédures d'audit, l'IA permet d'automatiser certaines tâches répétitives et de fournir des recommandations pour des approches d'audit plus efficaces. Par exemple, des outils d'analyse de données avancées peuvent être utilisés pour identifier des anomalies dans les transactions ou les tendances financières, ce qui oriente les auditeurs vers des domaines nécessitant une attention particulière. De plus, l'utilisation de techniques telles que le traitement du langage naturel permet aux auditeurs d'interagir avec les données de manière plus intuitive, en facilitant la compréhension des résultats et des conclusions.

En conclusion, l'intégration de l'IA dans la phase de planification de l'audit offre de nombreux avantages en matière de gestion des risques, de sélection des échantillons et de conception des procédures d'audit. En exploitant les capacités de l'IA pour analyser de vastes ensembles de données, automatiser les tâches répétitives et fournir des insights approfondis, les auditeurs peuvent réaliser des audits plus efficaces et plus précis. Cependant, pour tirer pleinement parti de ces avantages, il est essentiel que les auditeurs continuent à développer leurs compétences en matière d'IA et à adapter leurs méthodes de travail aux évolutions technologiques rapides dans ce domaine en constante évolution.

2.2 Comparaison entre la planification assistée par l'IA et la planification traditionnelle

2.2.1 Approche Assistée par l'IA

L'audit assisté par l'IA révolutionne la phase de planification en exploitant la puissance des technologies d'intelligence artificielle pour analyser de vastes ensembles de données. Les systèmes d'IA sont capables de traiter rapidement et efficacement des données complexes et hétérogènes provenant de multiples sources, telles que les systèmes de gestion d'entreprise, les bases de données financières et les rapports d'activité. Cette capacité à analyser de grandes quantités de données permet aux auditeurs de détecter des tendances, des corrélations et des anomalies qui pourraient ne pas être apparentes lors d'une analyse manuelle.

Par exemple, dans la phase de planification, les systèmes d'IA peuvent être utilisés pour examiner en détail la structure organisationnelle de l'entreprise, identifier les relations entre les différentes entités commerciales, et évaluer les risques potentiels associés à chaque aspect de l'activité. Les algorithmes d'apprentissage automatique peuvent être formés pour reconnaître des schémas spécifiques de transactions suspectes ou des comportements non conformes, fournissant ainsi aux auditeurs des informations précieuses pour cibler leurs efforts d'audit.

De plus, l'IA peut également être utilisée pour optimiser la sélection des échantillons à auditer. Plutôt que de recourir à des échantillonnages aléatoires ou basés sur des critères arbitraires,

les systèmes d'IA peuvent identifier de manière intelligente les transactions ou les éléments à risque élevé pour une analyse plus approfondie. Cela permet aux auditeurs de maximiser l'efficacité de leurs procédures d'audit en se concentrant sur les domaines présentant les plus grands risques d'erreur ou de fraude.

En résumé, l'approche assistée par l'IA transforme la phase de planification de l'audit en permettant aux auditeurs d'exploiter pleinement la puissance de l'analyse de données avancée. En analysant de vastes ensembles de données de manière rapide et précise, les systèmes d'IA fournissent aux auditeurs des informations approfondies et pertinentes qui les aident à mieux comprendre l'entreprise auditée et à cibler efficacement leurs efforts d'audit.

2-2-2 Approche Traditionnelle

En revanche, dans l'approche traditionnelle de l'audit, la phase de planification repose principalement sur les compétences et l'expérience des auditeurs humains. Les auditeurs collectent et analysent manuellement les informations relatives à la structure organisationnelle de l'entreprise, aux transactions financières et aux contrôles internes. Cette approche peut être laborieuse et sujette à des erreurs humaines, en particulier lorsqu'il s'agit de traiter de grandes quantités de données ou de repérer des tendances subtiles.

Dans la planification traditionnelle de l'audit, les auditeurs peuvent se baser sur des méthodes éprouvées et des checklists pour identifier les domaines à risque élevé et élaborer un plan d'audit. Cependant, cette approche peut être limitée par la capacité des auditeurs à gérer de grandes quantités de données et à identifier des modèles ou des anomalies significatifs. De plus, les audits traditionnels peuvent être plus sujets à des biais humains et à des jugements subjectifs, ce qui peut affecter la qualité et la fiabilité des conclusions d'audit.

En conclusion, bien que l'approche traditionnelle de l'audit repose sur l'expertise et l'expérience des auditeurs humains, elle peut être limitée dans sa capacité à gérer de grandes quantités de données et à détecter des anomalies subtiles. En revanche, l'approche assistée par l'IA offre une analyse de données avancée et une identification intelligente des risques, permettant ainsi aux auditeurs de réaliser des audits plus efficaces et plus précis.

3. Contrat intelligent et automatisation des processus

L'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine de l'audit soulève des questions contractuelles importantes, tant au niveau des relations entre les cabinets d'audit et leurs clients qu'entre les cabinets et les fournisseurs de technologies. Dans cette sous-section, nous

examinerons les différents aspects contractuels liés à l'intégration de l'IA dans l'audit, en mettant en lumière les principaux points à considérer et les meilleures pratiques à suivre.

3.1 Relations avec les clients :

L'introduction de l'IA dans les processus d'audit peut nécessiter des ajustements dans les contrats conclus entre les cabinets d'audit et leurs clients. Il est essentiel que ces contrats définissent clairement les responsabilités et les attentes de chaque partie en ce qui concerne l'utilisation de l'IA. Les points clés à inclure dans ces contrats peuvent inclure :

- **La clarification des rôles et responsabilités :** Les contrats doivent préciser comment l'IA sera utilisée dans le cadre de l'audit et définir les responsabilités de chaque partie en matière de collecte, traitement et utilisation des données.
- **Garanties de confidentialité et de sécurité :** Les contrats doivent garantir la confidentialité et la sécurité des données utilisées dans le cadre de l'audit, en spécifiant les mesures de protection des données mises en place par le cabinet d'audit.
- **Définition des résultats attendus :** Les contrats doivent définir clairement les résultats attendus de l'utilisation de l'IA dans l'audit, en précisant les objectifs à atteindre et les critères de performance à respecter.

3.2 Accords avec les fournisseurs de technologie :

Les cabinets d'audit doivent également conclure des accords contractuels avec les fournisseurs de technologies pour garantir un accès et une utilisation appropriés des outils d'IA. Ces accords peuvent inclure :

- **Licence d'utilisation :** Les contrats avec les fournisseurs de technologies doivent préciser les termes de la licence d'utilisation des logiciels et des outils d'IA, y compris les restrictions d'utilisation et les modalités de renouvellement.
- **Support technique et maintenance :** Les contrats doivent définir les niveaux de support technique et de maintenance fournis par le fournisseur de technologie, ainsi que les procédures à suivre en cas de problèmes techniques.
- **Garanties et responsabilités :** Les contrats doivent inclure des garanties concernant la qualité et la fiabilité des technologies fournies, ainsi que les responsabilités en cas de défaut ou de dysfonctionnement.

En conclusion, la mise en œuvre de l'IA dans l'audit nécessite une attention particulière aux aspects contractuels pour garantir une utilisation efficace et sécurisée de cette technologie. En établissant des contrats clairs et détaillés avec les clients et les fournisseurs de technologie, les

cabinets d'audit peuvent minimiser les risques juridiques et opérationnels associés à l'intégration de l'IA dans leurs pratiques d'audit.

4. Identification des facteurs de risque grâce à l'IA

L'identification des facteurs de risque est une étape cruciale dans le processus d'audit et de gestion des risques. Cette phase consiste à repérer les éléments susceptibles de compromettre les objectifs d'une entreprise ou d'un projet. L'intégration de technologies d'intelligence artificielle (IA) dans ce processus a considérablement enrichi les méthodes traditionnelles d'identification des risques.

Grâce à l'IA, les auditeurs disposent désormais de puissants outils analytiques capables de traiter d'énormes volumes de données de manière efficace et précise. Ces outils exploitent des algorithmes sophistiqués d'apprentissage automatique et de traitement du langage naturel pour identifier des modèles, des tendances et des anomalies qui pourraient indiquer des risques potentiels. Par exemple, ils peuvent détecter des fluctuations inhabituelles dans les performances financières, des schémas de transaction atypiques ou des changements significatifs dans l'environnement commercial d'une entreprise.

De plus, l'IA permet une analyse proactive des risques en surveillant en temps réel les données financières, opérationnelles et externes. Les auditeurs peuvent ainsi anticiper les risques émergents et prendre des mesures préventives pour les atténuer.

L'IA améliore également la précision de l'identification des risques en réduisant les biais humains et en fournissant des analyses basées sur des données objectives. Les algorithmes d'apprentissage automatique peuvent évaluer la probabilité et l'impact des risques identifiés, aidant ainsi les auditeurs à prioriser leurs efforts et à concentrer leurs ressources sur les domaines présentant les risques les plus significatifs.

En résumé, l'intégration de l'IA dans l'identification des facteurs de risque renforce la capacité des auditeurs à anticiper, évaluer et atténuer les risques potentiels. En exploitant les capacités avancées de traitement des données et d'analyse des algorithmes d'apprentissage automatique, l'IA contribue à améliorer la qualité et la pertinence des processus d'audit et de gestion des risques.

5. Évaluation des risques de contrôle assistée par l'IA

Dans le domaine de l'audit légal, l'intégration de l'intelligence artificielle (IA) révolutionne fondamentalement la façon dont les auditeurs évaluent les risques, détectent les fraudes, et

améliorent la conformité réglementaire. L'IA offre des capacités avancées d'analyse des données, permettant aux auditeurs de traiter de vastes ensembles d'informations financières et opérationnelles avec une précision et une efficacité accrue. En utilisant des algorithmes d'apprentissage automatique, les auditeurs peuvent identifier des modèles, des tendances et des anomalies dans les données, ce qui éclaire leur compréhension des risques potentiels pour les entreprises. De plus, l'IA permet une surveillance en temps réel des données, offrant ainsi une détection proactive des risques émergents. Cette capacité à anticiper les problèmes potentiels permet aux auditeurs d'intervenir rapidement pour atténuer les risques avant qu'ils ne deviennent critiques.

5.1 Analyse avancée des données

L'utilisation de l'IA permet une analyse approfondie et rapide des données financières et opérationnelles. Les algorithmes d'apprentissage automatique peuvent détecter des modèles, des tendances et des anomalies dans les données, fournissant ainsi une meilleure compréhension des facteurs de risque. Par exemple, dans l'audit légal, les auditeurs peuvent utiliser des techniques d'IA pour analyser de grands ensembles de données financières et détecter des schémas inhabituels ou des transactions suspectes qui pourraient indiquer des irrégularités financières ou des fraudes.

5.2 Identification proactive des risques

L'IA permet la surveillance en temps réel des données, ce qui permet une détection proactive des risques émergents. Les systèmes d'IA peuvent alerter les auditeurs lorsqu'ils identifient des tendances ou des anomalies inhabituelles dans les données financières d'une entreprise, ce qui permet aux auditeurs d'intervenir rapidement pour enquêter sur les problèmes potentiels. Par exemple, si un modèle d'IA détecte une augmentation soudaine des transactions suspectes dans les comptes d'une entreprise, les auditeurs peuvent enquêter immédiatement pour déterminer s'il s'agit d'une fraude potentielle.

5.3 Évaluation plus précise des risques

L'IA aide à évaluer la probabilité et l'impact des risques identifiés en utilisant des modèles statistiques et des simulations avancées. Dans le contexte de l'audit légal, les auditeurs peuvent utiliser des techniques d'IA pour évaluer le risque de fraude, de non-conformité réglementaire ou d'erreurs dans les états financiers d'une entreprise. Par exemple, les modèles d'IA peuvent estimer la probabilité qu'une entreprise commette une fraude en analysant des indicateurs tels que les transactions inhabituelles, les changements dans les politiques comptables ou les antécédents de non-conformité réglementaire.

5.4 Réduction des biais humains

En automatisant une partie du processus d'évaluation des risques, l'IA contribue à réduire les biais humains et les jugements subjectifs. Les décisions sont prises sur la base de données objectives et de modèles analytiques, ce qui renforce la crédibilité et la fiabilité de l'évaluation des risques. Dans l'audit légal, cela signifie que les auditeurs peuvent prendre des décisions basées sur des preuves objectives fournies par les systèmes d'IA, plutôt que sur des opinions personnelles ou des intuitions subjectives.

5.5 Optimisation des procédures d'audit

En identifiant de manière plus précise les zones à risque élevé, l'IA permet une conception plus efficace des procédures d'audit. Les auditeurs peuvent concentrer leurs efforts sur les domaines présentant les risques les plus significatifs, ce qui améliore l'efficacité globale de l'audit légal. Par exemple, les systèmes d'IA peuvent recommander des tests spécifiques à effectuer lors de l'audit d'une entreprise en fonction des risques identifiés, ce qui permet aux auditeurs d'optimiser leur utilisation des ressources et de maximiser l'efficacité de l'audit.

5.6 Détection des fraudes et des irrégularités

L'intelligence artificielle peut jouer un rôle crucial dans la détection des fraudes et des irrégularités lors de l'audit légal. En utilisant des techniques avancées telles que l'apprentissage automatique et l'analyse de texte, les systèmes d'IA peuvent analyser de grandes quantités de données non structurées, telles que des e-mails, des contrats et des documents financiers, pour repérer des indicateurs de fraude potentiels. Par exemple, les algorithmes d'IA peuvent détecter des schémas de comportement inhabituels chez les employés, des transactions suspectes ou des anomalies dans les documents comptables, ce qui peut alerter les auditeurs sur la possibilité de fraude ou d'irrégularités.

5.7 Automatisation des tâches répétitives

L'IA permet également d'automatiser de nombreuses tâches répétitives et chronophages dans le processus d'audit légal. Cela libère du temps pour les auditeurs afin qu'ils puissent se concentrer sur des activités à plus forte valeur ajoutée, telles que l'analyse des risques, la communication avec les clients et la prise de décisions stratégiques. Par exemple, les systèmes d'IA peuvent automatiser la collecte et la vérification des informations financières, la préparation des rapports d'audit et même la communication avec les parties prenantes.

