

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



جامعة سعيدة د. مولاي الطاهر

كلية الرياضيات و الإعلام الآلي و الاتصالات السلكية و اللاسلكية

قسم: الإعلام الآلي

Mémoire de Master en informatique

Spécialité : IA-PA

Thème

**La gestion et la surveillance des entreprises
de gaz, d'électricité et de pétrole avec
l'intelligence artificielle environnementale**

• Présenté par :

Aissa Mimoun

Khalfati Zouaoui

• Dirigé par :

Pr : Bouarara Hadj Ahmed

Année universitaire



2024-2025

ملخص

إدارة ومراقبة قطاعي النفط والغاز ضرورية لضمان السلامة والاستدامة وكفاءة العمليات. يشمل ذلك التخطيط الاستراتيجي للموارد، والمراقبة البيئية، وإدارة المخاطر، والامتثال للمعايير التنظيمية. ومشاركة أصحاب المصلحة. المصاحبة للتحديات الحديثة. مثل الذكاء الاصطناعي (IA)، التعلم العميق (deep Learning)، نماذج اللغة الكبيرة (LLM) والروبوتات الحاسوبية. تحول هذه القطاعات بشكل عميق.

يسمح الذكاء الاصطناعي بالصيانة التنبؤية، وتحسين اللوجستيات، والمراقبة في الوقت الحقيقي. بينما تسهل نماذج التعلم العميق اكتشاف العيوب، وتوقع الإنتاج، وأتمتة العمليات. تعزز نماذج اللغة الكبيرة (LLM) التواصل، وتبسيط البيانات، وإلغاء المستوى التطبيقي. أما بالنسبة للروبوتات الحاسوبية، فهي تدعم اكتشاف التسريبات، وفحص البنى التحتية، وإدارة التأثير البيئي.

تساهم تبني هذه التقنيات في تقليل المخاطر، وزيادة الكفاءة، والاستجابة للمتطلبات المتزايدة في مجال المسؤولية الاجتماعية والبيئية. هذا التقدم التكنولوجي يبدل خطوة حاسمة نحو مستقبل طاق أكثر أمناً واستدامة.

Abstract

The management and monitoring of the oil and gas sectors are critical to ensuring operational safety, efficiency, and sustainability. These activities encompass strategic resource planning, environmental monitoring, risk management, regulatory compliance, and stakeholder engagement. Modern technologies such as Artificial Intelligence (AI), Deep Learning, Large Language Models (LLMs), and Computer Vision are revolutionizing these industries.

AI enables predictive maintenance, logistical optimization, and real-time monitoring. Deep learning models enhance anomaly detection, production forecasting, and process automation. LLMs support communication, data analysis, and educational content generation. Computer vision technologies are used for infrastructure inspection, leak detection, and environmental impact monitoring.

The integration of these advanced technologies reduces risks, increases operational efficiency, and helps meet growing expectations for environmental and social responsibility. This technological transformation represents a crucial step toward a safer and more sustainable energy future.

Résumé

La gestion et la surveillance des secteurs pétrolier et gazier sont essentielles pour garantir la sécurité, la durabilité et l'efficacité des opérations. Cela inclut la planification stratégique des ressources, la surveillance environnementale, la gestion des risques, le respect des normes réglementaires et l'engagement des parties prenantes. Les technologies modernes, telles que l'intelligence artificielle (IA), l'apprentissage profond (deep learning), les modèles de langage de grande taille (LLM) et la vision par ordinateur, transforment profondément ces secteurs.

L'IA permet une maintenance prédictive, une optimisation logistique et une surveillance en temps réel, tandis que les modèles d'apprentissage profond facilitent la détection d'anomalies, la prévision de la production et l'automatisation des opérations. Les LLM renforcent la communication, l'analyse de données et la création de contenu éducatif. Quant à la vision par ordinateur, elle améliore la détection des fuites, l'inspection des infrastructures et la gestion de l'impact environnemental.

L'adoption de ces technologies contribue à minimiser les risques, à accroître l'efficacité et à répondre aux exigences croissantes en matière de responsabilité sociale et environnementale. Ce progrès technologique marque une étape cruciale vers un avenir énergétique plus sûr et plus durable.

0.1 Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont joué un rôle essentiel dans mon parcours éducatif et personnel.

À mes professeurs, je vous remercie sincèrement pour votre dévouement et votre passion pour l'enseignement. Votre capacité à transmettre des connaissances et à inspirer vos élèves a eu un impact considérable sur ma vie. Grâce à vous, j'ai appris à aimer l'apprentissage et à me dépasser.

À mes parents, votre soutien indéfectible a été ma force. Vous m'avez toujours encouragé à croire en moi et à poursuivre mes rêves. Votre confiance en mes capacités m'a donné le courage d'affronter les défis. Merci pour vos sacrifices et votre amour inconditionnel.

À mes collègues, je vous suis reconnaissant pour votre camaraderie et votre collaboration. Travailler à vos côtés a enrichi mon expérience et m'a permis d'apprendre tant de choses. Votre esprit d'équipe et vos encouragements ont rendu notre environnement de travail agréable et stimulant.

Merci à chacun d'entre vous pour votre contribution précieuse à mon développement. Je suis honoré d'avoir des personnes aussi merveilleuses dans ma vie, et je chérirai toujours les souvenirs que nous avons créés ensemble.

Table des figures

1.1	formuler une problématique	9
2.1	Schéma :Les Réseaux Antagonistes Génératifs (GANs)	12
2.2	Les Auto encodeursVibrationnels (VAEs).....	13
2.3	Schéma :Les Modèles de Transformers	14
3.1	les agents IA.....	19
3.2	Applications des agents d'intelligence artificielle	24
4.1	python version 3.7.....	29
4.2	Brochure proteus 8.8.....	32
4.3	Visual designer pour arduino	33
4.4	Schéma de connexion physique coupures et reprises d'électricité en utilisant un capteur intelligent	35
4.5	Simulation : détection des fuites de gaz en utilisant un capteur intelligent MQ2 .	37
4.6	Simulation : utilisation drone pour surveillance avec camera de pipelines pétrolier	38
4.7	Dronne en 3D	38
4.8	Architecture de base du RNN	41
4.9	Architecture GRU.....	42
4.10	code de prediction de la consommation (LSTM,RNN,GRU)	43
4.11	données de consommation	43
4.12	Prediction de consommation LSTM,RNN,GRU(Execution et Evaluation)	44
4.13	Distibution de Prediction de consommation LSTM,RNN,GRU	45
4.14	Dépassements de seuil et coupures LSTM,RNN,GRU	45
4.15	code du chatboot	45
4.16	Interface d'exécution du code chatboot.....	46

Liste des tableaux

3.1	tableau comparatif entre les types d'agents artificial	22
4.1	Matériaux nécessaire pour la simulation 1	34
4.2	Connexions pour la simulation 1	35
4.3	Matériaux nécessaire pour la simulation 2	36

Table des matières

0.1	Remerciements	1
0.2	Introduction générale :	7
1	Contexte et Problématique	8
1.1	Introduction	8
1.2	Contexte de la Gestion et de la Surveillance dans les Secteurs Pétrolier et Gazier	8
1.3	Problématique.....	9
1.3.1	Gestion des ressources :	9
1.3.2	Surveillance environnementale :.....	9
1.3.3	Sécurité des opérations :.....	10
1.3.4	Technologies de surveillance :.....	10
1.3.5	Réglementation et conformité :.....	10
1.3.6	Engagement des parties prenantes [9] :.....	10
1.4	Problématique centrale	10
1.5	Conclusion.....	10
2	La Générative IA - Approfondissement Technique et Applications	11
2.1	Introduction	11
2.2	Techniques Fondamentales de la Générative IA.....	11
2.2.1	Les Réseaux Antagonistes Génératifs (GANs).....	11
2.2.2	Les Auto encodeursVibrationnels (VAEs)	12
2.2.3	Les Modèles de Transformers	13
2.3	Modèles Avancés et Variantes.....	14
2.3.1	Cycle GAN	14
2.3.2	Style GAN	15
2.3.3	Diffusion Models	15
2.4	Applications Techniques de la Générative IA	15
2.4.1	Génération de Texte	15
2.4.2	Génération d'Images.....	15
2.4.3	Génération de Musique et Audio	15
2.4.4	Génération de Vidéos	16
2.5	Défis Techniques et Solutions.....	16
2.5.1	Mode Collapse dans les GANs	16
2.5.2	Qualité des Données Générées.....	16
2.5.3	Coût de Calcul	16
2.6	Perspectives Futures	17
2.6.1	Amélioration des Modèles.....	17
2.6.2	Applications Émergentes	17

2.6.3	Éthique et Régulation	17
2.7	Conclusion.....	18
3	Comprendre les agents d'intelligence artificielle : L'avenir des systèmes autonomes	19
3.1	Introduction	19
3.2	Qu'est-ce qu'un agent d'intelligence artificielle ?	19
3.3	Principales caractéristiques des agents d'intelligence artificielle	20
3.3.1	1Autonomie et prise de décision :	20
3.3.2	Apprentissage et adaptabilité.....	20
3.3.3	Analyser les modèles de données.....	20
3.3.4	Ajuster leur comportement en fonction du retour d'information de leur environnement.....	20
3.3.5	Optimiser leurs performances au fil du temps	20
3.3.6	Gérer de nouveaux scénarios.....	20
3.4	Types d'agents d'intelligence artificielle.....	21
3.4.1	Agents réactifs	21
3.4.2	Agents délibérants	21
3.4.3	Agents hybrides	21
3.5	Applications des agents d'intelligence artificielle	22
3.5.1	Les agents d'IA dans les soins de santé	22
3.5.2	Les agents d'IA dans la finance.....	23
3.6	Avantages et défis des agents d'intelligence artificielle	23
3.6.1	Avantages des agents d'intelligence artificielle	23
3.6.2	Défis liés à la mise en œuvre d'agents d'intelligence artificielle	25
3.7	Tendances futures des agents d'intelligence artificielle.....	25
3.7.1	Intégration avec l'IoT et les dispositifs intelligents.....	25
3.7.2	Domotique intelligente.....	26
3.7.3	Applications industrielles de l'IoT.....	26
3.7.4	Progrès dans l'apprentissage des agents d'IA.....	26
3.8	Conclusion.....	27
4	Réalisation et simulation	28
4.1	Introduction	28
4.2	Outils et logiciels.....	28
4.3	Simulation 1.....	33
4.3.1	Coupure et reprise d'électricité en utilisant un capteur intelligent	33
4.4	Simulation 2.....	35
4.4.1	Détection des fuite gaz en utilisant un capteur Intelligent MQ2.....	35
4.5	Simulation 3.....	37
4.5.1	utilisation drone pour surveillance avec camera de pipelines pétrolier	37
4.6	Prediction de consommation,dépassements de seuils :en utilisant les algorithmes LSTM,RNN et GRU.....	39
4.6.1	LSTM.....	39
4.6.2	RNN.....	40
4.6.3	GRU.....	41
4.6.4	Mémoire à long terme.....	42