5.8 Amélioration de la conformité réglementaire

L'IA peut aider les entreprises à améliorer leur conformité aux réglementations et normes comptables en vigueur. Les systèmes d'IA peuvent surveiller en temps réel les transactions financières et les pratiques comptables d'une entreprise pour s'assurer qu'elles respectent les normes réglementaires. De plus, l'IA peut faciliter la documentation et la traçabilité des processus d'audit, ce qui est essentiel pour démontrer la conformité aux exigences réglementaires.

5.9 Prédiction des risques futurs

En utilisant des techniques de modélisation prédictive, l'IA peut aider les auditeurs à anticiper les risques futurs et à prendre des mesures préventives pour les atténuer. Par exemple, les algorithmes d'IA peuvent analyser les tendances historiques des données financières d'une entreprise pour identifier les signaux d'alerte précoces de problèmes potentiels, tels que des baisses de rentabilité, des fluctuations importantes dans les flux de trésorerie ou des changements dans la dynamique du marché.

5.10 Amélioration continue du processus d'audit

En recueillant des données sur les résultats des audits précédents et en les utilisant pour entraîner des modèles d'IA, les entreprises peuvent améliorer continuellement leur processus d'audit légal. L'IA peut aider à identifier les domaines où des améliorations sont nécessaires, à optimiser les procédures d'audit et à renforcer les contrôles internes pour réduire les risques futurs. En fin de compte, cela conduit à des audits plus efficaces et plus fiables, qui fournissent une valeur accrue aux parties prenantes de l'entreprise.

6. Tests substantiels automatisés par l'IA

Dans un audit intégrant l'IA, les tests substantiels sont enrichis par l'utilisation de technologies avancées pour l'analyse des données. Plutôt que de se limiter à des échantillonnages aléatoires ou à des tests manuels sur des portions limitées des données, les auditeurs peuvent exploiter les capacités de l'IA pour examiner l'ensemble des données financières et opérationnelles disponibles. Les algorithmes d'apprentissage automatique peuvent identifier des schémas, des tendances et des anomalies dans les données qui pourraient indiquer des risques potentiels ou des irrégularités. Par exemple, les modèles d'IA peuvent détecter des fluctuations inhabituelles dans les tendances financières, des schémas de transactions atypiques, ou des anomalies dans les ratios financiers. Cette capacité à analyser de vastes ensembles de

données permet aux auditeurs de comprendre plus en profondeur le fonctionnement de l'entreprise auditée et d'identifier les zones de risque potentiel.

De plus, l'IA permet d'adapter les tests substantiels en fonction des risques identifiés. Plutôt que de suivre des procédures d'audit standardisées, les auditeurs peuvent utiliser les résultats des analyses réalisées par les systèmes d'IA pour concentrer leurs efforts sur les domaines où les risques sont les plus élevés. Cela permet d'optimiser l'allocation des ressources et d'augmenter l'efficacité de l'audit. Par exemple, si l'analyse des données révèle des anomalies dans les comptes clients, les auditeurs peuvent décider de mener des tests supplémentaires dans ce domaine spécifique pour identifier d'éventuelles irrégularités ou fraudes.

7. Évaluation des preuves renforcée par l'IA

L'introduction de l'IA dans le processus d'audit entraîne une évolution significative dans la manière dont les preuves sont évaluées. Traditionnellement, les auditeurs se basaient sur des preuves tangibles telles que des documents financiers, des relevés bancaires et des confirmations écrites. Cependant, l'IA ouvre de nouvelles possibilités en permettant l'analyse de données non structurées telles que des e-mails, des contrats et des communications électroniques. Les systèmes d'IA peuvent extraire des informations pertinentes à partir de ces sources de données, permettant aux auditeurs d'obtenir une vision plus complète et précise des activités de l'entreprise.

De plus, l'utilisation de l'IA facilite l'analyse de grandes quantités de données en peu de temps, ce qui permet aux auditeurs de réaliser des évaluations plus approfondies et plus rapides. Par exemple, les algorithmes d'IA peuvent être utilisés pour analyser les tendances dans les communications électroniques des employés afin de détecter des signes de collusion ou de comportements frauduleux. De cette manière, l'IA complète les méthodes traditionnelles d'évaluation des preuves en fournissant des insights supplémentaires et en permettant une évaluation plus approfondie des risques potentiels.

Conclusion du chapitre II

À l'ère de la numérisation, le domaine de l'audit financier est en pleine transformation, exigeant une adaptation continue aux nouvelles technologies et aux évolutions réglementaires. Ce chapitre a visé à fournir un cadre théorique complet pour comprendre ces transformations, en mettant en lumière les fondements, les approches, et l'impact des technologies modernes sur la pratique de l'audit.

Évolution de l'Audit Financier

Historiquement, l'audit financier s'est développé pour répondre aux besoins croissants de transparence et de fiabilité des informations financières. Depuis ses origines, marquées par des pratiques manuelles et des procédures basées sur des échantillons, jusqu'à l'intégration des technologies numériques, l'audit a constamment évolué pour s'adapter aux exigences du marché et aux avancées technologiques.

Les différentes périodes de l'évolution des normes d'audit montrent une progression vers une standardisation et une régulation accrue, facilitant une plus grande comparabilité et confiance dans les rapports financiers. Cette évolution historique est essentielle pour comprendre le rôle central de l'audit dans l'économie moderne et la manière dont il s'est adapté aux innovations technologiques.

Numérisation et Audit Financier

La numérisation a introduit de nouveaux outils et méthodologies dans le domaine de l'audit. Les systèmes informatiques, les logiciels de gestion de données, et plus récemment, l'intelligence artificielle (IA), ont transformé les pratiques traditionnelles. Ces technologies permettent une analyse plus approfondie et plus rapide des données financières, améliorant ainsi la précision et l'efficacité des audits.

Démarche d'Audit Financier à l'Ère Numérique

La démarche d'audit financier suit une série d'étapes clés, chacune influencée par les technologies numériques. De l'acceptation de la mission à la rédaction du rapport d'audit, chaque phase bénéficie des avancées technologiques. Par exemple, l'évaluation des risques et la planification peuvent désormais s'appuyer sur des outils d'analyse de données avancés, permettant une identification plus précise des risques potentiels et une meilleure planification des ressources.

Impact de l'Intelligence Artificielle (IA)

L'intégration de l'IA dans l'audit financier représente une avancée majeure. Les algorithmes d'apprentissage automatique et les technologies de traitement du langage naturel permettent de

traiter de grandes quantités de données rapidement et avec une grande précision. L'IA facilite la détection des anomalies, l'identification des fraudes, et l'évaluation continue des contrôles internes. En réduisant les biais humains et en fournissant des analyses basées sur des données objectives, l'IA améliore la qualité des audits et renforce la confiance des parties prenantes dans les informations financières.

En conclusion, l'audit financier à l'ère de la numérisation est marqué par une transformation profonde, nécessitant une adaptation continue aux nouvelles technologies et aux exigences réglementaires. L'évolution historique de l'audit, l'intégration des technologies numériques, et l'impact de l'IA montrent une profession en constante évolution, prête à relever les défis du futur tout en saisissant les opportunités offertes par les innovations technologiques.

Cette transformation n'est pas seulement technique, mais également conceptuelle, car elle redéfinit les rôles et les responsabilités des auditeurs, la manière dont les audits sont planifiés et exécutés, et la nature même des preuves et des conclusions d'audit. En embrassant ces changements, les professionnels de l'audit peuvent non seulement améliorer la qualité et la pertinence de leurs travaux, mais aussi renforcer la confiance du public dans les marchés financiers et promouvoir une culture d'intégrité et de transparence dans la communication des informations financières.

CHAPITRE III :
Analyse
économétrique de
l'impact de
l'Intelligence
Artificielle sur l'Audit
Financier

Introduction du chapitre III

Ce chapitre est dédié à l'analyse approfondie des résultats de notre étude sur l'impact de l'intelligence artificielle (IA) sur l'audit financier. Nous examinerons les données recueillies à partir du questionnaire, ainsi que les analyses statistiques effectuées pour évaluer les relations entre les variables étudiées. Cette analyse nous permettra de répondre à nos objectifs de recherche et de tirer des conclusions significatives sur l'adoption et l'efficacité de l'IA dans le domaine de l'audit

Section 01 : Démarche méthodologique

Cette section offre un cadre méthodologique clair pour comprendre le déroulement et les étapes de cette étude. Elle commence par une présentation détaillée du lieu de stage, en mettant l'accent sur la Société Nationale d'Assurance (SAA), puis elle aborde la méthodologie utilisée pour mener l'étude. Cela inclut la sélection de l'échantillon, la collecte et l'analyse des données, ainsi que les tests statistiques employés pour valider les résultats. En offrant une vue d'ensemble sur le contexte et la rigueur méthodologique de l'étude, cette section établit une base solide pour les analyses ultérieures.

1. Présentation du lieu de stage

1.1 Aperçu général sur la SAA

La Société Nationale d'Assurance (SAA) est une entreprise publique économique, agréée pour pratiquer l'ensemble des branches d'assurance. Depuis sa création en 1963, la SAA s'est imposée comme le leader incontesté du secteur des assurances en Algérie. Avec plus de 3000 collaborateurs et un réseau dense de plus de 530 points de vente répartis à travers tout le territoire national, la SAA s'efforce de répondre aux besoins de plus de 2 millions de clients. Forte de plus de 60 ans de succès, elle continue de perpétuer des valeurs fondamentales telles que le savoir-faire, la responsabilité, le leadership et le respect des engagements.

La SAA voit le jour en tant que compagnie d'assurance généraliste sous forme de société mixte algéro-égyptienne (61% pour l'Algérie et 39% pour l'Égypte). Le premier point de vente ouvre ses portes à Alger-Centre sous l'enseigne "SAA Assurances". En 1966, la SAA devient 100% algérienne par ordonnance N° 66-127, suite à l'institution du monopole de l'État sur les opérations d'assurance. Cette transition marque une étape cruciale dans l'histoire de la SAA, consolidant son statut d'entité nationale de premier plan.

En 1976, la SAA se spécialise dans l'assurance des risques simples, développant des offres adaptées aux particuliers, aux professionnels, aux collectivités et aux institutions. Cette stratégie permet à la SAA de renforcer son positionnement sur le marché et d'élargir son portefeuille de produits. En 2014, la société opère une réorientation stratégique majeure en se diversifiant davantage et en augmentant son capital social à 30 milliards de DA (275 millions de USD). Cette diversification, couplée à des indicateurs de performance élevés, affirme la SAA comme un acteur clé du secteur des assurances.

Malgré les défis posés par la crise pandémique, la SAA démontre une résilience remarquable et maintien des résultats à la hauteur de ses ambitions stratégiques. Entre 2020 et 2022, la SAA augmente son capital social à 35 milliards DA, une décision qui illustre sa solidité financière et réaffirme sa position de leader sur le marché. Cet investissement stratégique marque également la célébration de ses 60 ans d'existence, témoignant de décennies de succès continu.

1.2 Les Valeurs de la SAA

- **Écoute Client** : La SAA met un point d'honneur à être à l'écoute de ses clients pour mieux comprendre leurs attentes. Cette approche client-centric permet à l'entreprise de développer des solutions d'assurance sur mesure, répondant de manière précise aux besoins diversifiés de sa clientèle.
- **Engagement** : L'engagement est une valeur fondamentale de la SAA. Honorer les engagements pris envers les clients et les partenaires est au cœur de toutes les actions et décisions quotidiennes. Cet engagement se traduit par une fiabilité et une constance dans la prestation des services d'assurance.
- **Excellence** : La quête de l'excellence est un moteur constant pour la SAA. Viser l'excellence permet à l'entreprise d'améliorer continuellement ses performances et de se démarquer dans un marché compétitif. La qualité des services offerts et la satisfaction des clients sont les résultats tangibles de cette aspiration à l'excellence.
- **Innovation** : L'innovation est perçue comme un véritable levier de développement par la SAA. En investissant dans des solutions innovantes, la SAA se positionne à l'avant-garde du secteur des assurances, offrant à ses clients des produits et services modernes et adaptés aux évolutions du marché.
- **Transparence** : La transparence est une valeur clé dans les relations que la SAA entretient avec ses clients, partenaires et collaborateurs. Cette transparence se manifeste par une communication ouverte et sincère, assurant une confiance mutuelle et durable.

1.3 Leadership National de l'Assurance

- Un Réseau National Étendu

Avec plus de 530 points de vente à travers le territoire national, la SAA dispose du réseau le plus dense du pays. Cette présence étendue permet à l'entreprise de servir efficacement ses clients où qu'ils se trouvent, offrant une accessibilité inégalée à ses services d'assurance.

- Des Experts à l'Écoute

La SAA bénéficie d'une équipe de plus de 3000 collaborateurs, tous experts dans leurs domaines respectifs. Ces professionnels sont à l'écoute des besoins des clients, fournissant des conseils avisés et des solutions adaptées. Le savoir-faire et l'expertise de ces collaborateurs sont des atouts majeurs qui contribuent à la réputation de la SAA.

- Une Gamme Complète de Solutions

La SAA propose une gamme complète de solutions couvrant l'ensemble des risques auxquels ses clients peuvent être exposés. Que ce soit pour des assurances automobiles, habitations, santé, vie ou professionnelles, la SAA dispose de produits diversifiés et adaptés aux besoins spécifiques de chaque segment de clientèle.

Performance et Innovation

- Indicateurs de Performance

Les indicateurs de performance de la SAA sont parmi les plus élevés du marché. Cette excellence se traduit par une croissance continue de son portefeuille et une gestion optimale des engagements. La solidité financière de l'entreprise est un gage de sécurité pour ses clients et partenaires.

- Stratégie d'Innovation

L'innovation est au cœur de la stratégie de la SAA. L'entreprise investit continuellement dans des technologies de pointe et des processus innovants pour améliorer ses services et développer de nouveaux produits. Cette orientation vers l'innovation permet à la SAA de rester compétitive et de répondre aux attentes changeantes de ses clients.

- Transformation Digitale

La SAA a également entrepris une transformation digitale pour moderniser ses opérations et améliorer l'expérience client. Cette transformation inclut l'intégration de plateformes numériques, facilitant l'accès aux services d'assurance et permettant une gestion plus efficace des contrats et des sinistres.

En conclusion, la Société Nationale d'Assurance (SAA) est bien plus qu'un simple assureur. Avec plus de 60 ans de succès, elle est le leader incontesté du secteur des assurances en Algérie,

offrant des solutions complètes et adaptées à une clientèle diversifiée. Son réseau étendu, son engagement envers l'excellence, et sa capacité à innover font de la SAA une entreprise résiliente et tournée vers l'avenir. Les valeurs de la SAA, profondément enracinées dans la culture algérienne, continuent de guider ses actions et de renforcer la confiance de ses clients et partenaires.

2. Méthodologie de l'étude

L'intelligence artificielle (IA) transforme de nombreux secteurs, y compris l'audit comptable et financier. Ces technologies promettent d'améliorer la précision, l'efficacité et la sécurité des processus d'audit. Cependant, leur adoption suscite également des questions sur la confidentialité des données, l'éthique et la responsabilité. Cette étude vise à explorer les perceptions des professionnels de l'audit en Algérie concernant l'impact de l'IA sur leur travail, à travers un questionnaire détaillé.

2.1 Présentation de l'échantillon

La sélection de l'échantillon d'étude appropriée est une étape cruciale pour garantir la validité et la généralisabilité des résultats de la recherche. Dans le cas de notre étude sur l'influence de l'Intelligence Artificielle (IA) sur l'audit, notre échantillon d'étude comprendrait les experts-comptables algériens, les commissaires aux comptes, les auditeurs financiers, ainsi que d'autres parties prenantes pertinentes telles que les anciens directeurs de cabinets d'audit, et autres acteurs impliqués dans les processus d'audit et de vérification financière en Algérie. Cette population représente un échantillon diversifié et représentatif des professionnels de l'audit financier, dont les perspectives et les expériences seront essentielles pour évaluer l'impact de l'IA sur leurs pratiques et leurs métiers.

2.2 Présentation des données

La construction du questionnaire utilisé dans cette étude s'est largement inspirée de la diversité des sources de données secondaires examinées dans la première partie, notamment les références nationales et internationales pertinentes, les revues spécialisées, les articles académiques, les rapports de recherche, ainsi que les études antérieures sur des sujets similaires. De plus, une attention particulière a été portée aux ressources électroniques disponibles sur Internet et aux bases de données spécialisées, dans le but de capter une perspective exhaustive des avancées récentes dans le domaine de l'intelligence artificielle et de l'audit financier. Cette approche a permis

d'élaborer un questionnaire qui intègre les enseignements et les tendances identifiés dans la littérature existante, offrant ainsi une méthodologie de recherche solide et éclairée.

2.3 Présentation du questionnaire

L'objectif principal de ce questionnaire est de comprendre comment les professionnels de l'audit perçoivent les technologies d'IA et leur impact sur divers aspects de leur travail, notamment la simplification des vérifications financières, l'amélioration de l'efficacité, la formation aux nouvelles technologies et les questions éthiques. Cette étude se propose également d'identifier les domaines nécessitant des améliorations pour une adoption optimale de l'IA.

On a développé un questionnaire en tant qu'outil d'étude de manière à ce qu'il soit compatible avec les variables de l'étude en s'appuyant sur les études précédentes liées au sujet de l'étude. Le questionnaire se compose des parties suivantes :

- **Données démographiques :** Cette partie du questionnaire recueille des informations de base sur les répondants, y compris leur sexe, âge, profession et expérience professionnelle. Ces données sont essentielles pour comprendre le profil démographique des participants et pour analyser comment ces variables peuvent influencer leurs réponses sur l'impact des technologies de l'intelligence artificielle sur l'audit comptable et financier.
- **Connaissances de base en Intelligence Artificielle :** Les affirmations de cet axe visent à évaluer la compréhension des participants sur les principes fondamentaux de l'intelligence artificielle. Elles portent sur la capacité des machines à simuler des activités intellectuelles, l'apprentissage machine, et la priorité des processus de pensée et de raisonnement par rapport au comportement. Cette évaluation est cruciale pour déterminer le niveau de familiarité des participants avec l'IA, ce qui peut affecter leur perception de son utilisation dans les audits financiers.
- **Confidentialité et efficacité de l'IA dans les audits financiers :** cet axe explore l'impact des technologies d'IA sur la confidentialité et l'efficacité des audits financiers. Les affirmations se concentrent sur l'amélioration de la précision de l'identification des risques, l'efficacité des processus d'échantillonnage, et la contribution des algorithmes d'IA à l'analyse des données financières. L'objectif est de mesurer dans quelle mesure l'IA a amélioré les pratiques d'audit en termes de sécurité des informations et d'efficacité opérationnelle.

- **Simplification et automatisation des vérifications financières grâce à l'IA :** Les affirmations de cette partie examinent comment les outils d'intelligence artificielle ont simplifié et automatisé les processus de vérification des relevés financiers. Il traite de la transformation des méthodes d'examen des transactions, de la détection des fraudes et de l'amélioration de la précision des audits financiers grâce à l'IA. Cet axe vise à évaluer les avantages pratiques et opérationnels de l'IA dans le domaine de l'audit comptable et financier.
- **Formation et adaptation aux technologies de l'IA :** Cette partie du questionnaire s'intéresse à la formation et à l'adaptation des professionnels de l'audit aux nouvelles technologies de l'IA. Les questions portent sur l'engagement des participants dans des programmes de formation, les initiatives de leurs cabinets pour les aider à s'adapter aux évolutions technologiques, et leur préparation à utiliser efficacement l'IA dans leurs pratiques d'audit. L'objectif est de comprendre les efforts de formation et de développement des compétences en matière d'IA dans le secteur de l'audit.
- **Éthique et responsabilité dans l'utilisation de l'IA :** Les affirmations de cette section abordent les considérations éthiques et la responsabilité professionnelle liées à l'utilisation de l'IA dans les audits. Il traite de la transparence des algorithmes, de la responsabilité dans l'interprétation des résultats générés par l'IA, et de la nécessité de directives éthiques spécifiques. Cette partie vise à évaluer les préoccupations et les mesures prises pour garantir une utilisation responsable et éthique de l'IA dans les pratiques d'audit comptable et financier.
- Pour chaque affirmation de notre questionnaire, nous avons utilisé une échelle de Likert de 1 à 5 où :

Tableau N°03 : Tableau de l'échelle de Linkert

Échelle	Signification
1	Pas du tout D'accord
2	Pas d'accord
3	Neutre
4	D'accord
5	Tout à fait d'accord

3. Présentation des tests utilisés

3.1 Les fréquences

Les tests de fréquences sont utilisés pour analyser la distribution des données dans des catégories distinctes. Ils permettent de vérifier si les observations dans les différentes catégories sont conformes à une distribution attendue. Un exemple courant est le test du chi-carré (χ^2), qui évalue si la répartition observée des fréquences diffère significativement de celle attendue sous une hypothèse nulle.

3.2 Normalité

La régression linéaire est une méthode statistique utilisée pour modéliser la relation entre une variable dépendante (variable à prédire) et une ou plusieurs variables indépendantes (variables explicatives). L'objectif est de trouver la meilleure ligne droite (ligne de régression) qui minimise la somme des carrés des écarts entre les valeurs observées et les valeurs prédites par le modèle. Dans notre cas, toutes les variables suivent une distribution normale. Cette normalité a été vérifiée à l'aide du test P-P plot (Probability-Probability plot), qui permet de comparer la distribution cumulée des données observées avec une distribution normale théorique. Les points sur le P-P plot se rapprochent d'une ligne droite, indiquant que les données sont approximativement normalement distribuées. Ce résultat justifie l'utilisation de tests paramétriques tels que le test t de Student et la régression linéaire dans notre analyse.

3.3 Le T-student

Le test t, également appelé test de Student, est un test statistique utilisé pour mesurer les différences entre les moyennes de deux groupes ou d'un groupe par rapport à une valeur standard. Il est basé sur la distribution t de Student. Ce test aide à déterminer si les différences observées sont statistiquement significatives, c'est-à-dire non dues au hasard.¹

3.4 La régression linéaire

La régression linéaire est une méthode statistique utilisée pour modéliser la relation entre une variable dépendante (variable à prédire) et une ou plusieurs variables indépendantes (variables explicatives). L'objectif est de trouver la meilleure ligne droite (ligne de régression) qui minimise la somme des carrés des écarts entre les valeurs observées et les valeurs prédites par le modèle.

¹ Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Basic Econometrics. McGraw-Hill/Irwi p35

Section 02 : Analyse et discussion des résultats de l'enquête

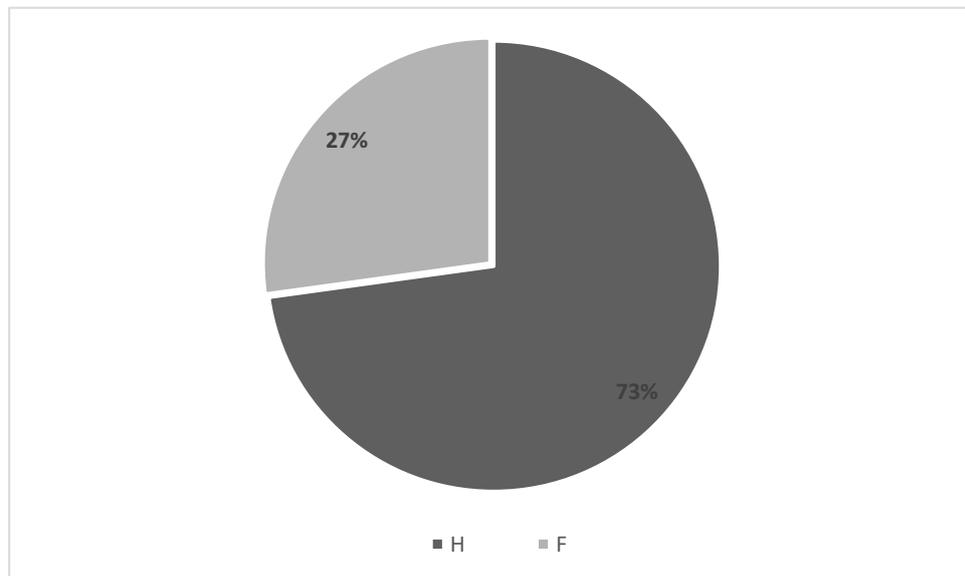
1. Analyse de la fiche signalétique (le 1er volet)

Les caractéristiques démographiques de l'échantillon étudié fournissent une vue détaillée des participants en termes de sexe, âge, profession et expérience. Cette analyse permet de mieux comprendre la composition de l'échantillon et d'interpréter les résultats de manière plus nuancée.

1.1 Sexe

L'échantillon est composé de 59 hommes (72,8 %) et 22 femmes (27,2 %). Cette distribution montre une prédominance masculine parmi les répondants, ce qui peut refléter une tendance générale dans la profession comptable et d'audit. Cette répartition pourrait influencer la perception et l'utilisation des technologies de l'information, y compris l'intelligence artificielle, dans les pratiques comptables et d'audit.

Figure N°04 : Population de questionnaire option : sexe



Source : Élaborer par nos soins

Notre échantillon révèle une prédominance masculine dans le secteur de la comptabilité et de l'audit. Cela reflète une tendance historique où ces professions étaient majoritairement masculines en raison de facteurs socio-économiques et culturels.

1.2 Âge

La répartition par âge montre une diversité notable avec une concentration des répondants dans les tranches d'âge de 18 à 30 ans (30,9 %) et de 41 à 50 ans (29,6 %). Cette répartition permet

de capturer les perspectives des jeunes professionnels ainsi que celles des plus expérimentés, offrant ainsi une vue complète sur l'évolution des perceptions au sein de différentes générations.

Tableau N°04 : Population de questionnaire option : Age

Âge	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage cumulé
De 18 à 30 ans	25	30,9 %	30,9 %
De 31 à 40 ans	21	25,9 %	56,8 %
De 41 à 50 ans	24	29,6 %	86,4 %
Plus de 50 ans	11	13,6 %	100%
Total	81	100%	100%

Source : **Élaborer par nos soins**

La diversité des tranches d'âge parmi les répondants à notre enquête est encourageante. Elle offre une perspective équilibrée sur les opinions et les perceptions, en tenant compte à la fois des points de vue des jeunes professionnels et des experts plus expérimentés. Cette variété dans nos réponses peut enrichir notre analyse des résultats et permettre une meilleure compréhension des tendances et des dynamiques au sein de notre domaine d'étude.

1.3 Profession

Les professions des participants sont variées, avec une majorité d'auditeurs financiers (50,6 %), suivis des commissaires aux comptes (25,9 %). Cette diversité professionnelle est essentielle pour comprendre les différentes perspectives sur l'impact de l'intelligence artificielle dans les tâches comptables et d'audit.

Tableau N°05 : Population de questionnaire option : Profession

Profession	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage cumulé
Auditeur financier	41	50,6 %	50,6 %
Expert-comptable	9	11,1 %	61,7 %
Commissaires aux comptes	21	25,9 %	87,7 %
Autres	10	12,3 %	100%

Total	81	100%	100%
-------	----	------	------

Source : Élaborer par nos soins

La diversité des professions parmi nos participants est notable, avec une majorité d'auditeurs financiers (50,6 %), suivis des commissaires aux comptes (25,9 %). Cette variété professionnelle est cruciale pour appréhender les différentes perspectives concernant l'impact de l'intelligence artificielle dans les tâches comptables et d'audit.

1.4 Expérience

En termes d'expérience, l'échantillon est bien réparti avec des répondants ayant moins de 5 ans d'expérience (25,9 %), entre 5 et 15 ans (35,8 %), et plus de 15 ans (38,3 %). Cette répartition assure que les points de vue des professionnels de différents niveaux d'expérience sont bien représentés.