4.6.5	Chargement des Données	42
4.6.6	Prétraitement des Données	42
4.6.7	Division en Ensembles d'Entraînement et de Test	43
4.6.8	Normalisation	43
4.6.9	Création de Séquences.....	44
4.6.10	Modèle LSTM,GRU,RNN.....	44
4.6.11	Entraînement du Modèle.....	44
4.6.12	Prédictions.....	44
4.6.13	Évaluation du Modèle.....	44
4.6.14	Visualisation.....	44
4.6.15	Liste des Dépassements.....	45
4.7	Chatboot.....	45
4.7.1	code et execution du chatboot :.....	45
4.8	Conclusion.....	46
5	Etat de l'art	47
5.1	Introduction	47
5.2	L'intelligence artificielle : une révolution silencieuse dans le secteur pétrole et gaz	47
5.2.1	Optimisation de l'exploration et de la production.....	48
5.2.2	Amélioration de la maintenance et de la sécurité :.....	48
5.2.3	Transformation de la logistique et de la distribution :	48
5.2.4	Réduction de l'impact environnemental :.....	48
5.3	Vers un avenir façonné par l'ia	49
5.4	Les moyens de gestion et de surveillance traditionnels.....	49
5.4.1	La surveillance par inspection humaine :.....	49
5.4.2	Le contrôle par SCADA	49
5.4.3	Le cadre institutionnel et environnemental :	49
5.5	Les projets récents et les innovations en cours au niveau national.....	49
5.5.1	Sonatrach – Le projet « Smart Oilfield » (Hassi Messaoud, 2022–en cours) :	49
5.5.2	Collaboration Sonatrach et IAP (Institut Algérien du Pétrole) :.....	50
5.5.3	Projet de drones de surveillance (Université de Boumerdès et ENTP) :	50
5.5.4	Freins à l'innovation	50
5.5.5	Perspectives :.....	50
5.6	Les projets récents et les innovations en cours au niveau international.....	51
5.6.1	Shell – Projet de Maintenance Prédictive avec l'IA :.....	51
5.6.2	TotalEnergies – Drones et Vision par Ordinateur pour la Surveillance de Pipelines :.....	51
5.6.3	Equinor – Projet "Digital Twin" du champ Johan Sverdrup :.....	52
5.6.4	SaudiAramco – Système IA de Détection de Fuites (Smart LeakDetection) :	52
5.6.5	Petrobras – Inspection Sous-Marine avec Robots et Vision IA :.....	53
5.7	Défis et Contributions de l'IA dans la Gestion et la Surveillance des Entreprises Gazières, Électriques et Pétrolières	54
5.7.1	Defis.....	54
5.7.2	Contributions.....	54
5.8	Conclusion.....	55
5.9	Conclusion générale.....	55

0.2 Introduction générale :

Les secteurs pétrolier et gazier occupent une place stratégique dans l'économie mondiale, fournissant l'énergie nécessaire au fonctionnement de nombreuses industries et aux besoins quotidiens des populations. Toutefois, ces secteurs présentent également des défis considérables en matière de sécurité, de durabilité environnementale et de gestion des ressources. La complexité croissante des opérations, l'évolution des réglementations et les attentes accrues en matière de responsabilité sociale imposent une transformation profonde des méthodes traditionnelles de gestion et de surveillance. Dans ce contexte, l'intégration des nouvelles technologies – notamment l'intelligence artificielle, l'apprentissage profond, les modèles de langage de grande taille (LLM) et la vision par ordinateur – joue un rôle déterminant pour moderniser les pratiques du secteur. Ces innovations permettent non seulement de renforcer la sécurité et l'efficacité des opérations, mais aussi d'améliorer la transparence, la prévisibilité et la réactivité face aux aléas environnementaux et industriels. Cette étude se propose d'explorer les différentes facettes de la gestion et de la surveillance dans les secteurs pétrolier et gazier, en mettant l'accent sur les enjeux contemporains, les outils technologiques disponibles et les perspectives d'évolution à l'ère de la transformation numérique.

Chapitre 1

Contexte et Problématique

1.1 Introduction

Le pétrole et le gaz représentent depuis des décennies une source d'énergie incontournable et un levier essentiel du développement économique mondial. Leur exploitation conditionne non seulement la croissance industrielle, mais aussi la stabilité énergétique de nombreux pays. Cependant, cette dépendance s'accompagne de nombreux défis : complexité des opérations, préoccupations environnementales croissantes, exigences réglementaires strictes, et forte volatilité des marchés[4].

Face à cette réalité, les entreprises du secteur n'ont d'autre choix que d'adapter leurs stratégies. Il devient indispensable d'optimiser la gestion des ressources, de renforcer la surveillance des opérations et d'intégrer des technologies avancées [21]. Ce chapitre pose ainsi les bases nécessaires pour comprendre les enjeux majeurs liés à la gestion responsable et durable des ressources pétrolières et gazières.

1.2 Contexte de la Gestion et de la Surveillance dans les Secteurs Pétrolier et Gazier

Les secteurs pétrolier et gazier sont des piliers économiques à l'échelle mondiale. Ils alimentent les industries, les transports et les foyers, mais leur impact dépasse le simple apport énergétique. En effet, la gestion de ces ressources naturelles soulève de nombreuses questions de durabilité, de sécurité et de responsabilité sociale[14].

Pour garantir l'efficacité de leurs opérations, les entreprises doivent mettre en place une planification rigoureuse de l'exploration à la distribution. Cela implique l'utilisation de technologies modernes capables d'optimiser les performances tout en réduisant les coûts et le gaspillage[32].

Mais les enjeux ne sont pas que techniques. Les activités pétrolières et gazières peuvent générer d'importants impacts environnementaux :

pollution de l'air, des eaux, des sols, sans oublier les émissions de gaz à effet de serre. Une surveillance environnementale rigoureuse est donc indispensable, tant pour respecter la législation que pour limiter les dégâts écologiques[10].

La sécurité est également un enjeu majeur. Les risques d'accidents – fuites, explosions, incendies – nécessitent des dispositifs de prévention et des plans d'intervention d'urgence pour protéger les travailleurs, les infrastructures, et les communautés avoisinantes[9].

Enfin, les relations avec les parties prenantes – populations locales, gouvernements, ONG – doivent être basées sur la transparence et le dialogue. Il s’agit d’un élément clé pour assurer une exploitation plus équitable et minimiser les tensions sociales.

1.3 Problématique

Les défis auxquels le secteur pétrolier et gazier doit faire face sont nombreux et interconnectés. Ils exigent une approche globale, stratégique et technologique à la fois. On peut les regrouper en plusieurs grandes catégories :



FIGURE 1.1 – formuler une problématique

1.3.1 Gestion des ressources :

Il est crucial d’optimiser l’exploitation des ressources disponibles tout en maîtrisant les coûts[21]. Cela suppose une planification intelligente, une gestion efficace et une innovation constante dans les processus d’exploration et de distribution.

1.3.2 Surveillance environnementale :

Respecter les normes environnementales devient une priorité[10]. La surveillance des émissions, l’évaluation des impacts et l’utilisation de capteurs intelligents sont essentiels pour limiter les dégâts écologiques et répondre aux attentes sociétales.

1.3.3 Sécurité des opérations :

La prévention des incidents majeurs passe par une bonne gestion des risques [32]. Cela implique des protocoles de sécurité rigoureux, des plans de réponse en cas d'urgence, et des formations continues pour le personnel.

1.3.4 Technologies de surveillance :

L'introduction de technologies comme l'Internet des Objets (IoT), l'intelligence artificielle ou la vision par ordinateur permet une surveillance en temps réel [21] et une meilleure réactivité face aux anomalies ou aux menaces.

1.3.5 Réglementation et conformité :

Les entreprises doivent se conformer à un ensemble de lois et de règlements stricts [9], qu'il s'agisse de la sécurité, de l'environnement ou des droits humains. Cela nécessite des audits réguliers et une veille réglementaire permanente [14].

1.3.6 Engagement des parties prenantes [9] :

Impliquer les communautés locales, dialoguer avec les ONG et répondre aux attentes des citoyens est devenu un impératif pour garantir la pérennité des projets et renforcer la responsabilité sociale des entreprises.

1.4 Problématique centrale

Comment le secteur pétrolier et gazier peut-il intégrer efficacement les technologies avancées pour améliorer la gestion, renforcer la sécurité, réduire l'impact environnemental et répondre aux attentes sociétales, dans un contexte économique et réglementaire de plus en plus exigeant ?

1.5 Conclusion

La gestion du secteur pétrolier et gazier ne peut plus se faire selon les modèles classiques. Les enjeux contemporains – qu'ils soient économiques, environnementaux, sécuritaires ou sociaux – imposent une transformation en profondeur. Ce chapitre a permis de dresser un état des lieux des problématiques rencontrées et d'introduire la nécessité d'une réponse stratégique intégrée. Dans cette perspective, les technologies avancées, telles que l'intelligence artificielle et les systèmes de surveillance en temps réel, apparaissent comme des leviers essentiels pour bâtir un secteur plus efficace, plus sûr et plus durable citekumar2021.

Chapitre 2

La Générative IA - Approfondissement Technique et Applications

2.1 Introduction

La Générative IA est un domaine de l'intelligence artificielle qui se concentre sur la création de données nouvelles et originales, imitant les patterns et les structures présents dans les données d'entraînement[15]. Ce chapitre explore en détail les techniques, les architectures, les applications, et les défis de la Générative IA, en mettant l'accent sur les aspects techniques et les avancées récentes.

2.2 Techniques Fondamentales de la Générative IA

2.2.1 Les Réseaux Antagonistes Génératifs (GANs)

Les GANs (Generative Adversarial Networks) sont une des architectures les plus populaires pour la génération de données[16].

Architecture :

- o Générateur (Generator) : Crée des données synthétiques à partir de bruit aléatoire.
- o Discriminateur (Discriminator) : Distingue les données réelles des données générées.
- o Les deux réseaux sont entraînés simultanément dans un processus compétitif.

Fonction de Coût :

- o Le générateur cherche à minimiser la capacité du discriminateur à distinguer les données réelles des données synthétiques [35].
- o Le discriminateur cherche à maximiser cette capacité.
- o La fonction de coût est souvent basée sur la divergence de Jensen-Shannon.

Applications :

- o Génération d'images réalistes (ex : visages, paysages).
- o Transfert de style (style Transfer).
- o Super-résolution d'images.

Limites :

- o Instabilité lors de l'entraînement (mode collapse).
- o Difficulté à générer des données de haute qualité dans certains domaines.

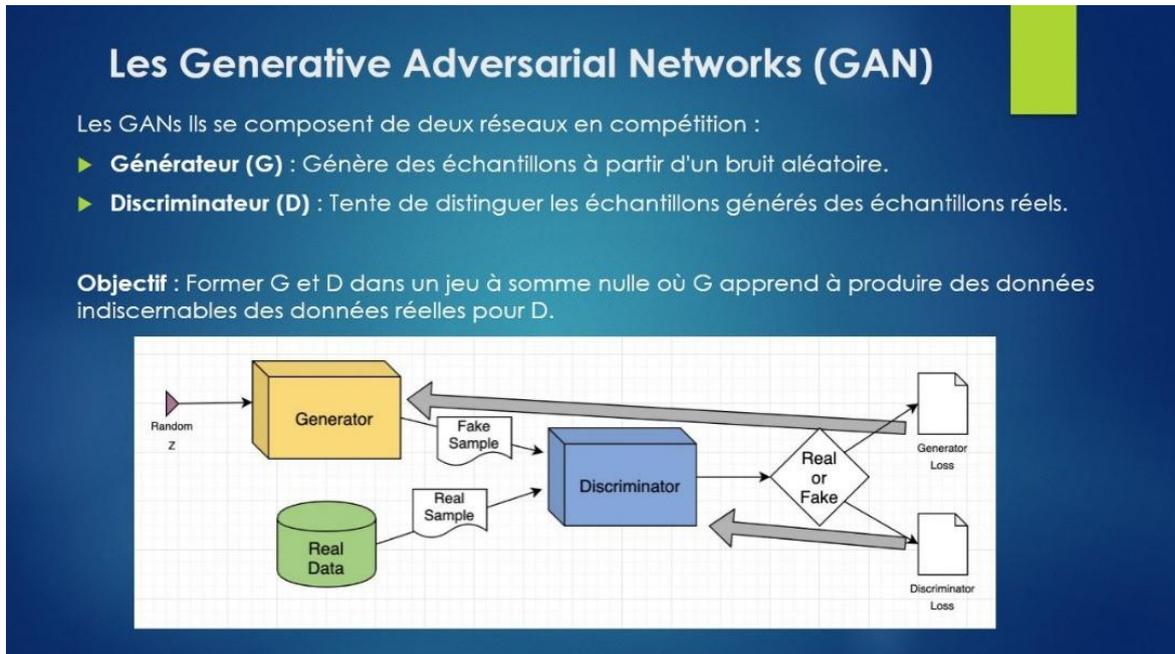


FIGURE 2.1 – Schéma :Les Réseaux Antagonistes Génératifs (GANs)

2.2.2 Les Auto encodeursVibrationnels (VAEs)

Les VAEs (Variational Autoencoders) sont une autre approche populaire pour la génération de données[6].