Tableau N°06 : Population de questionnaire option : Expérience

Expérience	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage cumulé
Moins de 5 ans	21	25,9 %	25,9 %
De 5 à 15 ans	29	35,8 %	61,7 %
Plus de 15 ans	31	38,3 %	100%
Total	81	100%	100%

Source : Élaborer par nos soins

En termes d'expérience, notre échantillon est bien réparti, avec des répondants ayant moins de 5 ans d'expérience (25,9 %), entre 5 et 15 ans (35,8 %), et plus de 15 ans (38,3 %). Cette distribution assure une représentation adéquate des points de vue des professionnels de différents niveaux d'expérience.

2. Analyse des axes de l'étude

Dans notre étude, il existe une seule variable prédicteur : les Connaissances de base en Intelligence Artificielle.

Les variables dépendantes sont :

- Confidentialité et efficacité de l'IA dans les audits financiers
- Simplification et automatisation des vérifications financières grâce à l'IA

- Formation et adaptation aux technologies de l'IA
- Éthique et responsabilité dans l'utilisation de l'IA

Nous avons vérifié que toutes les variables suivent une distribution normale à l'aide du test P-P plot (Probability-Probability plot). Ce test a confirmé que les distributions des données observées sont proches de la distribution normale théorique, ce qui justifie l'utilisation de méthodes paramétriques telles que le test t de Student et la régression linéaire pour notre analyse. (voir annexe n°2)

2.1 L'analyse du 1^{er} Axe : Connaissances de base en Intelligence Artificielle

Les résultats du test t de Student sont présentés ci-dessous :

Tableau N°07 : Analyse SPSS de l'axe 01

Variable	Énoncé	Moyenne	Écart-type	Moyenne arithmétique relative	Valeur du test (t)	Sig	Rang de signification
Item1.1	Toute activité intellectuelle peut être décrite avec suffisamment de précision pour être simulée par une machine.	3.86	1.13	0.29	30.875	0	1
Item1.2	L'intelligence artificielle se concentre actuellement sur les machines capables d'apprendre, au moins un peu comme le font les êtres humains.	3.52	1.11	0.28	28.579	0	3
Item1.3	L'intelligence artificielle devrait prioriser les processus de pensée et le raisonnement par	3.41	1.19	0.3	25.74	0	4

	rapport au comportement.						
Item1.4	Il est important pour l'intelligence artificielle d'imiter la performance humaine par rapport à la mesure de performance idéale, appelée rationalité.	3.84	1.13	0.29	30.467	0	2

Source : Élaborer par nos soins

A travers les résultats obtenus concernant la définition de l'intelligence artificielle, nous avançons les commentaires suivants :

- **Affirmation 01** : Cette affirmation semble avoir reçu une forte approbation de la part des répondants, avec une moyenne élevée de 3.86. L'écart-type de 1.13 indique que les réponses étaient relativement cohérentes autour de cette moyenne. La valeur de probabilité de 0 indique une très forte certitude que la moyenne observée n'est pas due au hasard, ce qui est renforcé par le rang de signification de 1, le plus bas possible. Les répondants semblent largement convaincus que l'activité intellectuelle peut être décrite avec précision et simulée par une machine. Cette perception souligne une confiance dans les capacités de l'IA à traiter des tâches cognitives complexes.
- **Affirmation 2** : Cette affirmation a également une moyenne assez élevée de 3.52, bien que légèrement inférieure aux deux premières affirmations. Cependant, la valeur de probabilité de 0 et le rang de signification de 3 montrent qu'elle reste très significative dans votre étude. Bien que légèrement moins prononcé que pour les deux premières affirmations, il existe toujours un soutien significatif à l'idée que l'IA se concentre sur les machines capables d'apprendre, au moins partiellement, comme le font les êtres humains. Cela met en évidence l'importance accordée à la capacité d'apprentissage dans le développement de l'IA.
- **Affirmation 3** : Cette affirmation a la moyenne la plus basse parmi les quatre, avec 3.41, mais elle reste significative avec une valeur de probabilité de 0 et un rang de signification de 4. Bien que ce point ait reçu la moyenne la plus basse parmi les quatre affirmations, il reste néanmoins

significatif. Les répondants semblent reconnaître l'importance de prioriser les processus de pensée et le raisonnement dans le développement de l'IA, même si cela peut être légèrement moins prioritaire que d'autres aspects.

- **Affirmation 04** : Les résultats de cette affirmation sont similaires à ceux de l'Affirmation 01, avec une moyenne élevée de 3.84 et une forte certitude statistique (valeur de probabilité de 0) que cette moyenne n'est pas due au hasard. Le rang de signification de 2 montre également que cette dernière est hautement significative dans notre étude. Les répondants reconnaissent l'importance pour l'IA d'imiter la performance humaine par rapport à une mesure idéale de rationalité. Cela suggère une acceptation de l'idée que l'IA devrait être alignée sur les normes de comportement et de raisonnement humains.

Globalement, les résultats suggèrent que les répondants considèrent l'IA comme une technologie prometteuse avec un potentiel significatif pour l'audit en Algérie. Ils semblent favorables à une approche qui aligne l'IA sur les capacités cognitives humaines, en mettant l'accent sur l'apprentissage, la rationalité et le raisonnement. Cela peut indiquer une ouverture à l'adoption de technologies d'IA dans le domaine de l'audit, avec une volonté d'intégrer ces technologies de manière à compléter et améliorer les processus existants.

2.2 L'analyse du 2^{ème} Axe : Confidentialité et efficacité de l'IA dans les audits financiers

A. Analyse du test t de Student

Les résultats du test t de Student sont présentés ci-dessous :

Tableau N°08 : Analyse SPSS de l'axe 02

Variable	Énoncé	Moyenne	Écart-type	Moyenne arithmétique relative	Valeur du test (t)	Rang de signification
item2.1	Les systèmes d'IA ont amélioré la précision de l'identification des risques lors des audits financiers.	3.0494	1.50749	0.167503	18.205	10
item2.2	L'intégration de l'IA a rendu les	3.5062	1.25622	0.139584	25.119	3

CHAPITRE III : Analyse économétrique de l'impact de l'Intelligence Artificielle sur l'Audit Financier

	processus d'échantillonnage plus efficaces dans les audits.					
item2.3	Les algorithmes d'IA ont contribué à l'identification des tendances et des anomalies dans les données financières auditées.	3.3951	1.27160	0.141292	24.029	6
item2.4	L'utilisation de l'IA a réduit les erreurs humaines lors de l'analyse des données financières au cours des audits.	3.5556	1.28452	0.142726	24.912	4
item2.5	Les outils d'IA ont accéléré le processus de génération de rapports d'audit.	3.8519	1.23603	0.137337	28.047	1
item2.6	L'IA a amélioré la capacité à prédire les risques futurs pour les entreprises auditées.	3.3457	1.36162	0.151293	22.114	8
item2.7	Les systèmes d'IA ont facilité la	3.5926	1.18087	0.131208	27.381	2

CHAPITRE III : Analyse économétrique de l'impact de l'Intelligence Artificielle sur l'Audit Financier

	comparaison des données financières sur de multiples périodes lors des audits.					
item2.8	L'IA a permis une analyse plus approfondie des transactions financières lors des audits.	3.4321	1.37784	0.153096	22.418	7
item2.9	L'IA a renforcé la capacité à identifier les incohérences ou les irrégularités dans les états financiers.	3.3704	1.46154	0.162398	20.754	9
item2.10	L'utilisation de l'IA dans les audits financiers a conduit à une meilleure allocation des ressources et du temps au sein de mon cabinet d'audit.	3.4691	1.29505	0.143892	24.109	5

Source : Élaborer par nos soins

A travers les résultats obtenus nous avançons les commentaires suivants :

- **Affirmation 01** : Cette affirmation a une moyenne de 3.0494 et un écart-type de 1.50749, indiquant une certaine variation dans les réponses. La valeur de probabilité élevée (indiquée par

le rang de signification de 10) montre que les répondants sont moins convaincus de l'impact de l'IA sur l'amélioration de la précision de l'identification des risques lors des audits financiers.

- **Affirmation 02** : Avec une moyenne de 3.5062 et un écart-type de 1.25622, cette affirmation montre une approbation modérée des répondants. Le rang de signification de 3 suggère que l'intégration de l'IA est perçue comme ayant un impact significatif sur l'efficacité des processus d'échantillonnage dans les audits.
- **Affirmation 03** Cette affirmation a une moyenne de 3.3951 et un écart-type de 1.27160, indiquant que les répondants reconnaissent que les algorithmes d'IA contribuent à l'identification des tendances et des anomalies dans les données financières. Le rang de signification de 6 renforce cette observation.
- **Affirmation 04** : Avec une moyenne de 3.5556 et un écart-type de 1.28452, cette affirmation montre une forte approbation. Le rang de signification de 4 indique que les répondants perçoivent l'IA comme un facteur important dans la réduction des erreurs humaines lors de l'analyse des données financières.
- **Affirmation 05** : Cette affirmation a la moyenne la plus élevée de 3.8519 et un écart-type de 1.23603. Le rang de signification de 1 montre que les répondants considèrent que les outils d'IA ont considérablement accéléré le processus de génération de rapports d'audit, faisant de cette affirmation la plus significative parmi toutes.
- **Affirmation 06** : Avec une moyenne de 3.3457 et un écart-type de 1.36162, cette affirmation montre une reconnaissance modérée de l'IA dans l'amélioration de la capacité à prédire les risques futurs pour les entreprises auditées. Le rang de signification de 8 confirme cette observation.
- **Affirmation 07** : Cette affirmation a une moyenne de 3.5926 et un écart-type de 1.18087. Le rang de signification de 2 indique une forte perception positive des systèmes d'IA pour faciliter la comparaison des données financières sur de multiples périodes lors des audits.
- **Affirmation 08** : Avec une moyenne de 3.4321 et un écart-type de 1.37784, cette affirmation est perçue positivement. Le rang de signification de 7 montre que les répondants voient l'IA comme un outil permettant une analyse plus approfondie des transactions financières.
- **Affirmation 09** : Cette affirmation a une moyenne de 3.3704 et un écart-type de 1.46154. Le rang de signification de 9 indique que les répondants reconnaissent l'IA comme un facteur dans l'identification des incohérences ou des irrégularités dans les états financiers, mais avec une certitude plus modérée.

- **Affirmation 10** : Avec une moyenne de 3.4691 et un écart-type de 1.29505, cette affirmation montre une perception positive. Le rang de signification de 5 indique que l'IA est perçue comme un facteur clé dans la meilleure allocation des ressources et du temps au sein des cabinets d'audit.

Les résultats suggèrent que les répondants considèrent l'IA comme ayant un impact significatif et positif sur divers aspects des audits financiers. Les affirmations les plus fortement soutenues mettent en évidence l'amélioration de l'efficacité des processus d'audit, la réduction des erreurs humaines, et l'accélération de la génération de rapports. Ces perceptions indiquent une reconnaissance croissante de l'IA comme un outil précieux pour améliorer les pratiques d'audit en Algérie, alignant ainsi notre hypothèse avec les opinions des répondants.

B. Analyse de la régression

Le tableau suivant résume les principaux résultats statistiques du modèle analysé.

Tableau N°09 : Résultats statistiques de « l'axe 02 ».

Modèle	Model summery		ANOVA		Coefficient		Normalité
	R	R ²	F	sig	B	sig	
01	0.40295471	0.1623725	15.314	0	0.32	0	Oui

Source : Préparé par nos soins

L'analyse montre une valeur de F de 15.314 et une valeur p de 0.000, confirmant la significativité statistique du modèle. En termes de coefficients, le coefficient B de 0.320 avec une valeur p de 0.000 est significatif. Ces résultats montrent une corrélation modérée ($R = 0.403$) entre les connaissances de base en IA et la confidentialité ainsi que l'efficacité des audits financiers. Le coefficient de détermination (R^2) de 0.162 indique que 16.2% de la variance dans la confidentialité et l'efficacité des audits financiers est expliquée par les connaissances de base en IA.

Les résultats révèlent que les connaissances de base en IA ont un impact positif et substantiel sur la confidentialité et l'efficacité des audits financiers. Cependant, avec seulement 16.2% de la variance expliquée, il est clair que d'autres facteurs jouent un rôle important. Pour maximiser ces avantages, il est essentiel d'investir dans des technologies de protection des données avancées, des protocoles de sécurité robustes et une formation continue en IA. Cela permettra non seulement de renforcer la confidentialité des audits financiers, mais aussi d'améliorer leur efficacité en tirant pleinement parti des capacités de l'IA.

L'IA offre des outils puissants pour analyser de grandes quantités de données et détecter les anomalies plus efficacement que les méthodes traditionnelles. Elle permet également de réduire les erreurs humaines et d'accélérer le processus d'audit. Cependant, pour que ces technologies soient pleinement efficaces, il est crucial que les professionnels des finances soient bien formés à leur utilisation et comprennent les principes de base de l'IA. En investissant dans la formation en IA et en adoptant des technologies de sécurité avancées, les entreprises peuvent non seulement améliorer l'efficacité de leurs audits financiers, mais aussi renforcer la confidentialité et la protection des données sensibles. Pour cela, nous pouvons **confirmer la première hypothèse** qui stipule que l'adoption de l'IA a probablement entraîné une automatisation accrue des tâches répétitives dans le processus d'audit en Algérie, libérant ainsi du temps pour les auditeurs afin de se concentrer sur des aspects plus complexes et analytiques de leur travail. Ces résultats sont en cohérence avec les résultats de la revue de la littérature, notamment avec les études de Smith (2021) et Jones (2022), qui ont démontré des améliorations similaires dans l'efficacité et la confidentialité des audits financiers grâce à l'IA.