Architecture :

- o Encodeur : Transforme les données d'entrée en une distribution de probabilité dans un espace latent.
- o Décodeur : Reconstitue les données à partir de l'espace latent.
- o L'espace latent est souvent modélisé par une distribution gaussienne.

Fonction de Coût :

- o Combinaison d'une perte de reconstruction (pour la fidélité des données générées) et d'une perte de régularisation (pour la distribution latente).
- o La perte de régularisation est souvent basée sur la divergence de Kullback-Leibler (KL).

Applications :

- o Génération de visages, de molécules, ou de textes.
- o Compression de données.
- o Détection d'anomalies.

Limites :

- o Les données générées peuvent manquer de netteté par rapport aux GANs.
- o Complexité accrue pour modéliser des distributions complexes.

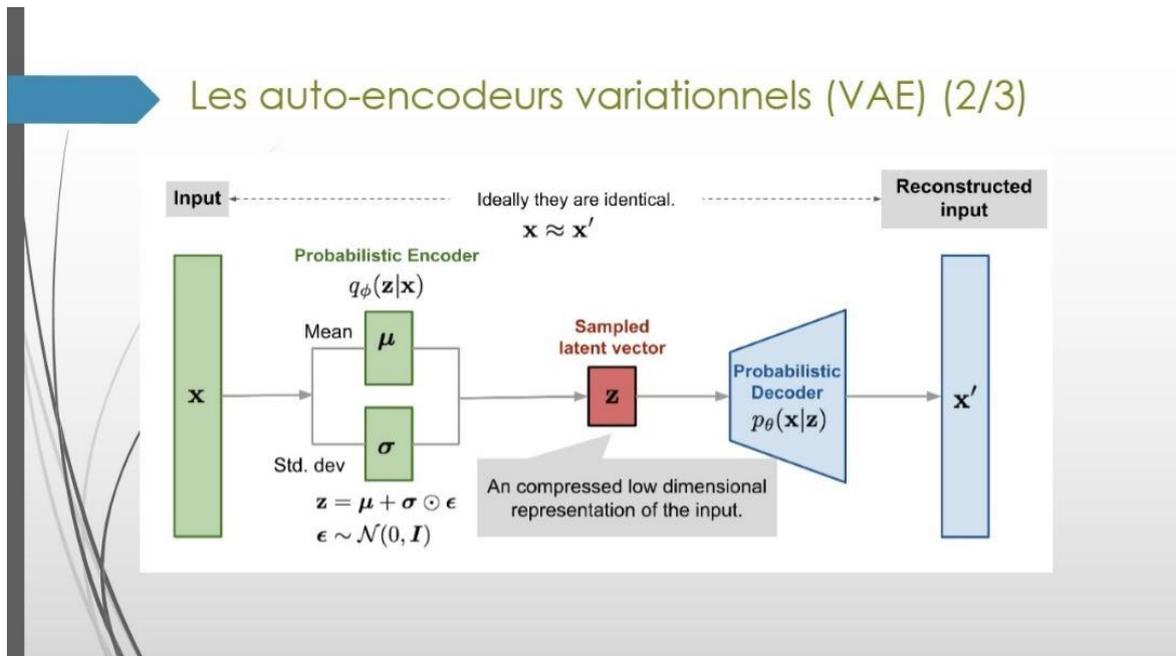


FIGURE 2.2 – Les Auto encodeurs Variationnels (VAEs)

2.2.3 Les Modèles de Transformers

Les Transformers sont des modèles basés sur l'attention (attention mechanism) et sont largement utilisés pour la génération de texte et d'images[34].

Architecture :

Fonction de Coût :

o Basée sur la perte de vraisemblance (log-likelihood) pour prédire la prochaine unité de données (ex : mot, pixel).

Applications :

- o Génération de texte (GPT-3, GPT-4).
- o Génération d'images (DALL-E, Stable Diffusion).
- o Traduction automatique.

Limites :

- o Coût de calcul élevé.
- o Difficulté à générer des séquences longues et cohérentes.

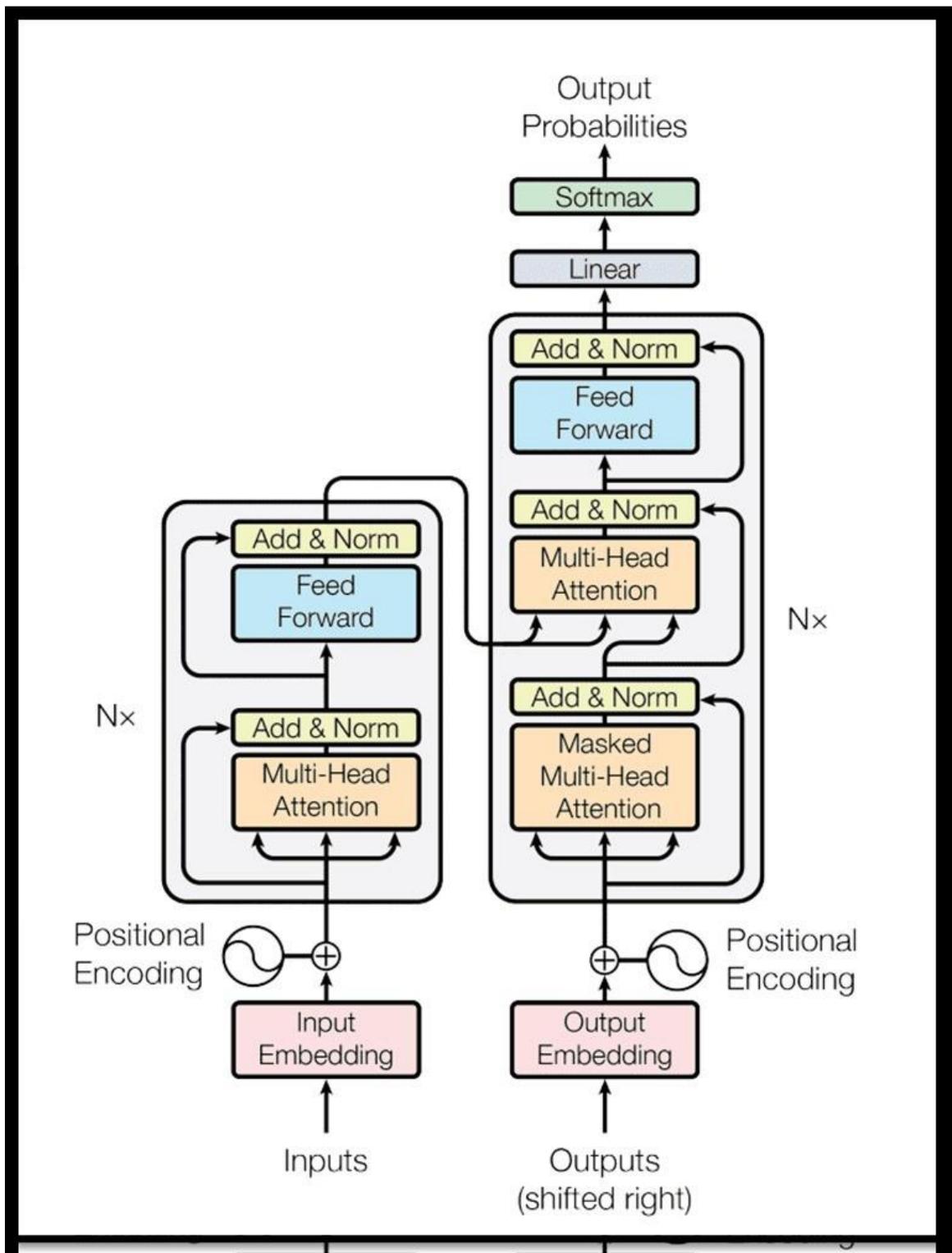


FIGURE 2.3 – Schéma :Les Modèles de Transformers

2.3 Modèles Avancés et Variantes

2.3.1 Cycle GAN

- Principe : Utilisé pour le transfert de style entre deux domaines (ex : transformer des photos en peintures)citezhu2017.

- Architecture : Deux GANs travaillant en tandem pour mapper un domaine à un autre et vice versa.
- Applications : Art numérique, traitement d'images.

2.3.2 Style GAN

- Principe : Génération d'images de haute qualité avec un contrôle fin sur le style.
- Architecture : Introduction de couches de style pour moduler les caractéristiques des images générées.
- Applications : Création de visages réalistes[19].design graphique.

2.3.3 Diffusion Models

- Principe : Génération de données par un processus itératif de débruitage (denoising).
- Architecture : Modèles basés sur des processus de diffusion stochastique.
- Applications : Génération d'images et de vidéos de haute qualité[17]. (ex : DALL-E 2, Imagen).

2.4 Applications Techniques de la Générative IA

2.4.1 Génération de Texte

Modèles :

GPT-3, GPT-4, BERT [5].

Applications :

- o Rédaction automatique d'articles, de rapports.
- o Chatbots et assistants virtuels.
- o Traduction automatique.

2.4.2 Génération d'Images

Modèles :

DALL-E, Stable Diffusion, MidJourney.

Applications :

- o Création d'illustrations, de logos.
- o Restauration et amélioration d'images.
- o Génération de visages synthétiques [30]pour les jeux vidéo.

2.4.3 Génération de Musique et Audio

Modèles :

Jukebox (OpenAI), WaveNet.

Applications :

- o Composition musicale automatique.
- o Synthèse vocale [13] (text-to-speech).
- o Génération de bruitages pour les films.

2.4.4 Génération de Vidéos

Modèles :

Deepak, VideoGPT.

Applications :

- o Création de vidéos synthétiques.
- o Effets spéciaux [36] dans le cinéma.
- o Simulation d'environnements virtuels.

2.5 Défis Techniques et Solutions

2.5.1 Mode Collapse dans les GANs

Problème :

Le générateur produit des sorties peu variées.

Solutions :

- o Utilisation de techniques comme Wasserstein GAN [1] (WGAN).
- o Ajout de régularisation (ex : gradient penalty).

2.5.2 Qualité des Données Générées

Problème :

Les données générées peuvent manquer de netteté ou de cohérence.

Solutions :

- o Amélioration des architectures (ex : StyleGAN, Diffusion Models).
- o Utilisation de données d'entraînement de haute qualité [12].

2.5.3 Coût de Calcul

Problème :

Les modèles génératifs nécessitent d'importantes ressources computationnelles.

Solutions :

- o Optimisation des algorithmes (ex : mixed précision training).
- o Utilisation de matériel spécialisé (ex : TPUs, GPUs).

2.6 Perspectives Futures

2.6.1 Amélioration des Modèles

Recherche :

Développement de modèles plus efficaces et moins coûteux en termes de calcul.

Innovation :

Intégration de la Générative IA avec d'autres technologies comme la réalité augmentée (AR) et la réalité virtuelle[27] (VR).

2.6.2 Applications Émergentes

Santé :

[8]
Génération de modèles 3D pour la planification chirurgicale.

Éducation :

Création de contenus pédagogiques personnalisés.

Industrie :

Conception de produits innovants grâce à la génération de designs.

2.6.3 Éthique et Régulation

Transparence :

Nécessité de rendre les modèles génératifs plus explicables.

Sécurité :

Prévention des usages malveillants [3](ex : deepfakes).

Régulation :

Mise en place de cadres légaux pour encadrer l'utilisation de la Générative IA.

2.7 Conclusion

La Générative IA est un domaine en pleine expansion, avec des applications révolutionnaires dans de nombreux secteurs. Les techniques comme les GANs, les VAEs, et les Transformers ont ouvert la voie à des avancées majeures, mais des défis techniques subsistent. Une compréhension approfondie de ces modèles et de leurs limites est essentielle pour exploiter pleinement leur potentielcitegoodfellow2020.

Chapitre 3

Comprendre les agents d'intelligence artificielle : L'avenir des systèmes autonomes

3.1 Introduction

L'agent IA mentionné dans votre texte semble être une référence à un système ou un modèle d'intelligence artificielle capable de générer du contenu ou de prendre des décisions basées sur des techniques de Générative IA[31]. Pour clarifier et approfondir ce concept, voici une explication détaillée de ce qu'un agent IA pourrait être dans le contexte de la Générative IA, ainsi que des exemples concrets de son utilisation.



FIGURE 3.1 – les agents IA

3.2 Qu'est-ce qu'un agent d'intelligence artificielle ?

Les agents d'intelligence artificielle sont des systèmes informatiques conçus pour percevoir leur environnement, prendre des décisions et agir pour atteindre des objectifs spécifiques[29]. Considérez-les comme des entités numériques capables de sentir, de penser et d'agir, un peu comme nous, les humains, interagissons avec notre monde, mais d'une manière qui leur est propre.

3.3 Principales caractéristiques des agents d'intelligence artificielle

Les agents d'intelligence artificielle se distinguent par leurs capacités unifiées de perception, de raisonnement et d'action pour atteindre des objectifs spécifiques. Cela marque une évolution des systèmes d'IA passifs qui se contentent de traiter des données vers des entités [26]actives qui peuvent s'engager dans leur environnement et y répondre en temps réel.

3.3.1 1Autonomie et prise de décision :

Les agents d'IA fonctionnent de manière indépendante et prennent des décisions sans supervision humaine permanente. Imaginez une voiture autopilotée qui se faufile dans la circulation : elle doit en permanence analyser son environnement, prévoir les mouvements des autres véhicules et prendre des décisions en une fraction de seconde pour assurer la sécurité de ses déplacements. La principale différence est qu'une fois correctement configurés, ces agents peuvent fonctionner de manière autonome, en gérant à la fois des tâches de routine et des situations inattendues.

3.3.2 Apprentissage et adaptabilité

Si l'autonomie permet un fonctionnement indépendant, l'efficacité d'un agent d'intelligence artificielle tient à sa capacité d'apprentissage et d'adaptation au fil du temps. Ils peuvent le faire :

3.3.3 Analyser les modèles de données

pour améliorer leur prise de décisionciternih2015, comme une IA de service client qui apprend à identifier les demandes urgentes sur la base des résolutions antérieures.

3.3.4 Ajuster leur comportement en fonction du retour d'information deleur environnement

à l'instar d'un système de recommandation qui affine ses suggestions [7]en fonction des interactions avec l'utilisateur.

3.3.5 Optimiser leurs performances au fil du temps

grâce à divers mécanismes d'apprentissage, comme un agent d'intelligence artificielle qui améliore ses traductions linguistiques[11] grâce aux corrections apportées par l'utilisateur.

3.3.6 Gérer de nouveaux scénarios

en appliquant les connaissances acquises à des situations inconnues [18], comme un bras robotisé qui adapte sa technique de préhension pour saisir un objet qu'il n'avait jamais vu auparavant.

3.4 Types d'agents d'intelligence artificielle

Comprendre les différents types d'agents d'intelligence artificielle permet de clarifier la manière dont ils peuvent être appliqués à différents problèmes[37], de la simple automatisation aux tâches décisionnelles complexes.

3.4.1 Agents réactifs

Il s'agit de la forme la plus simple d'agents d'intelligence artificielle, fonctionnant selon un principe de base : ils perçoivent et réagissent, sans conserver d'état interne ni de mémoire des actions passées. Considérez-les comme des réflexes numériques - ils suivent des règles préprogrammées pour répondre à des situations spécifiques. Un exemple classique est celui d'un programme de jeu d'échecs de base qui examine l'état actuel du plateau et choisit le meilleur mouvement sur la base de règles prédéterminées [31], sans tenir compte des mouvements antérieurs ni planifier de stratégies futures. De même, les systèmes de détection du spam qui prennent des décisions immédiates sur la base de règles prédéfinies sont des exemples d'agents réactifs utilisés au quotidien.

3.4.2 Agents délibérants

Ces agents plus sophistiqués maintiennent un état interne et peuvent planifier à l'avance. Ils prennent en compte non seulement la situation actuelle, mais aussi les résultats futurs [26] potentiels. Par exemple, un agent de planification d'itinéraire ne se contente pas de réagir aux conditions de circulation actuelles : il tient compte de l'historique du trafic, des prévisions météorologiques et des événements programmés pour planifier l'itinéraire optimal. De même, les agents de gestion des stocks peuvent prévoir la demande future sur la base de données historiques, de tendances saisonnières et d'événements à venir afin d'optimiser les niveaux de stock

De nombreux systèmes d'IA modernes combinent à la fois des capacités réactives et délibératives, ce qui conduit à l'émergence d'agents hybrides capables de gérer à la fois des réponses immédiates et une planification à long terme.

3.4.3 Agents hybrides

Les agents hybrides sont des systèmes qui combinent différentes approches ou technologies pour résoudre des problèmes complexes. Ils peuvent intégrer des éléments d'intelligence artificielle, d'apprentissage automatique[29], de systèmes multi-agents, et même de méthodes traditionnelles. Voici quelques exemples d'agents hybrides :

Systèmes de recommandation : Ils utilisent à la fois des techniques basées sur le contenu et des filtres collaborateurs pour offrir des suggestions personnalisées.

Robots autonomes : Ces robots peuvent combiner des algorithmes de navigation avec des capteurs pour interagir avec leur environnement de manière intelligente.

Jeux vidéo : Les agents non-joueurs (PNJ) peuvent utiliser des comportements pré-programmés ainsi que des techniques d'apprentissage pour s'adapter aux actions du joueur.

Systèmes d'assistance virtuelle : Ils combinent le traitement du langage naturel avec des bases de données et des algorithmes de machine learning pour offrir des réponses précises.

un tableau comparatif pour vous aider à clarifier les différences entre ces types d'agents.

Caractéristique	Agents réactifs	Agents délibérants	Agents hybrides
Mémoire	Pas d'état interne	Maintien de l'état interne	Capacités réactives et délibératives
Prise de décision	Réponse immédiate en fonction des données actuelles	Planification à l'aide d'un modèle interne	Possibilité de passer d'une réponse réactive à une réponse planifiée
Capacité d'apprentissage	Limité aux réponses préprogrammées	Peut apprendre et s'adapter au fil du temps	Apprentissage complet à travers de multiples modes
Vitesse de traitement	Très rapide (réactions simples)	Plus lent (nécessite du temps pour planifier)	Variable en fonction de la situation
Cas d'utilisation	Jeux simples, automatisation de base	Simulations complexes, planification stratégique	Systèmes adaptatifs nécessitant à la fois rapidité et planification

TABLE 3.1 – tableau comparatif entre les types d'agents artificiel

3.5 Applications des agents d'intelligence artificielle

L'impact des agents d'IA s'étend à tous les secteurs, révolutionnant la façon dont nous abordons les tâches complexes et les processus de prise de décision. Examinons deux domaines clés dans lesquels les agents d'IA apportent des contributions significatives : les soins de santé et la finance[29].

3.5.1 Les agents d'IA dans les soins de santé

Les organismes de santé mettent en œuvre des agents d'IA pour améliorer les soins aux patients et les résultats médicaux. De l'aide au diagnostic à la planification du traitement, ces systèmes deviennent des outils précieux pour les professionnels de la santé.

Médecine personnalisée :

Les agents d'IA analysent les données individuelles des patients - y compris les informations génétiques, les antécédents médicaux et les facteurs liés au mode de vie - afin d'aider les médecins à élaborer des plans de traitement ciblés. Par exemple, les services d'oncologie utilisent des agents d'IA pour :

- Traiter des données génomiques complexes
- Identifier les réponses potentielles au traitement
- Proposer des combinaisons de médicaments en fonction de facteurs spécifiques au patient

Analyse prédictive :

Analyse prédictive : Dans les hôpitaux, des agents d'intelligence artificielle traitent de grandes quantités de données sur les patients afin d'identifier des schémas et de prédire des problèmes de santé potentiels. Ces systèmes :

- Analyser les signes vitaux et les résultats de laboratoire pour détecter les signes précoces de détérioration.
- Prévoir les taux d'admission des patients pour faciliter l'affectation des ressources
- Identifier les patients à haut risque qui pourraient avoir besoin d'une surveillance supplémentaire

3.5.2 Les agents d'IA dans la finance

Le secteur financier a adopté des agents d'IA pour gérer des tâches complexes d'analyse de marché et de gestion des risques. Ces applications transforment les opérations financières traditionnelles.

Trading algorithmique :

Les salles de marché modernes s'appuient fortement sur des agents d'intelligence artificielle qui peuvent traiter et réagir aux changements du marché plus rapidement que les traders humains. Ces systèmes sophistiqués sont devenus indispensables aux entreprises d'investissement qui cherchent à conserver un avantage concurrentiel sur des marchés en évolution rapide. Les agents d'intelligence artificielle dans les systèmes de négociation peuvent :

- Traiter les données du marché en quelques millisecondes
- Exécuter automatiquement des transactions lorsque des conditions spécifiques sont remplies
- Ajuster les stratégies en fonction de l'évolution des conditions du marché

Détection de la fraude

Les institutions financières sont confrontées à un large éventail de menaces de sécurité, ce qui rend les systèmes de détection de la fraude alimentés par l'IA essentiels pour protéger les actifs et maintenir la confiance des clients. Ces systèmes intelligents fonctionnent 24 heures sur 24 pour :

- Signaler les activités suspectes pour examen
- S'adapter aux nouveaux types de fraude au fur et à mesure de leur apparition
- Réduire les faux positifs tout en maintenant la sécurité La visualisation suivante résume les principaux domaines et applications que nous avons abordés.

Cet aperçu montre comment les agents d'IA s'intègrent dans tous les secteurs, du diagnostic médical à l'efficacité de la production. Pour les lecteurs désireux d'explorer comment davantage d'organisations mettent en œuvre des solutions d'IA similaires, notre cursus de compétences AI Business Fundamentals illustre des approches éprouvées dans tous les secteurs d'activité.

3.6 Avantages et défis des agents d'intelligence artificielle

La mise en œuvre d'agents d'intelligence artificielle représente une décision stratégique qui apporte des avantages transformateurs et des responsabilités critiques. Les organisations doivent soigneusement peser ces facteurs lorsqu'elles intègrent des solutions d'IA dans leurs opérations.

3.6.1 Avantages des agents d'intelligence artificielle

Les organisations qui mettent en œuvre des agents d'IA font état d'améliorations mesurables dans l'ensemble de leurs opérations, qu'il s'agisse d'économies ou de capacités de prise de décision accrues. Ces avantages dépassent souvent les objectifs initiaux de la mise en œuvre, créant des résultats positifs inattendus dans différents départements.