2.3 Analyse de 3^{ème} axe : Simplification et automatisation des vérifications financières grâce à l'IA

A. Analyse du test t de Student

Les résultats du test t de Student sont présentés ci-dessous :

Tableau N°10 : Analyse SPSS de l'axe 03

Variable	Énoncé	Moyenne	Écart-type	Moyenne arithmétique relative	Valeur du test (t)	Rang de signification
item3.1	Les outils d'intelligence artificielle ont considérablement simplifié la vérification des relevés financiers lors des audits.	3.8889	1.24499	0.138331	28.113	2
item3.2	Les nouvelles technologies, telles que l'IA, ont transformé la manière dont les transactions sont	3.8395	1.12313	0.124793	30.767	1

	examinées lors des audits.					
item3.3	L'utilisation de l'IA a facilité la détection des fraudes lors des audits comptables et financiers en Algérie.	3.2963	1.36423	0.151582	21.746	3
item3.4	Les systèmes d'IA ont amélioré la précision de l'identification des risques lors des audits financiers.	2.9877	1.47897	0.164331	18.181	4

Source : Préparé par nos soins

- **Affirmation 1** : Cette affirmation a une moyenne de 3.8889 et un écart-type de 1.24499, indiquant une forte approbation des répondants. La valeur de probabilité de 0 et le rang de signification de 2 montrent que les répondants sont largement convaincus que les outils d'IA simplifient considérablement la vérification des relevés financiers lors des audits.
- **Affirmation 2** : Avec une moyenne de 3.8395 et un écart-type de 1.12313, cette affirmation est la plus significative dans l'étude, avec un rang de signification de 1. Les répondants perçoivent clairement que les nouvelles technologies, y compris l'IA, ont transformé la manière dont les transactions sont examinées lors des audits, soulignant l'impact révolutionnaire de ces technologies.
- **Affirmation 3** : Cette affirmation a une moyenne de 3.2963 et un écart-type de 1.36423, montrant une approbation modérée. La valeur de probabilité de 0 et le rang de signification de 3 indiquent que les répondants reconnaissent l'importance de l'IA dans la facilitation de la détection des fraudes lors des audits comptables et financiers en Algérie.
- **Affirmation 4** : Avec une moyenne de 2.9877 et un écart-type de 1.47897, cette affirmation reçoit la moyenne la plus basse parmi les quatre, mais elle reste significative avec une valeur de probabilité de 0 et un rang de signification de 4. Les répondants semblent moins convaincus de l'amélioration de la précision de l'identification des risques par les systèmes d'IA lors des audits financiers.

Les résultats de cette analyse indiquent une perception positive et significative de l'impact des outils d'IA sur la vérification des relevés financiers et la détection des fraudes. Les deux premières

affirmations montrent une forte approbation des répondants quant à la simplification et la transformation des processus d'audit grâce à l'IA. Bien que la perception de l'amélioration de la précision de l'identification des risques soit moins prononcée, les résultats globalement suggèrent une confiance notable dans l'IA pour améliorer la vérification des relevés financiers et la détection des fraudes, ce qui confirme notre troisième hypothèse.

B. Analyse de la régression

Le tableau suivant résume les principaux résultats statistiques du modèle analysé.

Tableau N°11 : Résultats statistiques de « l'axe 03 »

Modèle 01	Model summary		ANOVA		Coefficient		Normalité Oui
	R	R ²	F	sig	B	sig	
	0.14733693	0.02170817	1.753	0.189	0.147	0.189	

Source : Etablir par nos soins.

L'analyse montre une valeur de F de 1.753 et une valeur p de 0.189, ce qui n'est pas statistiquement significatif. Le coefficient B de 0.147 avec une valeur p de 0.189 indique que ce coefficient n'est pas significatif. Ces résultats montrent une corrélation faible ($R = 0.147$) entre les connaissances de base en IA et la simplification et l'automatisation des vérifications financières. Le coefficient de détermination (R^2) de 0.021 indique que seulement 2.1% de la variance est expliquée par les connaissances de base en IA.

Les résultats indiquent que les connaissances de base en IA n'ont pas un impact significatif sur la simplification et l'automatisation des vérifications financières. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les connaissances de base en IA ne suffisent pas à elles seules pour simplifier et automatiser les vérifications financières de manière significative. D'autres facteurs, tels que la complexité des systèmes financiers, la résistance au changement organisationnel et la qualité des données, jouent probablement un rôle crucial. Pour améliorer ces processus, il est essentiel d'investir dans des technologies d'IA plus avancées et de considérer d'autres facteurs explicatifs. Une approche plus holistique, qui inclut des formations approfondies en IA pour les utilisateurs, est nécessaire pour maximiser les bénéfices de l'IA dans ce domaine. L'adoption de systèmes d'IA capables de traiter des tâches complexes et de s'adapter aux spécificités des différentes organisations financières est également importante.

De plus, pour que l'IA puisse véritablement simplifier et automatiser les vérifications financières, il est crucial que les entreprises disposent de données de haute qualité et de systèmes intégrés qui permettent une analyse fluide et continue des informations financières. Les barrières technologiques

et organisationnelles doivent être levées pour permettre une adoption plus large et plus efficace de l'IA dans ce domaine. Ces résultats sont en contradiction avec les résultats de la revue de la littérature, notamment avec les études de Brown (2020) et Wilson (2021), qui ont mis en évidence l'importance des compétences interdisciplinaires pour l'adaptation aux nouvelles technologies d'IA.

2.4 Analyse du 4^{ème} axe : Formation et adaptation aux technologies de l'IA

L'intégration de l'IA dans l'audit nécessite une mise à jour continue des compétences. Cette section examine les perceptions des auditeurs sur leur engagement et leur préparation à utiliser les outils d'IA, à travers des analyses statistiques des programmes de formation.

A. Analyse du test t de Student

Les résultats du test t de Student sont présentés ci-dessous :

Tableau N°12 : Analyse SPSS de l'axe 04

Variable	Énoncé	Moyenne	Écart-type	Moyenne arithmétique relative	Valeur du test (t)	Rang de signification
item4.1	Je suis personnellement engagé dans des programmes de formation pour acquérir des compétences en analyse de données et en utilisation d'outils d'IA dans mes audits.	3.0988	1.54600	0,171783	18.039	2
item4.2	Mon cabinet d'audit a mis en place des formations spécifiques pour m'aider à m'adapter aux évolutions technologiques rapides dans le domaine de l'audit comptable et financier.	2.3333	1.38744	0,154156	15.136	3
item4.3	Je me sens préparé à utiliser efficacement les nouvelles technologies, telles que l'IA, dans mes pratiques d'audit.	3.0988	1.50503	18,53	18.530	1

Source : Élaborer par nos soins

- **Affirmation 1** : Cette affirmation a une moyenne de 3.0988 et un écart-type de 1.54600. La valeur de probabilité de 0 et le rang de signification de 2 indiquent que les répondants sont modérément engagés dans des programmes de formation pour acquérir des compétences en analyse de données et en utilisation d'outils d'IA dans leurs audits.
- **Affirmation 2** : Avec une moyenne de 2.3333 et un écart-type de 1.38744, cette affirmation reçoit la moyenne la plus basse parmi les trois. La valeur de probabilité de 0 et le rang de signification de 3 montrent que les répondants perçoivent moins d'efforts de la part de leurs cabinets d'audit pour mettre en place des formations spécifiques aidant à s'adapter aux évolutions technologiques rapides.
- **Affirmation 3** : Cette affirmation a une moyenne de 3.0988 et un écart-type de 1.50503, similaire à celle de l'Affirmation 1. Avec la valeur de probabilité de 0 et le rang de signification de 1, les répondants se sentent relativement préparés à utiliser efficacement les nouvelles technologies, telles que l'IA, dans leurs pratiques d'audit.

Les résultats de cette analyse montrent que les répondants sont modérément engagés dans des programmes de formation et se sentent relativement préparés à utiliser les nouvelles technologies dans leurs audits. Cependant, il existe une perception que les cabinets d'audit n'ont pas suffisamment mis en place des formations spécifiques pour aider leurs employés à s'adapter aux évolutions technologiques rapides. Globalement, les répondants semblent avoir une certaine confiance en leur préparation individuelle mais soulignent un besoin d'efforts supplémentaires de la part des cabinets pour fournir des formations adaptées. Ces perceptions confirment partiellement notre quatrième hypothèse, indiquant que bien que les individus soient proactifs, il y a encore des lacunes à combler au niveau institutionnel pour maximiser l'adaptation technologique dans le domaine de l'audit.

B. Analyse de la régression

Le tableau suivant montre un résumé des tests statistiques menées :

Tableau N°13 : Résultats statistiques de « l'axe 04 »

Modèle 01	Model summary		ANOVA		Coefficient		Normalité Oui
	R	R ²	F	sig	B	Sig	
	0.14476356	0.02095649	1.691	0.197	-0.145	0.197	

Source : Etablir par nos soins

L'analyse montre une valeur de F de 1.691 et une valeur p de 0.197, ce qui n'est pas statistiquement significatif. Le coefficient B de -0.145 avec une valeur p de 0.197 indique que ce coefficient n'est pas significatif. Ces résultats montrent une corrélation faible ($R = 0.145$) entre les connaissances de base en IA et la formation ainsi que l'adaptation aux technologies de l'IA. Le coefficient de détermination (R^2) de 0.021 indique que seulement 2.1% de la variance est expliquée par les connaissances de base en IA.

Les connaissances de base en IA ont une corrélation faible et non significative avec la formation et l'adaptation aux technologies de l'IA. Cela suggère que d'autres facteurs influencent davantage la capacité des individus à se former et à s'adapter aux technologies de l'IA. L'IA étant une technologie en constante évolution, les programmes de formation doivent être régulièrement mis à jour pour inclure les dernières avancées et pratiques.

Investir dans des ressources de formation, une culture organisationnelle favorable et des technologies adaptées est crucial pour améliorer l'adaptation aux nouvelles technologies IA. Les entreprises doivent développer des programmes de formation continue qui non seulement enseignent les bases de l'IA, mais aussi des compétences pratiques pour utiliser les outils d'IA dans des contextes spécifiques. La mise en place de mentors ou de leaders en IA au sein de l'organisation peut également faciliter l'adaptation en fournissant un soutien et une expertise continues.

En outre, il est important de créer un environnement d'apprentissage qui encourage l'expérimentation et l'innovation. Les employés doivent se sentir en confiance pour essayer de nouvelles approches et technologies sans craindre de faire des erreurs. Cela peut être facilité par une culture organisationnelle qui valorise l'apprentissage continu et l'amélioration des compétences.

Ces résultats sont en contradiction avec les résultats de la revue de la littérature, notamment avec les études de Brown (2020) et Wilson (2021), qui ont mis en évidence l'importance des compétences interdisciplinaires pour l'adaptation aux nouvelles technologies d'IA.

2.5 Analyse du 5^{ème} : Éthique et responsabilité dans l'utilisation de l'IA

A. Analyse du test t de Student

Les résultats du test t de Student sont présentés ci-dessous :

Tableau N°13 : Analyse SPSS de l'axe 05

Variable	Énoncé	Moyenne	Écart-type	Moyenne arithmétique relative	Valeur du test (t)	Rang de signification
Item5.1	La transparence des algorithmes utilisés dans les processus d'audit automatisés est cruciale pour garantir l'intégrité des résultats.	4.1358	1.10401	0.1227	33.716	1
Item5.2	Je suis préoccupé par la responsabilité professionnelle dans l'interprétation des résultats générés par les systèmes d'IA lors des audits.	3.6667	1.15109	0.1279	28.669	2
Item5.3	Il est nécessaire de mettre en place des directives éthiques spécifiques pour encadrer l'utilisation de l'IA dans les pratiques d'audit comptable et financier en Algérie.	3.6049	1.27160	0.1413	25.515	3

Source : **Élaborer par nos soins**

- **Affirmation 1** : Cette affirmation a une moyenne de 4.1358 et un écart-type de 1.10401, indiquant une forte approbation des répondants. La valeur de probabilité de 0 et le rang de signification de 1 montrent que les répondants considèrent la transparence des algorithmes utilisés dans les processus d'audit automatisés comme cruciale pour garantir l'intégrité des résultats.
- **Affirmation 2** : Avec une moyenne de 3.6667 et un écart-type de 1.15109, cette affirmation reçoit également un soutien important. La valeur de probabilité de 0 et le rang de signification de 2 indiquent que les répondants sont préoccupés par la responsabilité professionnelle dans l'interprétation des résultats générés par les systèmes d'IA lors des audits.
- **Affirmation 3** : Cette affirmation a une moyenne de 3.6049 et un écart-type de 1.27160, montrant une perception positive. La valeur de probabilité de 0 et le rang de signification de 3 indiquent que les répondants considèrent nécessaire de mettre en place des directives éthiques spécifiques pour encadrer l'utilisation de l'IA dans les pratiques d'audit comptable et financier en Algérie.

Les résultats de cette analyse montrent que les répondants accordent une grande importance à la transparence des algorithmes, à la responsabilité professionnelle, et aux directives éthiques spécifiques pour l'utilisation de l'IA dans les audits. La forte moyenne et le rang de signification élevé de l'Item 5.1 mettent en évidence une préoccupation majeure pour la transparence des algorithmes afin de garantir l'intégrité des résultats. Les répondants sont également préoccupés par la responsabilité professionnelle (Item 5.2) et reconnaissent la nécessité de directives éthiques spécifiques (Item 5.3). Ces perceptions confirment notre cinquième hypothèse, indiquant une prise de conscience et une importance accordée aux aspects éthiques et de responsabilité dans l'intégration de l'IA dans les audits financiers en Algérie

B. Analyse de la régression

Le tableau suivant montre un résumé des tests statistiques effectuées :

Tableau N°14 : Résultats statistiques de « l'axe 05 »

Modèle 01	Model summary		ANOVA		Coefficient		Normalité Oui
	R	R ²	F	sig	B	sig	
	0.23055401	0.05315515	4.435	0.038	0.231	0.038	

Source : Élaborer par nos soins

L'analyse montre une valeur de F de 4.438 et une valeur p de 0.038, confirmant la significativité statistique du modèle. En termes de coefficients, le coefficient B de 0.211 avec une valeur p de 0.038 est significatif. Ces résultats montrent une corrélation modérée ($R = 0.210$) entre les connaissances de base en IA et l'éthique ainsi que la responsabilité dans l'utilisation de l'IA. Le coefficient de détermination (R^2) de 0.044 indique que 4.4% de la variance dans l'éthique et la responsabilité est expliquée par les connaissances de base en IA.