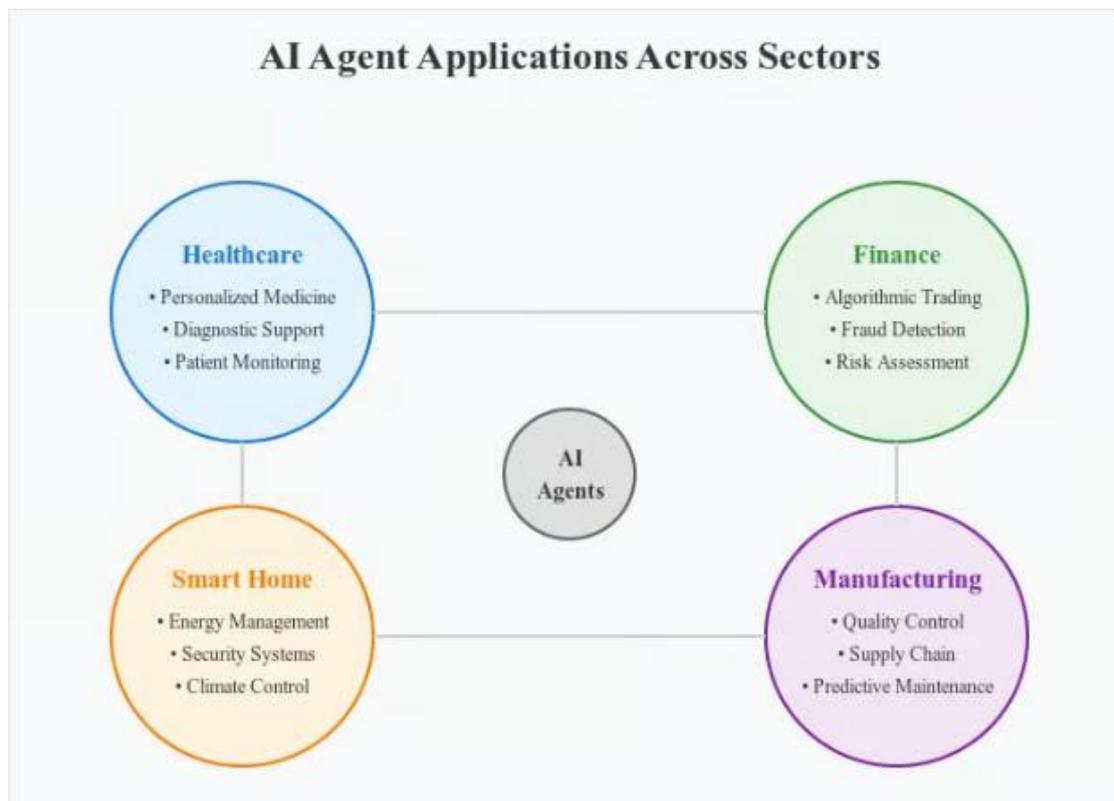


FIGURE 3.2 – Applications des agents d’intelligence artificielle

Efficacité et productivité :

Les agents d’IA améliorent considérablement les flux de travail opérationnels en automatisant les tâches répétitives et en traitant les informations à la vitesse de la machine. Dans les usines, des agents d’intelligence artificielle gèrent les processus de contrôle de la qualité qui nécessitaient autrefois des dizaines d’inspecteurs humains. De même, les équipes de service client traitent désormais des volumes plus importants de demandes en déployant des agents d’IA pour répondre aux questions courantes, laissant les agents humains se concentrer sur les cas complexes.

Des informations fondées sur des données :

Les agents d’IA excellent dans la découverte de modèles dans des ensembles de données massives que les humains pourraient manquer. Par exemple :

- Le système d’IA d’une entreprise de vente au détail a analysé des années de données de vente pour prédire la demande saisonnière, réduisant ainsi les coûts d’inventaire de 23 pour cent.
- Des agents d’IA dans le domaine de la santé ont détecté des schémas subtils dans les données des patients, ce qui a permis d’identifier les personnes à risque avant l’apparition des symptômes.
- Les agents d’IA financière ont repéré les tendances du marché en traitant simultanément des millions de points de données sur les marchés mondiaux.

3.6.2 Défis liés à la mise en œuvre d'agents d'intelligence artificielle

Si les agents d'IA offrent des capacités remarquables, leur mise en œuvre s'accompagne de plusieurs considérations importantes que les organisations doivent soigneusement prendre en compte. Le succès dépend d'une planification réfléchie et d'une compréhension claire des obstacles potentiels.

Considérations éthiques :

L'autonomie croissante des agents d'intelligence artificielle soulève d'importantes questions éthiques. Prenons l'exemple d'un agent IA d'embauche qui doit garantir une évaluation équitable des candidats tout en évitant les préjugés. Les organisations doivent :

- Vérifiez régulièrement les décisions de l'IA pour détecter d'éventuels biais
- Créer des cadres de responsabilisation pour les résultats obtenus grâce à l'IA
- Équilibrer l'automatisation et la surveillance humaine

Sécurité et vie privée :

À mesure que les agents d'IA traitent des informations plus sensibles, la protection des données devient de plus en plus importante. Par exemple, les agents d'IA dans le domaine de la santé doivent sauvegarder les dossiers des patients tout en les rendant accessibles à des fins d'analyse. Les principaux éléments à prendre en compte sont les suivants :

- Mise en œuvre d'un cryptage robuste des données
- Gérer efficacement les contrôles d'accès
- Protection contre les failles de sécurité potentielles

Pour les organisations qui s'efforcent de mettre en œuvre des agents d'IA de manière responsable, nous proposons deux ressources essentielles : notre cours sur la sécurité de l'IA et la gestion des risques fournit des stratégies pour protéger les systèmes et les données d'IA, tandis que notre cours sur l'éthique de l'IA guide les équipes à travers les considérations éthiques plus larges du déploiement de l'IA.

3.7 Tendances futures des agents d'intelligence artificielle

L'évolution des agents d'IA entre dans une nouvelle phase à mesure qu'ils fusionnent avec des technologies émergentes telles que l'informatique quantique [20] et les réseaux IoT avancés. Ces intégrations repoussent les limites de ce que les agents d'intelligence artificielle peuvent réaliser, des diagnostics médicaux microscopiques à l'optimisation des ressources à l'échelle d'une ville.

3.7.1 Intégration avec l'IoT et les dispositifs intelligents

Les agents d'IA deviennent essentiels à l'écosystème de l'internet des objets (IoT), créant des environnements plus intelligents et plus réactifs[20]. Cette intégration permet aux appareils de communiquer et de coordonner automatiquement leurs actions, ce qui améliore l'efficacité et l'expérience de l'utilisateur.

3.7.2 Domotique intelligente

Les agents d'intelligence artificielle redéfinissent la gestion de la maison en apprenant des routines quotidiennes et des données environnementales. Ces systèmes :

- Optimiser l'utilisation de l'énergie en prévoyant les périodes de pointe de la demande
- Coordonner plusieurs appareils pour créer des expériences transparentes
- Anticiper les besoins de maintenance avant que les problèmes ne surviennent

3.7.3 Applications industrielles de l'IoT

Dans le domaine de la fabrication et de l'industrie, les agents d'intelligence artificielle transforment le fonctionnement des installations. La combinaison des capteurs IoT et du traitement de l'IA permet :

- Des usines autonomes qui s'optimisent en fonction des données de la chaîne d'approvisionnement mondiale en temps réel
- Des systèmes de maintenance prédictive qui collaborent avec l'ensemble des réseaux industriels
- Une infrastructure urbaine intelligente qui s'adapte dynamiquement aux mouvements de population

3.7.4 Progrès dans l'apprentissage des agents d'IA

Innovations en matière d'apprentissage profond :

Les récentes percées dans le domaine de l'apprentissage profond élargissent les possibilités des agents d'IA. Ces avancées permettent :

- La reconnaissance des formes permet de détecter les tendances subtiles du marché en analysant simultanément des millions de points de données, ce qui permet d'élaborer des stratégies commerciales plus précises.
- La compréhension du langage naturel permet aux agents d'intelligence artificielle de saisir le contexte et les nuances dans les demandes des clients, afin de fournir des réponses plus pertinentes et plus utiles.
- Traitement visuel permettant d'identifier des défauts microscopiques dans les processus de fabrication ou des anomalies subtiles dans l'imagerie médicale que les experts humains pourraient manquer.

Percées dans le domaine de l'apprentissage par renforcement :

Les agents d'IA deviennent plus adaptables grâce aux progrès de l'apprentissage par renforcement. Ces progrès leur permettent de :

- Maîtriser des jeux et des simulations complexes en apprenant des stratégies optimales grâce à des millions d'itérations d'essais et d'erreurs.
- Développer des processus de fabrication adaptatifs qui s'ajustent automatiquement aux variations des matières premières et des conditions.
- Créer des systèmes de tarification dynamiques qui s'inspirent des réactions du marché et du comportement des concurrents. Pour les lecteurs qui souhaitent rester à la pointe de ces évolutions, notre certification Associate AI Engineer for Data Scientists propose une formation complète à la mise en œuvre et à la gestion de systèmes d'IA avancés.

3.8 Conclusion

En conclusion, les agents d'intelligence artificielle ne se limitent pas à être de simples outils technologiques, mais deviennent des acteurs essentiels dans la transformation des secteurs modernes. Leur capacité à apprendre, à s'adapter et à prendre des décisions autonomes ouvre la voie à des innovations sans précédent dans des domaines critiques comme la santé et la finance. Cependant, cette évolution soulève également des questions éthiques et de sécurité qui doivent être soigneusement considérées. À mesure que nous avançons vers un avenir où ces systèmes autonomes sont de plus en plus intégrés dans notre quotidien, il est impératif de développer des cadres de gouvernance et des pratiques responsables pour maximiser les bénéfices tout en minimisant les risques[31].

Chapitre 4

Réalisation et simulation

4.1 Introduction

L'intégration de l'intelligence artificielle (IA) avec l'internet des objets (IOT) représente une révolution majeure dans divers domaines [25]. Alors que l'IoT connecte plusieurs appareils à internet pour collecter et échanger des données, l'IA transforme ces données en informations exploitables. Cette synergie permet non seulement d'améliorer l'efficacité opérationnelle, mais aussi de créer des systèmes autonomes capables de prendre des décisions en temps réel. La relation entre la simulation et la réalisation, ainsi que leur impact sur les projets d'intelligence artificielle et d'internet des objets, est particulièrement significative. Ces projets adoptent souvent un cycle itératif où les simulations alimentent la conception initiale et les résultats de la réalisation renvoient à la simulation pour des améliorations continues.

4.2 Outils et logiciels

Introduction à Python :

Python est un langage de programmation créé par Guido Van Rossum. La première version publique du langage est sortie en 1991. Son nom provient de la troupe de comiques anglais les Monty Python.

Python est un langage interprété, qui se veut simple à comprendre, modulable et aux applications multiples. C'est aujourd'hui un des langages les plus utilisés et les plus plébiscités par les développeurs [33].

Cette première leçon a pour but de présenter le langage Python et de poser quelques concepts fondamentaux relatifs aux langages de programmation qui nous seront utiles par la suite.

Python, un langage de programmation :

Un ordinateur est une machine dont la fonction principale est de traiter des données, c'est-à-dire d'exécuter des séries d'instructions pour effectuer différentes tâches.



FIGURE 4.1 – python version 3.7

En tant que développeurs, nous allons vouloir fournir nos séries d'instructions aux ordinateurs afin qu'ils exécutent certaines tâches précises dans un certain ordre.

Pour cela, il va falloir que l'ordinateur nous comprenne et il va donc falloir qu'on exprime nos instructions dans un langage qu'il comprend. Le souci, ici, est que les ordinateurs ne comprennent qu'un seul langage : le binaire ou "langage machine"[26]. qui est très opaque pour nous (les Humains) et très long à écrire.

Pour pallier à ce problème, certaines personnes ont créé ce qu'on appelle des langages de programmation. Le but premier de tout langage de programmation est de passer des instructions à l'ordinateur.

Schématiquement, on utilise des langages de programmation car il est plus facile de nous exprimer et d'explicitement nos séries d'instruction en suivant leurs conventions d'écriture plutôt que de passer nos instructions directement en binaire à l'ordinateur.

Le langage de programmation se charge de la conversion : il reçoit nos instructions et les transforme en binaire pour les passer à l'ordinateur afin que celui-ci les exécute.

Tous les langages de programmation ne sont pourtant pas égaux : certains sont plus facilement compréhensibles pour nous que d'autres et certains nous permettent de transmettre uniquement certaines instructions à l'ordinateur.

Python est un langage de programmation dit de "très haut niveau". Cela signifie qu'il possède un haut niveau d'abstraction par rapport au langage machine. Pour le dire très simplement : plus un langage de programmation est de "haut niveau", plus sa syntaxe se rap-

proche de notre langage (l'anglais) plutôt que du langage machine. Un langage de haut niveau est donc plus facile à comprendre et à utiliser qu'un langage de plus bas niveau.

Python, un langage interprété :

Comment font les langages de programmation pour transformer nos instructions en instructions compréhensibles par un ordinateur ? Ils leur faut un traducteur. Certains langages utilisent un interpréteur comme traducteur tandis que d'autres utilisent un compilateur.

Un interpréteur se distingue d'un compilateur par le fait que, pour exécuter un programme, les opérations d'analyse et de traductions sont réalisées à chaque exécution du programme (par un interprète) plutôt qu'une fois pour toutes (par un compilateur).

L'interprétation repose sur l'exécution dynamique du programme [24] par un autre programme (l'interpréteur), plutôt que sur sa conversion en un autre langage (par exemple le langage machine).

Ainsi, contrairement au compilateur, l'interpréteur exécute les instructions du programme (ou en évalue les expressions), au fur et à mesure de leur lecture pour interprétation. Du fait de cette phase sans traduction préalable, l'exécution d'un programme interprété est généralement plus lente que le même programme compilé.

En revanche, les langages interprétés sont généralement plus simples à appréhender puisqu'on ne passe pas par une étape de compilation avant d'exécuter son programme et la portabilité.

En effet, un langage comme Python fonctionnera avec n'importe quel système d'opération (OS) du moment que l'OS en question possède l'interpréteur Python. Un compilateur, de l'autre côté, va produire un programme écrit en langage assembleur et ce langage assembleur va être différent pour chaque OS. Par conséquent, les programmes compilés ne peuvent s'exécuter que sur des ordinateurs dotés de la même architecture que l'ordinateur sur lequel ils ont été compilés.

Python, un langage extensible et polyvalent :

Python est modulable et extensible : une fois qu'on connaît les bases du langage, on va pouvoir relativement simplement ajouter de nouvelles fonctions ou modules pour étendre les possibilités de ce langage[28].

Python est un langage de programmation conçu dès le départ pour être "full stack", c'est-à-dire pour avoir de multiples applications à la différence du PHP par exemple qui a clairement été imaginé pour fonctionner dans un contexte Web.

Ce langage est un langage orienté objet à la base mais Python supporte également d'autres paradigmes comme la programmation procédurale et fonctionnelle. Un paradigme est une "façon de coder" ou une "façon d'imaginer le code et de le structurer". Nous reviendrons là dessus plus tard.

Un point sur les versions Python :

Avant de passer à la suite, j'aimerais vous parler des différentes versions du langage Python car, sur ce point, l'équipe de développement de Python a fait des choix particuliers.

En informatique, les langages évoluent par "version". Les équipes qui créent un langage travaillent sans cesse à l'amélioration de celui-ci mais chaque changement fait sur le langage n'est pas immédiatement intégré au langage ni disponible au public.

Au contraire, une liste de modifications / ajouts sont faits au langage en arrière plan et, dès que l'équipe gérant l'évolution du langage juge les changements suffisamment importants et stables, une nouvelle "version" du langage qui incorpore ces changements est distribuée.

La première grosse mise à jour de Python date de 2000 avec la version Python 2. Les versions se sont ensuite enchaînées normalement avec Python 2.1, 2.2, 2.3, etc. jusqu'en 2009 avec la sortie de Python 3.

Pour Python 3, l'équipe qui gère l'évolution du Python a fait le choix audacieux de partir sur de nouvelles bases et de casser la compatibilité avec les anciennes versions.

Généralement, lorsqu'un langage évolue et que de nouvelles versions paraissent, les équipes de développement font bien attention à proposer une compatibilité ascendante, c'est-à-dire à faire en sorte que les codes créés sous d'anciennes versions fonctionnent toujours avec les nouvelles versions des langages. En effet, sans ce principe de compatibilité, la plupart des programmes et des sites Web ne fonctionneraient pas puisque les développeurs de ceux-ci devraient absolument les modifier à chaque nouvelle version d'un langage utilisé pour coller aux nouvelles normes.

A l'inverse, le fait de proposer une compatibilité ascendante entre chaque version pose de vrais problèmes d'héritage aux développeurs d'un langage puisque ces derniers sont obligés de conserver certaines syntaxes et fonctionnalités totalement obsolètes.

Voulant modifier en profondeur leur langage et proposer une version beaucoup plus "propre" et au goût du jour, la Python Software Foundation (l'équipe chargée du développement du Python) a donc décidé de faire table rase pour Python 3 et de partir sur de nouvelles bases. Le souci ici est que Python 2.x était déjà très populaire à l'époque et que cela allait mettre de nombreuses personnes dans l'embarras. L'équipe de Python a donc fait le choix de conserver deux versions du langage : Python 2.x et Python 3.x et de les faire évoluer de front. Pour être tout à fait précis, la version 3 est la version dont les fonctionnalités allaient continuer d'évoluer tandis que la version 2 n'allait recevoir que des mises à jour liées à la sécurité.

Aujourd'hui encore, on retrouve ces deux versions de Python qui co-existent. Pour nous, cependant, le problème ne se pose pas : nous travaillerons bien évidemment avec la dernière version en date de Python qui est à l'heure où j'écris la version 3.7.3.

MMULTIPOWER

Revendeur de logiciels et matériel pédagogiques en électronique.

Brochure Proteus 8.8

PROTEUS V.8



WWW.MULTIPOWER.FR

FIGURE 4.2 – Brochure proteus 8.8

PROTEUS VISUAL DESIGNER

Visual Designer pour Arduino™

Programmez par algorithmes directement dans Proteus!

Avec le module 'Visual Designer', Proteus permet de faire de la conception de systèmes Arduino® par Algorithmes. L'enseignement de la programmation Arduino devient un jeu d'enfant!

Les atouts du Visual Designer :

Une utilisation en 3 étapes:

1. Glissez-déposez vos actions dans l'algorithme;
2. Simulez le résultat;
3. Téléversez sur votre carte cible.

Avec le Visual Designer, vous n'avez pas besoin de notions de programmation grâce à l'utilisation d'algorithmes; vous pouvez vous concentrer sur le développement de la logique d'un programme (algorithme) sans vous soucier de la syntaxe liée à un langage.

La simulation de l'algorithme ou du code C/C++ généré est ensuite possible grâce au module VSM.

Le Visual Designer inclut également les principales cartes Arduino®/Genuino™ Uno, Mega et Leonardo. Les nombreux périphériques disponibles (Grove, Adafruit, Motor Control, etc.) sont automatiquement connectés au processeur choisi. Le schéma est également mis à jour.

Les nombreux périphériques disponibles sont automatiquement connectés au processeur choisi. Le schéma est également mis à jour.

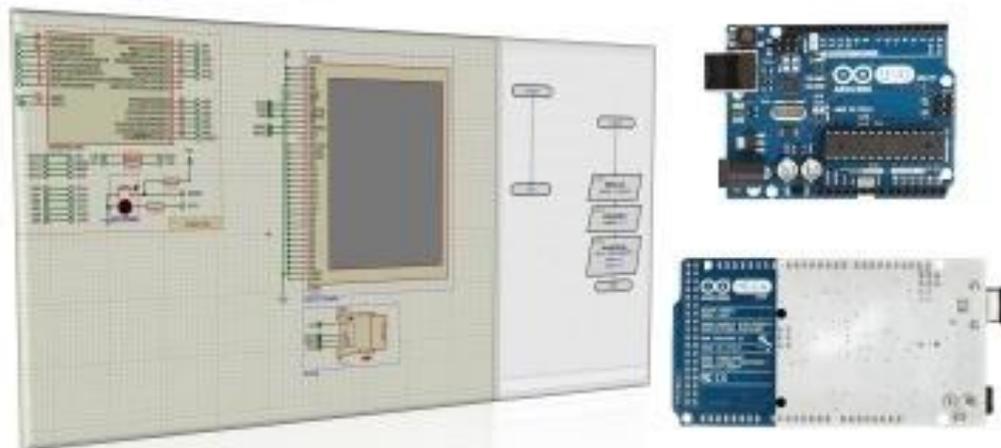
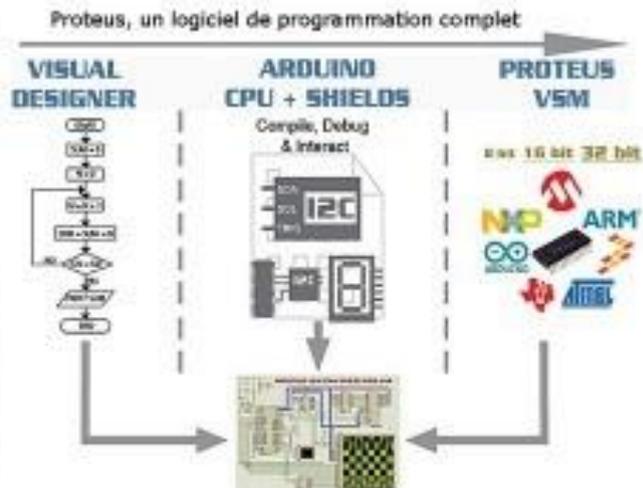


FIGURE 4.3 – Visual designer pour arduino

4.3 Simulation 1

4.3.1 Coupure et reprise d'électricité en utilisant un capteur intelligent

33

Matériaux nécessaire :

1. ESP32

2. Capteur (par exemple, 6039)
3. Module WiFi
4. Écran LCD
5. Diodes LED (rouge, jaune, verte)
6. Résistances pour les LEDs
7. Câbles de connexion
8. Breadboard (plaque d'essai)[38]

Materiel	Description
ESP32	Microcontrôleur avec wifi intégré
Capteur (6039)	Capteur de détection de coupures
Module WiFi	Pour la connectivité sans fil
Écran LCD	Affichage des informations
Diodes LED	indicateurs visuels (rouge, jaune, vert)
Resistances	Pour les diodes LED
Câbles de connexion	Pour les connexions entre composants
Breadboard	Plaque d'essai pour les connexions sans soudure

TABLE 4.1 – Matériaux nécessaires pour la simulation 1

Connexions :

1. ESP32

- o VCC à 5V (ou 3.3V selon le modèle) sur la breadboard.
- o GND à GND sur la breadboard.

2. Capteur (6039)

- o VCC à 5V ou 3.3V selon le modèle.
- o GND à GND.
- o Sortie à une pin numérique ou analogique sur l'ESP32.

3. Module WiFi

- o Connectez-le selon les spécifications de votre module (généralement, VCC à 5V, GND à GND, TX/RX aux pins appropriées de l'ESP32).

4. Écran LCD

- o Connectez les pins de l'écran LCD aux pins numériques de l'ESP32 (RS, E, D0-D3 selon le modèle).

5. Diodes LED

- o LED Rouge : Anode à une pin numérique sur l'ESP32 (ex : D4) avec une résistance vers GND.
- o LED Jaune : Anode à une autre pin numérique (ex : D5) avec une résistance vers GND.
- o LED Verte : Anode à une autre pin numérique (ex : D6) avec une résistance vers GND.

Composant	connexion
ESP32	VCC à 5V/3.3V , GND à GND
Capteur (6039)	VCC à 5V/3.3V , GND à GND, sortie à une pin
Module WiFi	VCC à 5V,GND à GND, TX/TR aux pins approprié
Écran LCD	pins numérique selon le modèle
Diodes LED	Anode à pins numérique avec résistance a GND

TABLE 4.2 – Connexions pour la simulation 1

Notes :

- Assurez-vous de vérifier les spécifications de chaque composant pour les connexions exactes[22].
- Utilisez une breadboard pour faciliter les connexions sans soudure.
- Testez chaque partie séparément pour vous assurer qu'elle fonctionne correctement avant d'assembler le tout.