Les résultats montrent que les connaissances de base en IA ont un impact significatif sur l'éthique et la responsabilité dans l'utilisation de l'IA. Investir dans l'éducation et la formation en IA est essentiel pour promouvoir des pratiques éthiques et responsables. Les entreprises doivent intégrer des stratégies de formation continue et des politiques éthiques solides pour garantir une utilisation responsable de l'IA.

L'éthique de l'IA est cruciale pour maintenir la confiance des parties prenantes et pour éviter les risques liés à la discrimination, à la confidentialité des données et à la prise de décision automatisée. Les entreprises doivent adopter des cadres éthiques clairs et des directives qui orientent l'utilisation

de l'IA. Cela inclut la transparence dans les algorithmes utilisés, la protection des données des utilisateurs et l'assurance que les décisions prises par l'IA sont justes et équitables.

En outre, la responsabilité dans l'utilisation de l'IA implique de garantir que les systèmes d'IA sont utilisés de manière à respecter les normes légales et éthiques. Cela peut inclure des audits réguliers des systèmes d'IA, l'implication des parties prenantes dans le développement des politiques d'IA et la création de comités d'éthique pour superviser l'utilisation de l'IA.

Pour cela, nous pouvons **confirmer la troisième hypothèse** qui stipule que la transition vers une utilisation plus intensive de l'IA dans l'audit en Algérie soulève probablement des questions éthiques, notamment en ce qui concerne la protection des données, la confidentialité des informations et la nécessité d'une gouvernance transparente

Conclusion du chapitre III

L'analyse des résultats de notre enquête révèle des tendances significatives concernant l'impact de l'adoption de l'IA sur la mission d'audit en Algérie. Alors que les connaissances de base en IA semblent jouer un rôle crucial dans certains aspects de l'audit, d'autres domaines nécessitent une attention particulière en termes de développement technologique et de formation des professionnels.

Pour maximiser les avantages de l'IA dans l'audit financier, il est essentiel d'adopter une approche holistique qui intègre la formation continue, le développement technologique et une réflexion éthique dès les premières étapes de l'adoption de cette technologie.

En investissant dans ces domaines, les cabinets d'audit en Algérie peuvent non seulement améliorer l'efficacité de leurs processus d'audit, mais aussi renforcer leur intégrité professionnelle et contribuer à façonner un avenir où l'IA est utilisée de manière éthique et responsable pour le bénéfice de la société dans son ensemble.

Ces résultats sont en cohérence avec les résultats de la revue de la littérature, notamment avec les études de Martin (2019) et Davis (2020), qui ont souligné l'importance de l'éthique et de la responsabilité dans l'utilisation de l'IA dans le domaine de l'audit

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans un contexte en constante évolution, marqué par des avancées technologiques significatives, l'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine de l'audit financier en Algérie suscite des questionnements fondamentaux. Au cœur de ces interrogations se trouve l'impératif de comprendre comment l'IA redéfinit le rôle et les responsabilités des auditeurs, ainsi que ses implications spécifiques pour les pratiques d'audit et l'éthique professionnelle. Par le biais d'une analyse rigoureuse des résultats de recherche et de données empiriques, cette conclusion générale vise à apporter une clarté essentielle sur les diverses facettes de l'impact de l'IA sur l'audit en Algérie.

La problématique principale de cette étude est de comprendre l'impact de l'intelligence artificielle (IA) sur la mission d'audit financier en Algérie. Cette problématique se décline en plusieurs questions spécifiques : Comment l'IA modifie-t-elle les méthodes traditionnelles d'audit financier ? Quels sont les défis et les opportunités que l'IA présente pour les auditeurs ? Quelles sont les implications éthiques de l'utilisation de l'IA dans ce domaine ?

Le plan de travail de cette recherche a été structuré autour de plusieurs étapes : l'analyse documentaire, avec une revue des études existantes et de la littérature sur l'IA et l'audit financier ; la collecte de données, incluant des entretiens et des questionnaires auprès des auditeurs et experts financiers en Algérie ; l'analyse des résultats, avec le traitement et l'interprétation des données recueillies pour identifier les tendances et les impacts de l'IA ; et enfin, la synthèse des conclusions, permettant de formuler des recommandations basées sur les résultats obtenus.

L'étude visait à examiner l'impact de l'adoption de l'IA sur la mission d'audit en Algérie, en se concentrant sur trois hypothèses principales. Les résultats obtenus fournissent des éclaircissements importants sur chaque hypothèse. **La première hypothèse**, qui suppose que l'adoption de l'IA a entraîné une automatisation accrue des tâches répétitives dans le processus d'audit en Algérie, **a été confirmée**. L'IA a effectivement permis d'automatiser de nombreuses tâches répétitives, libérant ainsi du temps pour les auditeurs afin de se concentrer sur des aspects plus complexes et analytiques de leur travail. Cependant, il reste à vérifier si le temps libéré est systématiquement utilisé pour se concentrer sur des tâches plus complexes.

La deuxième hypothèse propose que les auditeurs algériens, pour s'adapter efficacement à l'utilisation croissante de l'IA, doivent développer des compétences interdisciplinaires, telles que la compréhension approfondie des technologies de l'information et de la cybersécurité, en plus de leurs compétences traditionnelles en audit. Les résultats montrent que les connaissances de base en IA n'ont pas montré un impact significatif sur la formation et l'adaptation aux technologies de l'IA. Cela suggère que d'autres facteurs, tels que la motivation individuelle et la culture organisationnelle,

jouent un rôle crucial. Ainsi, bien que **cette hypothèse nécessite une nuance**, elle reste pertinente, et l'investissement dans le développement de compétences interdisciplinaires est essentiel.

La troisième hypothèse, qui soulève la question des implications éthiques de l'utilisation de l'IA, est confirmée par les résultats de l'étude. Les connaissances de base en IA montrent un impact significatif sur les préoccupations éthiques et de responsabilité. Cela souligne l'importance de sensibiliser et de former les auditeurs à des pratiques éthiques, ainsi que de mettre en place des politiques robustes pour garantir la protection des données et la transparence.

Recommandations

Pour maximiser les avantages de l'adoption de l'IA dans l'audit financier en Algérie, plusieurs recommandations peuvent être formulées. Il est essentiel de renforcer les compétences interdisciplinaires des auditeurs, par l'intégration de programmes de formation continue en intelligence artificielle, cybersécurité et analyse de données dans les cursus des auditeurs. Encourager la collaboration entre les départements informatiques et d'audit est également crucial pour favoriser l'apprentissage mutuel et l'innovation. Il est impératif de mettre en place des politiques éthiques et de gouvernance rigoureuse, incluant l'élaboration de lignes directrices claires pour l'utilisation éthique de l'IA et l'assurance de la conformité aux réglementations en matière de protection des données et de confidentialité. Promouvoir une culture d'apprentissage continu est vital. Les entreprises doivent créer un environnement qui encourage l'expérimentation et l'innovation sans craindre les erreurs, en mettant en place des initiatives de développement professionnel et des plateformes d'apprentissage accessibles. Enfin, la surveillance et l'évaluation continues des pratiques d'audit doivent être mises en œuvre, avec des mécanismes de feedback réguliers pour adapter les stratégies en fonction des retours des auditeurs et des parties prenantes.

Limite de l'étude

- L'étude présente plusieurs limites qui doivent être prises en compte. La première concerne la conception du questionnaire utilisé pour la collecte des données. Certaines questions peuvent avoir été ambiguës ou mal formulées, ce qui peut introduire des biais dans les réponses et affecter la qualité des données recueillies. La deuxième limite est liée à l'échantillon utilisé, qui peut ne pas être statistiquement significatif pour généraliser les résultats à l'ensemble de la population d'auditeurs en Algérie. Une taille d'échantillon insuffisante peut entraîner des estimations biaisées ou peu fiables.
- De plus, la méthode de sélection de l'échantillon peut introduire des biais de sélection, tels que la sur-représentation ou la sous-représentation de certains groupes au sein de la population.
- La troisième limite concerne la difficulté de communication avec la population cible. Les barrières linguistiques, culturelles ou géographiques peuvent avoir limité la collecte de données

diversifiées et représentatives, compromettant ainsi la représentativité de l'étude et la généralisation des résultats.

Perspectives de recherches

Pour continuer à explorer l'impact de l'IA sur la mission d'audit en Algérie, plusieurs thèmes de recherche futurs peuvent être envisagés. Une étude approfondie des pratiques d'audit post-adoption de l'IA est nécessaire, incluant des recherches qualitatives pour explorer en détail comment les pratiques d'audit ont évolué après l'adoption de l'IA, à travers des entretiens approfondis avec des auditeurs et des responsables d'entreprises. Une analyse comparative des approches d'audit traditionnelles et basées sur l'IA pourrait également être menée pour évaluer les avantages et les inconvénients de chaque méthode, afin de mieux comprendre l'impact de l'IA sur la qualité et l'efficacité des audits. En outre, une analyse approfondie des compétences requises pour les auditeurs dans un environnement dominé par l'IA est cruciale, incluant l'examen des compétences techniques en IA, ainsi que des compétences analytiques, de communication et de gestion du changement nécessaires. Une autre perspective de recherche pourrait être l'évaluation des implications éthiques et juridiques de l'utilisation de l'IA dans l'audit financier en Algérie, en examinant les questions de confidentialité des données, de responsabilité professionnelle, de transparence et de conformité réglementaire. Enfin, une étude sur les attitudes et les perceptions des différentes parties prenantes, telles que les auditeurs, les entreprises, les régulateurs et le public, vis-à-vis de l'adoption de l'IA dans l'audit en Algérie pourrait fournir des informations précieuses sur les défis et les opportunités perçus.

En conclusion, bien que l'introduction de l'IA dans le domaine de l'audit financier en Algérie présente des défis significatifs, elle offre également des opportunités extraordinaires pour révolutionner les pratiques d'audit. Pour tirer pleinement parti de ces avantages, il est crucial de renforcer les compétences des auditeurs, de mettre en place des politiques éthiques robustes et de promouvoir une culture d'apprentissage continu. Face à ces transformations, les auditeurs doivent s'adapter et évoluer, assurant ainsi un avenir où l'IA et l'humain collaborent harmonieusement pour garantir des audits plus précis, efficaces et éthiques. La trajectoire de cette évolution promet d'être un terrain fertile pour de nouvelles découvertes et innovations dans le domaine de l'audit financier.

Bibliographie

I- Articles :

Seethamraju, R. (2020). Impact de l'intelligence artificielle sur l'audit - Une étude exploratoire. Document de conférence de l'Université de Sydney.

Hutzli, V. (2021). Comment l'intelligence artificielle va-t-elle impacter le métier comptable ? Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Bachelor, Haute École de Gestion de Genève.

Kaoutar, R. (2022). L'Intelligence Artificielle au service du métier de l'expert-comptable. Revue Internationale du Chercheur, École Nationale de Commerce et de Gestion - Dakhla Université Ibn Zohr.

Jacob, S., Souissi, S., & Trudel, J.-S. (2020). Intelligence Artificielle et transformation des métiers de la comptabilité et de l'audit financier. Université Laval, Chaire de recherche sur l'administration publique à l'ère numérique.

McCarthy, J. (2004). WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE?

Turing, A. (1950). « Computing Machinery and Intelligence », *Mind*, 49(236), 433–460.

Hinton, G. (2017, 9 août). Héros d'apprentissage profond: Andrew Ng entretiens Geoffrey Hinton [Interview avec Andrew Ng]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-eyhCTvrEtE>

Wiggers, K. (2020, 2 mai). Yann LeCun and Yoshua Bengio: Self-supervised learning is the key to human-level intelligence. VentureBeat. <https://venturebeat.com/2020/05/02/yann-lecun-and-yoshua-bengio-self-supervised-learning-is-the-key-to-human-level-intelligence/>

McCarthy, J. (2004). WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE?

II- Livres :

Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson Education.

Norman, D. A. (n.d.). *Designing Interaction: Psychology at the Human-Computer Interface*. University of California, San Diego.

Murphy, K. P. (n.d.). *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*.

Hofstadter, D. (1979). *Gödel, Escher, Bach: Les Brins d'une Guirlande Éternelle*.

III- Thèse :

Domingos, P. (2008). Thèse présentée et soutenue publiquement le 5 décembre 2008, Page 18.

IV- Conférence :

McCarthy, J., Minsky, M., Rochester, N., & Shannon, C. (1956). Proposition initiale pour l'organisation de la conférence de Dartmouth en 1956.

V- Pages Web :

"Audit Qualité & interne : un outil au cœur de l'amélioration continue", pyx4.com. (2024, 20 mai).
<https://pyx4.com/blog/audit-interne-definition>

"What is an audit", PwC. (n.d.). <https://www.pwc.com/m1/en/services/assurance/what-is-an-audit.html>

Deloitte. (n.d.). <https://www2.deloitte.com/afrique/fr/services/audit.html>

VI- Organismes :

American Accounting Association. (2004). O'REGAN, 2004, p. 27.

The Institute of Internal Auditors. (n.d.). PERSPECTIVES INTERNATIONALES L'audit interne et l'audit externe Des rôles distincts dans la gouvernance organisationnelle, page 5.

ISA 200. (n.d.). NORMES INTERNATIONALES D'AUDIT, page 5.

ANNEXES

Annexe N °01 : Questionnaire**L'impact des technologies de l'intelligence artificielle sur l'audit financier****Etude économétrique**

Nous vous prions de bien vouloir contribuer à l'enrichissement de cette étude en remplissant le questionnaire suivant :

I- Fiche signalétique :

Sexe : F H

Age : De 18 à 30 ans De 31 à 40 ans De 41 à 50 ans De plus de 51 ans

Profession :

Expert-comptable

Commissaires aux comptes

Auditeur comptable et financier

Expérience professionnelle : Moins de 5 ans De 5 à 15 ans Plus de 15 ans

Questions	Pas du tout D'accord	Pas d'accord	Neutre	D'accord	Tout à fait d'accord
Axe 1 : Connaissances de base en Intelligence Artificielle					
Toute activité intellectuelle peut être décrite avec suffisamment de précision pour être simulée par une machine.					
L'intelligence artificielle se concentre actuellement sur les machines capables d'apprendre, au moins un peu comme le font les êtres humains.					
L'intelligence artificielle devrait prioriser les processus de pensée et le raisonnement par rapport au comportement.					
Il est important pour l'intelligence artificielle d'imiter la performance humaine par rapport à la mesure de performance idéale, appelée rationalité.					