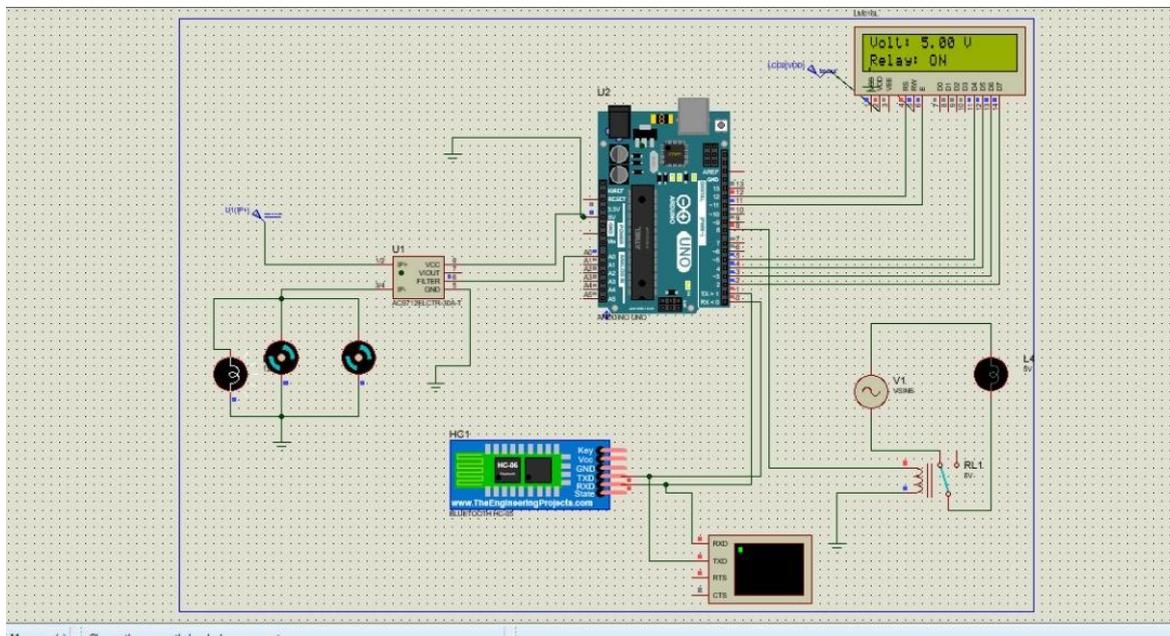


FIGURE 4.4 – Schéma de connexion physique coupures et reprises d'électricité en utilisant un capteur intelligent

4.4 Simulation 2

4.4.1 Détection des fuite gaz en utilisant un capteur Intelligent MQ2

Matériaux nécessaires :

1. Arduino Uno
2. Capteur de gaz (MQ-2)

Materiel	Description
Arduino Uno	Microcontrôleur pour la détection de Gaz
Capteur de gaz (MQ2)	Capteur de détection de gaz
Module SIM	Pour communication GSM
Écran LCD	Affichage des alerts de gaz
Resistances	Pour les diodes LED
Diodes LED	indicateurs visuels (rouge, vert)
Cables de connexion	Pour les connexions entre composants
Breadboard	Plaque d'essai pour les connexions sans soudure

TABLE 4.3 – Matériaux nécessaire pour la simulation 2

3. Module SIM (pour communication GSM)
4. Écran LCD
5. Résistances (R1, R2)
6. Diodes LED (D1, D2)
7. Câbles de connexion
8. Breadboard (plaque d'essai)

Connexions :

1. Capteur de gaz (MQ-2)
 - o VCC à 5V sur l'Arduino
 - o GND à GND sur l'Arduino
 - o A0 (ou une autre pin analogique) à une pin analogique sur l'Arduino (ex : A0)
2. Module SIM
 - o VCC à 5V sur l'Arduino
 - o GND à GND sur l'Arduino
 - o TX à une pin numérique (ex : D2)
 - o RX à une autre pin numérique (ex : D3)
3. Écran LCD
 - o Connectez les broches de l'écran LCD aux pins numériques de l'Arduino selon les spécifications de votre écran (ex : D4, D5, D6, D7, RS, E).
4. Résistances (R1, R2)
 - o Connectez une résistance (R1) en série avec la LED verte (D1) et l'autre résistance (R2) avec la LED rouge (D2).
5. Diodes LED
 - o D1 (LED verte) : Émettre un signal positif (anode) à une pin numérique (ex : D4) et cathode à GND via R1.
 - o D2 (LED rouge) : Émettre un signal positif (anode) à une autre pin numérique (ex : D5) et cathode à GND via R2.

Notes :

- Assurez-vous de vérifier les spécifications de chaque composant pour les connexions exactes.
- Utilisez une breadboard pour faciliter les connexions sans soudure.
- Testez chaque partie séparément pour vous assurer qu'elle fonctionne correctement avant d'assembler le tout.

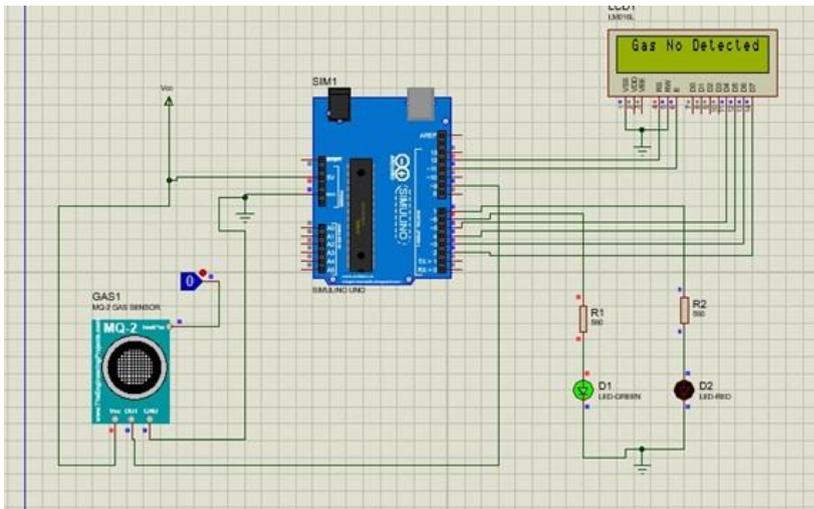


FIGURE 4.5 – Simulation : détection des fuites de gaz en utilisant un capteur intelligent MQ2

4.5 Simulation 3

4.5.1 utilisation drone pour surveillance avec camera de pipelines pétrolier

Matériaux nécessaires :

1. ESP32
2. Moteurs (4)
3. Contrôleur de vol
4. Batterie
5. Caméra (optionnelle)
6. Module de communication (Wifi ou autre)
7. Câbles de connexion

Connexions :



FIGURE 4.6 – Simulation : utilisation drone pour surveillance avec camera de pipelines pétrolier

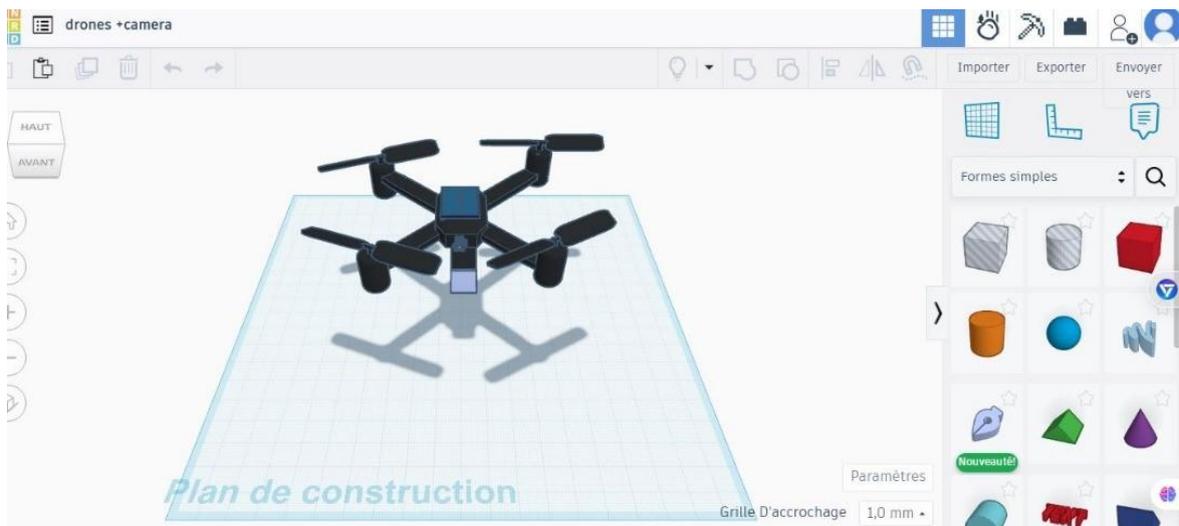


FIGURE 4.7 – Drone en 3D

1. ESP32

o VCC à la source d'alimentation de la batterie (selon les spécifications, généralement 3.3V ou 5V).

o GND à la masse de la batterie.

2. Moteurs

o Connectez chaque moteur à un contrôleur de moteur (ESC ou autre) qui sera contrôlé par

l'ESP32.

o Assurez-vous que les connexions sont sécurisées et que chaque moteur est correctement alimenté.

3. Contrôleur de vol

o Connectez les sorties du contrôleur de vol aux entrées correspondantes de l'ESP32 pour la communication (TX/RX si applicable).

o Assurez-vous que l'alimentation est adéquate.

4. Batterie

o Connectez la batterie à l'ESP32 et au contrôleur de vol pour alimenter le système.

5. Caméra (optionnelle)

o Connectez la caméra à l'ESP32 ou au contrôleur de vol selon le type de caméra et les spécifications.

6. Module de communication

o Si vous utilisez un module de communication, connectez-le aux pins appropriés de l'ESP32.

Notes :

- Vérifiez toujours les spécifications de chaque composant pour les connexions exactes.
- Utilisez des câbles adaptés pour éviter toute interférence.
- Testez chaque partie séparément avant d'assembler le tout .

4.6 Prediction de consommation,dépassements de seuils :en utilisant les algorithme LSTM,RNN et GRU

4.6.1 LSTM

Les réseaux de neurones à mémoire à long terme (LSTM) sont une architecture de réseau de neurones récurrents (RNN) conçue pour mieux capturer les dépendances à long terme dans les séquences de données.

Voici un aperçu de leurs caractéristiques et de leur fonctionnement :

Caractéristiques des LSTM :

1. Cellules de Mémoire : Les LSTM possèdent des cellules de mémoire qui peuvent conserver des informations pendant de longues périodes, ce qui est essentiel pour des tâches comme la traduction automatique ou la reconnaissance vocale.

2. Portes : Les LSTM utilisent trois portes pour contrôler le flux d'informations :

- o Porte d'oubli : Détermine quelles informations doivent être oubliées de la cellule de mémoire.
- o Porte d'entrée : Décide quelles nouvelles informations seront ajoutées à la cellule de mémoire.
- o Porte de sortie : Contrôle quelles informations seront utilisées pour la sortie du LSTM.

3. Gestion des Dépendances : Grâce à leur structure, les LSTM peuvent apprendre des relations complexes dans les données séquentielles, même lorsque les dépendances sont espacées dans le temps.

Fonctionnement :

1. Entrée : À chaque pas de temps, une nouvelle donnée d'entrée est fournie au LSTM.
2. Calcul des Portes : Les portes de la cellule calculent quelles informations conserver ou oublier.
3. Mise à Jour de la Mémoire : La cellule de mémoire est mise à jour en fonction des décisions prises par les portes.
4. Sortie : La sortie du LSTM est calculée à partir de la cellule de mémoire et peut être utilisée pour des prédictions ou des classifications.