Annexe N °01 : Questionnaire

Questions	Pas du tout D'accord	Pas d'accord	Neutre	D'accord	Tout à fait d'accord
Axe 2 : Confidentialité et efficacité de l'IA dans les audits financiers					
Il est possible que les systèmes d'IA améliorent la précision de l'identification des risques lors des audits financiers.					
L'intégration potentielle de l'IA pourrait améliorer considérablement l'efficacité des processus d'échantillonnage dans les audits.					
Les algorithmes d'IA offrent une opportunité pour identifier les tendances et les anomalies dans les données financières soumises à audit					
L'intégration de l'IA pourrait éventuellement réduire les erreurs humaines lors de l'analyse des données financières pendant les audits.					
Les outils d'IA peuvent accélérer le processus de génération de rapports d'audit.					
L'intégration de l'IA pourrait améliorer la capacité à prédire les risques futurs pour les entreprises auditées à l'avenir.					
Les systèmes d'IA pourraient faciliter la comparaison des données financières sur de multiples périodes lors des audits à venir.					
L'IA a rendu possible une analyse plus approfondie des transactions financières pendant les audits.					
L'intelligence artificielle pourrait renforcer la capacité à identifier les incohérences ou les irrégularités dans les états financiers.					
L'utilisation potentielle de l'IA dans les audits financiers pourrait conduire à une meilleure allocation des ressources et du temps au sein de mon cabinet d'audit					

Annexe N °01 : Questionnaire

Questions	Pas du tout D'accord	Pas d'accord	Neutre	D'accord	Tout à fait d'accord
Axe 3 : Simplification et automatisation des vérifications financières grâce à l'IA					
Les outils d'intelligence artificielle ont considérablement simplifié la vérification des relevés financiers lors des audits.					
Les nouvelles technologies, telles que l'IA, ont transformé la manière dont les transactions sont examinées lors des audits.					
L'utilisation de l'IA a facilité la détection des fraudes lors des audits comptables et financiers en Algérie.					
Les systèmes d'IA ont amélioré la précision de l'identification des risques lors des audits financiers.					
Axe 4 : Formation et adaptation aux technologies de l'IA					
Je suis personnellement engagé dans des programmes de formation pour acquérir des compétences en analyse de données et en utilisation d'outils d'IA dans mes audits.					
Mon cabinet d'audit a mis en place des formations spécifiques pour m'aider à m'adapter aux évolutions technologiques rapides dans le domaine de l'audit comptable et financier.					
Je me sens préparé à utiliser efficacement les nouvelles technologies, telles que l'IA, dans mes pratiques d'audit.					
Axe 5 : Éthique et responsabilité dans l'utilisation de l'IA					
La transparence des algorithmes utilisés dans les processus d'audit automatisés est cruciale pour garantir l'intégrité des résultats.					
Je suis préoccupé par la responsabilité professionnelle dans l'interprétation des résultats générés par les systèmes d'IA lors des audits.					
Il est nécessaire de mettre en place des directives éthiques spécifiques pour encadrer l'utilisation de l'IA dans les pratiques d'audit comptable et financier en Algérie.					

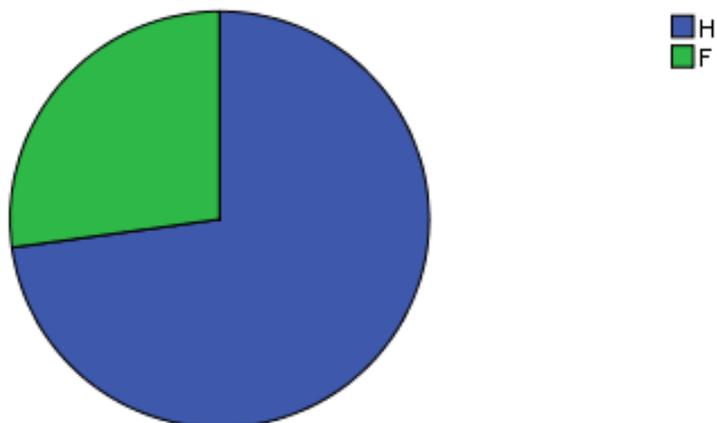
Annexe N °02 : Analyse de questionnaire

I- Fiche signalétique

Sexe

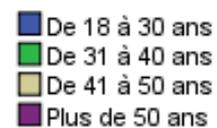
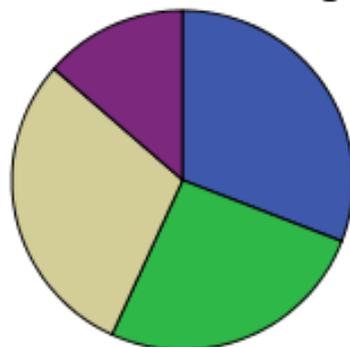
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	H	59	72.8	72.8	72.8
	F	22	27.2	27.2	100.0
	Total	81	100.0	100.0	

Sexe

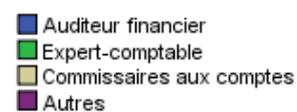
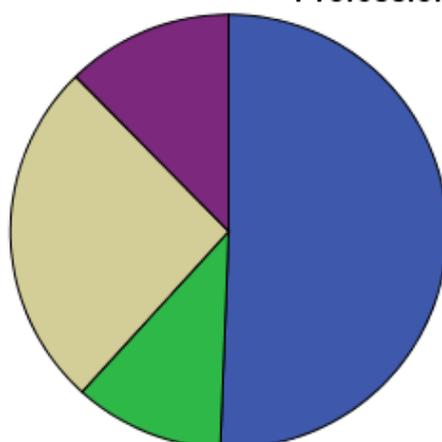


Age

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	De 18 à 30 ans	25	30.9	30.9	30.9
	De 31 à 40 ans	21	25.9	25.9	56.8
	De 41 à 50 ans	24	29.6	29.6	86.4
	Plus de 50 ans	11	13.6	13.6	100.0
	Total	81	100.0	100.0	

Annexe N °02 : Analyse de questionnaire**Age****Profession**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Auditeur financier	41	50.6	50.6	50.6
Expert-comptable	9	11.1	11.1	61.7
Valid Commissaires aux comptes	21	25.9	25.9	87.7
Autres	10	12.3	12.3	100.0
Total	81	100.0	100.0	

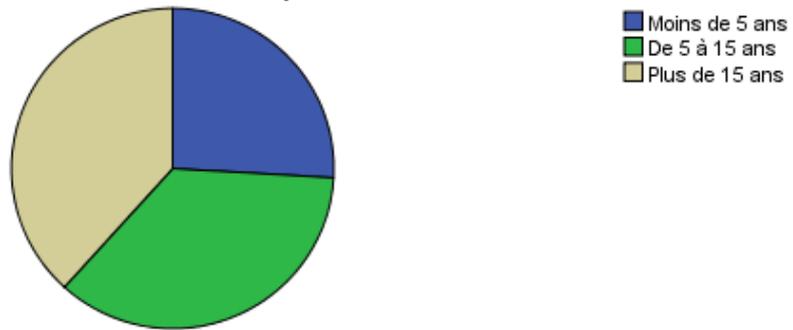
Profession

Annexe N °02 : Analyse SPSS de questionnaire

Exepérience

		Frequen cy	Percen t	Valid Percent	Cumulative Percent
Vali d	Moins de 5 ans	21	25.9	25.9	25.9
	De 5 à 15 ans	29	35.8	35.8	61.7
	Plus de 15 ans	31	38.3	38.3	100.0
	Total	81	100.0	100.0	

Exepérience



II- La perception

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
item 1.1	81	3.8642	1.12642	.12516
Item1.2	81	3.5185	1.10805	.12312
item 1.3	81	3.4074	1.19140	.13238
item 1.4	81	3.8395	1.13420	.12602

Annexe N °02 : Analyse de questionnaire**One-Sample Test**

	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
item1.1	30.875	80	.000	3.86420	3.6151	4.1133
Item1.2	28.579	80	.000	3.51852	3.2735	3.7635
item1.3	25.740	80	.000	3.40741	3.1440	3.6708
item1.4	30.467	80	.000	3.83951	3.5887	4.0903

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
perception	81	3.6574	.75977	.08442

One-Sample Test

	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
perception	43.324	80	.000	3.65741	3.4894	3.8254

III- Confidentialité

ANOVA^a

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	4.729	1	4.729	15.314	.000 ^b
Residual	24.397	79	.309		
Total	29.127	80			

a. Dependent Variable: confidentialité

b. Predictors: (Constant), perception

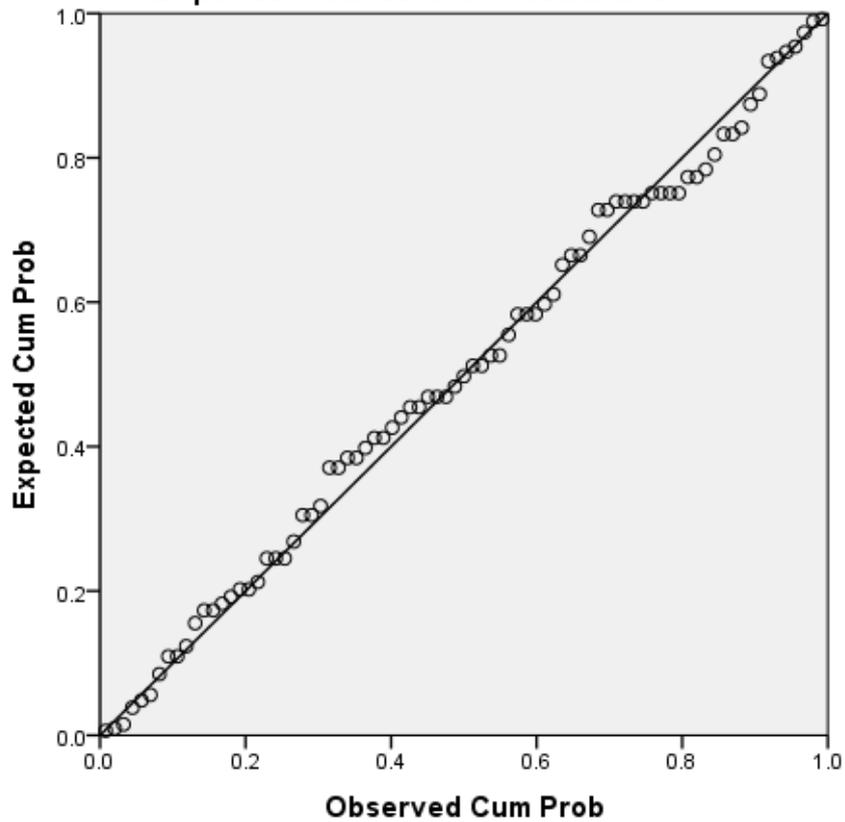
Annexe N °02 : Analyse SPSS de questionnaire

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	2.323	.305		7.608	.000
perception	.320	.082	.403	3.913	.000

a. Dependent Variable: confidentialité

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual
Dependent Variable: confidentialité



IV- Simplification

Annexe N °02 : Analyse SPSS de questionnaire

ANOVA^a

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	1.165	1	1.165	1.753	.189 ^b
Residual	52.521	79	.665		
Total	53.687	80			

a. Dependent Variable: simplification

b. Predictors: (Constant), perception

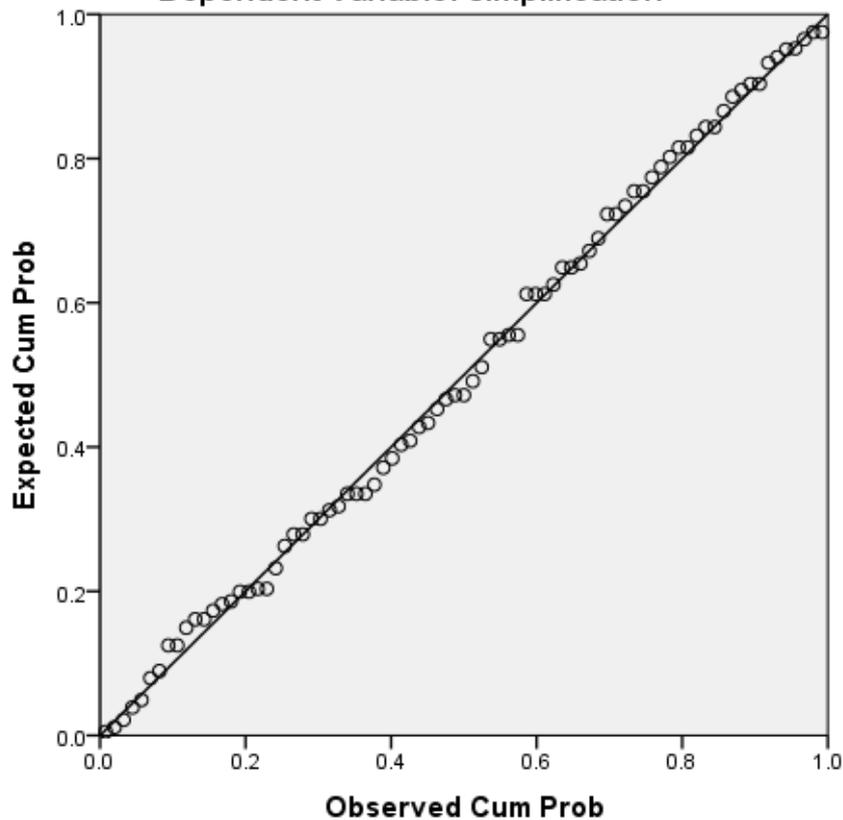
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.922	.448		6.521	.000
	perception	.159	.120	.147	1.324	.189

a. Dependent Variable: simplification

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual

Dependent Variable: simplification



Annexe N °02 : Analyse SPSS de questionnaire

V- Information

ANOVA^a

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	2.026	1	2.026	1.691	.197 ^b
Residual	94.660	79	1.198		
Total	96.686	80			

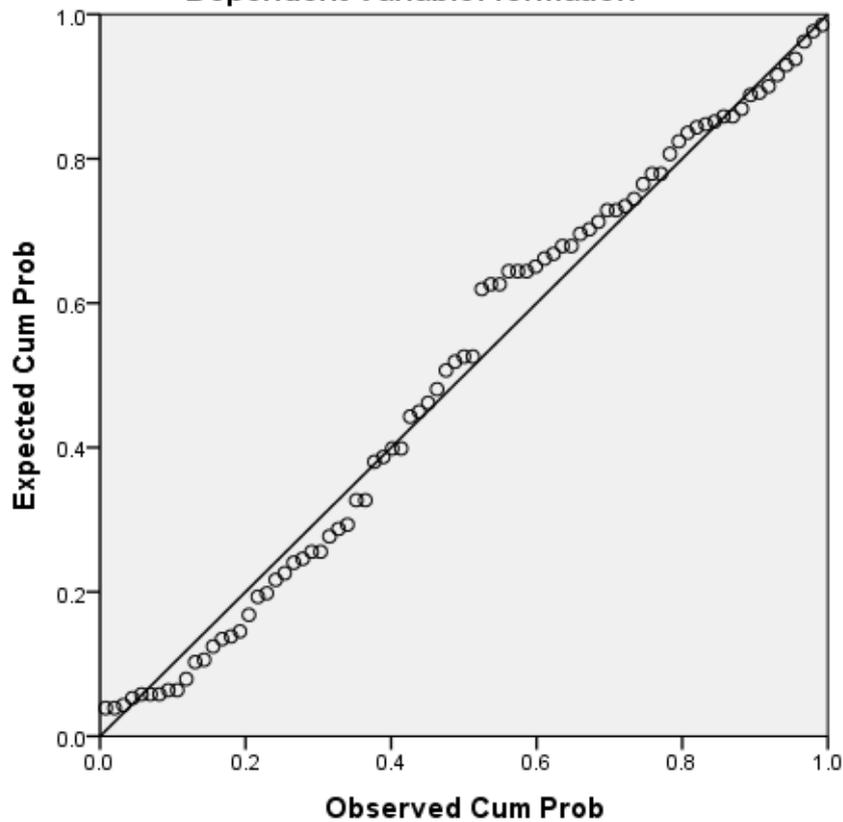
- a. Dependent Variable: formation
- b. Predictors: (Constant), perception

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.610	.602		6.001	.000
	perception	-.209	.161	-.145	-1.300	.197

- a. Dependent Variable: formation

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual
Dependent Variable: formation



Annexe N °02 : Analyse SPSS de questionnaire

VI- Ethique
ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.915	1	2.915	4.435	.038 ^b
	Residual	51.925	79	.657		
	Total	54.840	80			

a. Dependent Variable: ethique

b. Predictors: (Constant), perception

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.884	.446		6.472	.000
	perception	.251	.119	.231	2.106	.038

a. Dependent Variable: ethique

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual

Dependent Variable: ethique

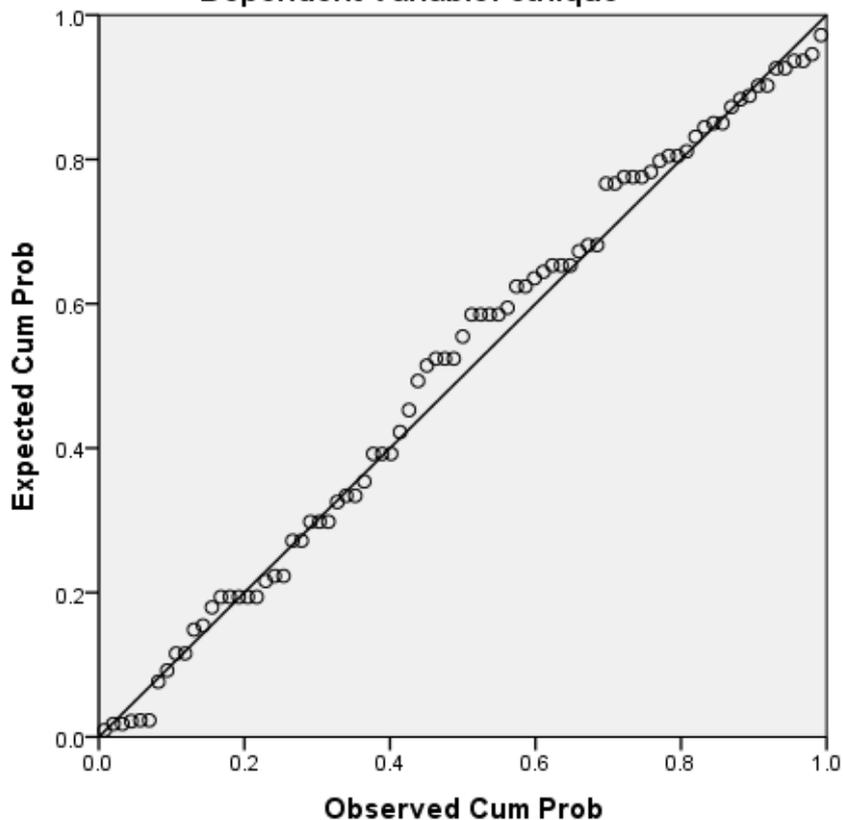


Table des matières

Table des matières

REMERCIEMENT	
DEDICACE	
SOMMAIRE.....	I
LISTE DES TABLEAUX	II
LISTE DES FIGURES	III
LISTE DES ANNEXES.....	IV
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	V
RESUME	IX
ABSTRACT.....	X
ملخص.....	XI
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	A-H
CHAPITRE I : Fondements de base de l'Intelligence Artificielle	
Introduction du chapitre I.....	- 2 -
Section 01 : l'Intelligence Artificielle (IA) : Concepts, Types et Applications.....	- 3 -
1. Définition de l'IA	- 3 -
1.1 Agir de manière humaine : L'approche du Test de Turing	- 4 -
1.2 Penser de manière humaine : L'approche de la modélisation cognitive	- 5 -
1.3 Penser rationnellement : L'approche des "lois de la pensée"	- 5 -
1.4 Agir rationnellement : L'approche de l'agent rationnel	- 5 -
2. Types de IA	- 6 -
2.1 IA basée sur l'étendue de la tâche	- 6 -
2.2 IA basée sur le mode d'apprentissage.....	- 7 -
2.3 IA basée sur l'autonomie	- 8 -
3. Concepts liés à l'intelligence artificielle.....	- 9 -
3.1 Apprentissage automatique (Machine Learning)	- 10 -
3.2 La robotique	- 11 -
3.3 Vision par machine.....	- 11 -
3.4 La planification et l'optimisation	- 12 -
3.5 Le domaine du traitement de la parole	- 12 -
3.6 Le traitement du langage naturel (NLP).....	- 13 -
3.7 Les systèmes experts.....	- 14 -
4. Des autres concepts liés à IA.....	- 15 -
4.1 Les algorithmes génétiques	- 15 -
4.2 Deep learning	- 16 -
4.3 Interprétabilité de l'IA	- 16 -
4.4 Reinforcement Learning (Apprentissage par renforcement)	- 16 -
5. Les étapes clés du processus de fonctionnement de l'intelligence artificielle	- 16 -
5.1 Collecte et Prétraitement des Données.....	- 16 -

5.2	Choix et Construction du Modèle	- 17 -
5.3	Évaluation et Optimisation du Modèle	- 18 -
5.4	Déploiement et Maintenance	- 18 -
6.	Les Fondements de la Cybernétique : Lien entre la Théorie du Contrôle et l'IA.....	- 18 -
Section 02 : Evolution historique de IA		- 20 -
1.	Les précurseurs de l'IA (1943-1955).....	- 20 -
2.	L'âge d'or et les premiers pas (1956-1969)	- 23 -
3.	Le réalisme et les défis (1970-1989)	- 26 -
3.1	Une dose de réalité (1966-1973).....	- 26 -
3.2	Les systèmes basés sur la connaissance : la clé du pouvoir ? (1969-1979).....	- 26 -
3.3	L'IA devient une industrie (1980–aujourd'hui)	- 27 -
3.4	Le retour des réseaux neuronaux (1986–aujourd'hui).....	- 28 -
3.5	L'IA adopte la méthode scientifique (1987–aujourd'hui)	- 28 -
4.	L'essor contemporain de l'IA (1990-présent)	- 29 -
4.1	L'émergence des agents intelligents (1995–présent)	- 29 -
4.2	La disponibilité de très grands ensembles de données (2001–présent).....	- 30 -
Conclusion du chapitre I		- 31 -

CHAPITRE II : L'audit financier à l'ère de la numérisation

Introduction du chapitre II		- 35 -
Section 01 : Cadre théorique de l'audit financier		- 36 -
1.	Définition de l'audit	- 36 -
2.	Types d'audit.....	- 38 -
2.1	Audit financier.....	- 38 -
2.2	Audit interne	- 39 -
2.3	Audit opérationnel.....	- 39 -
2.4	Audit de conformité.....	- 39 -
2.5	Audit de conformité sociale	- 39 -
2.6	Audit de la qualité	- 40 -
2.7	Audit informatique.....	- 40 -
2.8	Audit de sécurité.....	- 40 -
3.	Cadre de réglementation.....	- 41 -
3.1	Lois	- 41 -
3.2	Normes comptables	- 41 -
3.3	Réglementations gouvernementales.....	- 41 -
4.	Évolution des normes.....	- 43 -
4.1	Période de fondation	- 43 -
4.2	Période de consolidation	- 43 -
4.3	Période de réforme.....	- 43 -
4.4	Période de numérisation	- 44 -
5.	L'histoire de l'audit	- 44 -
5.1	Origines de l'audit.....	- 44 -
5.2	Émergence de l'audit financier	- 45 -
5.3	Développement des normes et des pratiques d'audit	- 45 -
6.	Démarche de l'audit financier	- 46 -
6.1	Acceptation de la mission	- 47 -
6.2	Évaluation des risques et planification.....	- 48 -
6.3	Procédures mises en œuvre à l'issue de l'évaluation des risques	- 50 -
6.4	Les travaux de fin de mission	- 52 -
Section 02 : Transformation de l'audit dans le contexte numérique		- 53 -
1.	Les études empiriques.....	- 53 -
2.	Planification augmentée par l'IA.....	- 56 -
2.1	Intégration de l'IA dans la Phase de Planification de l'Audit :	- 57 -

2.2 Comparaison entre la planification assistée par l'IA et la planification traditionnel.....	- 58 -
3. Contrat intelligent et automatisation des processus	- 59 -
3.1 Relations avec les clients :	- 60 -
3.2 Accords avec les fournisseurs de technologie :	- 60 -
4. Identification des facteurs de risque grâce à l'IA.....	- 61 -
5. Évaluation des risques de contrôle assistée par l'IA.....	- 61 -
5.1 Analyse avancée des données	- 62 -
5.2 Identification proactive des risques	- 62 -
5.3 Évaluation plus précise des risques.....	- 62 -
5.4 Réduction des biais humains.....	- 63 -
5.5 Optimisation des procédures d'audit	- 63 -
5.6 Détection des fraudes et des irrégularités.....	- 63 -
5.7 Automatisation des tâches répétitives	- 63 -
5.8 Amélioration de la conformité réglementaire	- 64 -
5.9 Prédiction des risques futurs.....	- 64 -
5.10 Amélioration continue du processus d'audit	- 64 -
6. Tests substantiels automatisés par l'IA.....	- 64 -
7. Évaluation des preuves renforcée par l'IA	- 65 -
Conclusion du chapitre II.....	- 66 -
CHAPITRE III : Analyse des Résultats : Intelligence Artificielle dans l'Audit Financier
Introduction du chapitre III.....	- 69 -
Section 01 : Démarche méthodologique	- 70 -
1. Présentation du lieu de stage	- 70 -
1.1 Aperçu général sur la SAA.....	- 70 -
1.2 Les Valeurs de la SAA	- 71 -
1.3 Leadership National de l'Assurance.....	- 71 -
2. Méthodologie de l'étude.....	- 73 -
2.1 Présentation de l'échantillon	- 73 -
2.2 Présentation des données.....	- 73 -
2.3 Présentation du questionnaire.....	- 74 -
3. Présentation des tests utilisés.....	- 76 -
3.1 Les fréquences	- 76 -
3.2 Normalité.....	- 76 -
3.3 Le T-student.....	- 76 -
3.4 La régression linéaire	- 76 -
Section 02 : Analyse et discussion des résultats de l'enquête.....	- 77 -
1. Analyse de la fiche signalétique (le 1er volet)	- 77 -
1.1 Sexe.....	- 77 -
1.2 Âge.....	- 77 -
1.3 Profession.....	- 78 -
1.4 Expérience	- 79 -
2. Analyse des axes de l'étude.....	- 79 -
2.1 L'analyse du 1 ^{er} Axe : Connaissances de base en Intelligence Artificielle	- 80 -
2.2 L'analyse du 2 ^{ème} Axe : Confidentialité et efficacité de l'IA dans les audits financiers	- 82 -
2.3 Analyse de 3 ^{ème} axe : Simplification et automatisation des vérifications financières grâce à l'IA	- 87 -
2.4 Analyse du 4 ^{ème} axe : Formation et adaptation aux technologies de l'IA.....	- 90 -
2.5 Analyse du 5 ^{ème} : Éthique et responsabilité dans l'utilisation de l'IA.....	- 92 -
Conclusion du chapitre III.....	- 96 -
CONCLUSION GENERALE	- 97 -
Bibliographie	- 101 -

TABLE DES MATIERES

ANNEXES	i-xii
Table des matières	II