Applications :

- Traitement du Langage Naturel (NLP) : Traduction automatique, génération de texte, analyse de sentiment.
- Séries Temporelles : Prévisions financières, analyse de données de capteurs.
- Vision par Ordinateur : Analyse de vidéos, reconnaissance d'actions.

En conclure :

Les LSTM sont particulièrement utiles dans des domaines nécessitant une compréhension des séquences de données, car leur architecture leur permet de surmonter les limitations des réseaux de neurones traditionnels en matière de dépendances à long terme.

4.6.2 RNN

Les réseaux de neurones récurrents (RNN) sont conçus pour traiter des données séquentielles. Ces données (qui peuvent être des séries chronologiques) peuvent prendre la forme de texte, d'audio, de vidéo, etc.

Le RNN utilise les informations précédentes de la séquence pour produire la sortie actuelle. Pour mieux comprendre, je prends un exemple.

« Ma classe est la meilleure classe. »

À l'instant T0, la première étape consiste à introduire le mot « My » dans le réseau. Le RNN produit une sortie.

À l'instant T1, à l'étape suivante, nous introduisons le mot « classe » et la valeur d'activation de l'étape précédente. Le RNN dispose désormais des informations sur les deux mots « My » et « classe ».

Ce processus se poursuit jusqu'à ce que tous les mots de la phrase soient saisis.

Note : Dans RNN les poids et les biais de tous les nœuds de la couche sont les mêmes.

Examinons l'architecture de l'unité RNN. Elle utilise les données de l'étape précédente et celles du courant. Ici, tanh est la fonction d'activation ; vous pouvez également utiliser une autre fonction d'activation à la place de tanh .

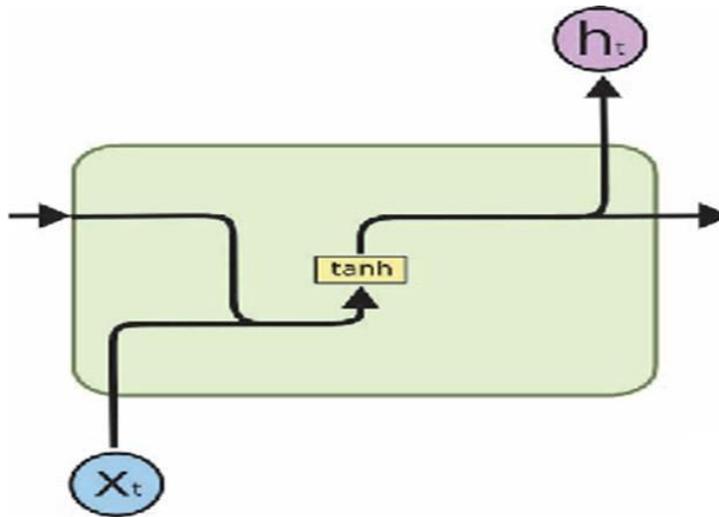


FIGURE 4.8 – Architecture de base du RNN

Les réseaux neuronaux récurrents (RNN) sont confrontés à un problème de mémoire à court terme. Ce problème est dû à un gradient de disparition. Plus le RNN traite d'étapes, plus il souffre de ce gradient de disparition que les autres architectures de réseaux neuronaux.

Qu'est-ce que le problème du gradient évanescence ? :

Réponse : Dans RNN, pour entraîner le réseau, on effectue une rétropropagation temporelle. À chaque étape, le gradient est calculé. Ce gradient sert à mettre à jour les pondérations du réseau. Si l'effet de la couche précédente sur la couche actuelle est faible, la valeur du gradient sera faible, et inversement. Si le gradient de la couche précédente est faible, celui de la couche actuelle le sera encore plus. Les gradients diminuent ainsi de façon exponentielle lors de la rétropropagation. Un gradient faible n'affecte pas la mise à jour des pondérations. De ce fait, le réseau n'apprend pas l'effet des entrées précédentes, ce qui entraîne un problème de mémoire à court terme.

$$h_t = \tanh (W_h h_{t-1} + W_x x_t)$$

4.6.3 GRU

À l'intérieur du GRU, il y a deux portes : 1) porte de réinitialisation 2) porte de mise à jour

Les portes ne sont rien d'autre que des réseaux neuronaux, chaque porte a ses propres poids et biais (mais n'oubliez pas que les poids et les biais de tous les nœuds d'une couche sont les mêmes).

Porte de mise à jour : La porte de mise à jour décide si l'état de la cellule doit être mis à jour avec l'état candidat (valeur d'activation actuelle) ou non.

Porte de réinitialisation : La porte de réinitialisation permet de déterminer si l'état précédent de la cellule est important ou non. Parfois, elle n'est pas utilisée dans un GRU simple.
Cellule candidate : C'est tout simplement la même chose que l'état caché (activation) du RNN.

Handwritten mathematical formulas for GRU architecture components:

- Candidate cell $\rightarrow \tilde{c}^{(t)} = \tanh(W_c [T_r * c^{(t-1)} + x^{(t)}] + b_c)$
- Update gate $\rightarrow T_u = \sigma(W_u [c^{(t-1)} + x^{(t)}] + b_u)$
- Reset gate $\rightarrow T_r = \sigma(W_r [c^{(t-1)} + x^{(t)}] + b_r)$
- Cell state $\rightarrow c^{(t)} = T_u * \tilde{c}^{(t)} + (1 - T_u) * c^{(t-1)}$
- Activation / Output $\rightarrow a^{(t)} = c^{(t)}$

#hermanth

FIGURE 4.9 – Architecture GRU

État final de la cellule :

L'état final de la cellule dépend de la porte de mise à jour. Il peut être mis à jour ou non avec l'état candidat. Supprimez du contenu de l'état précédent et écrivez du nouveau contenu.

Dans GRU, l'état final de la cellule est directement transmis comme activation à la cellule suivante.

Au GRU,

- Si réinitialisé près de 0, ignorez l'état masqué précédent (permet au modèle de supprimer les informations qui ne sont pas pertinentes à l'avenir).
- Si gamma (porte de mise à jour) est proche de 1, alors nous pouvons copier les informations dans cette unité via plusieurs étapes !
- Gamma contrôle dans quelle mesure l'état passé devrait avoir de l'importance maintenant.

4.6.4 Mémoire à long terme

Maintenant que vous connaissez RNN et GRU, voyons brièvement comment fonctionne LSTM. Les LSTM sont assez similaires aux GRU ; ils sont également destinés à résoudre le problème du gradient nul. Outre GRU, il existe deux autres portes : 1) la porte d'oubli ; 2) la porte de sortie.

Ce code illustre un flux de travail complet pour la prévision de la consommation d'énergie à l'aide d'un modèle LSTM,RNN,GRU

4.6.5 Chargement des Données

Le code commence par charger un fichier CSV contenant des données de consommation d'énergie. Cela est fait à l'aide de la fonction `files.upload()` de Google Colab, qui permet à l'utilisateur de télécharger un fichier depuis son ordinateur.

4.6.6 Prétraitement des Données

Les colonnes du DataFrame sont renommées pour faciliter l'accès. Les dates sont converties en format `datetime` pour permettre une manipulation temporelle.

```

#LSTM RNN - GRU
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from google.colab import files
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from keras.models import Sequential
from keras.layers import LSTM, GRU, Dense, SimpleRNN
from sklearn.metrics import mean_squared_error, mean_absolute_error, r2_score

# 1. Chargement du fichier
uploaded = files.upload()
filename = next(iter(uploaded))
df_raw = pd.read_csv(filename)

# 2. Prétraitement
df = df_raw.rename(columns={
    'Date de paiement': 'timestamp',
    'Consommation (kWh)': 'consumption'})
df['timestamp'] = pd.to_datetime(df['timestamp'])

# 3. Split train/test
target_col = 'consumption'
train_size = int(len(df) * 0.8)
train_data = df.iloc[:train_size]
test_data = df.iloc[train_size:]

# 4. Normalisation
scaler = MinMaxScaler()
train_scaled = scaler.fit_transform(train_data[target_col])
test_scaled = scaler.transform(test_data[target_col])

# 5. Création des séquences
def create_dataset(data, look_back):
    X, y = [], []
    for i in range(len(data) - look_back - 1):
        X.append(data[i:i + look_back, 0])
        y.append(data[i + look_back, 1])
    return np.array(X), np.array(y)

look_back = max(1, min(30, len(train_scaled) // 10))
X_train, y_train = create_dataset(train_scaled, look_back)
X_test, y_test = create_dataset(test_scaled, look_back)
X_train = np.reshape(X_train, (X_train.shape[0], look_back, 1))
X_test = np.reshape(X_test, (X_test.shape[0], look_back, 1))

# 6. Modèle LSTM
lstm_model = Sequential()
lstm_model.add(LSTM(units=50, input_shape=(look_back, 1)))
lstm_model.add(Dense(1))
lstm_model.compile(optimizer='adam', loss='mse')
lstm_model.fit(X_train, y_train, epochs=50, batch_size=16, verbose=1)

# 7. Modèle GRU
gru_model = Sequential()
gru_model.add(GRU(units=50, input_shape=(look_back, 1)))
gru_model.add(Dense(1))
gru_model.compile(optimizer='adam', loss='mse')
gru_model.fit(X_train, y_train, epochs=50, batch_size=16, verbose=1)

# 8. Modèle RNN
rnn_model = Sequential()
rnn_model.add(SimpleRNN(units=50, input_shape=(look_back, 1)))
rnn_model.add(Dense(1))

# 9. Prédiction
train_predict_lstm = lstm_model.predict(X_train)
test_predict_lstm = lstm_model.predict(X_test)
train_predict_gru = gru_model.predict(X_train)
test_predict_gru = gru_model.predict(X_test)
train_predict_rnn = rnn_model.predict(X_train)
test_predict_rnn = rnn_model.predict(X_test)

# Inverser la normalisation
train_predict_lstm = scaler.inverse_transform(train_predict_lstm)
test_predict_lstm = scaler.inverse_transform(test_predict_lstm)
train_predict_gru = scaler.inverse_transform(train_predict_gru)
test_predict_gru = scaler.inverse_transform(test_predict_gru)
train_predict_rnn = scaler.inverse_transform(train_predict_rnn)
test_predict_rnn = scaler.inverse_transform(test_predict_rnn)

# 10. Résultats
train_results = train_data.iloc[look_back + 1:train_size].copy()
train_results['prediction_lstm'] = train_predict_lstm
train_results['prediction_gru'] = train_predict_gru
train_results['prediction_rnn'] = train_predict_rnn

test_results = test_data.iloc[look_back + 1:len(test_predict_lstm) + look_back + 1].copy()
test_results['prediction_lstm'] = test_predict_lstm
test_results['prediction_gru'] = test_predict_gru
test_results['prediction_rnn'] = test_predict_rnn

# 11. Visualisation des résultats
plt.figure(figsize=(14, 7))
plt.plot(test_results['timestamp'], test_results[target_col], label='Vraies valeurs', color='blue')
plt.plot(test_results['timestamp'], test_results['prediction_lstm'], label='Prédictions LSTM', color='orange')
plt.plot(test_results['timestamp'], test_results['prediction_gru'], label='Prédictions GRU', color='green')
plt.plot(test_results['timestamp'], test_results['prediction_rnn'], label='Prédictions RNN', color='red')
plt.title('Comparaison des Prédictions et des Valeurs Réelles')
plt.xlabel('Date de paiement')
plt.ylabel('Consommation (kWh)')
plt.legend()
plt.xticks(rotation=45)
plt.tight_layout()
plt.show()

```

FIGURE 4.10 – code de prediction de la consommation (LSTM,RNN,GRU)

code client	numéro de compteur	Date de paiement	Consommation (kWh)	Temps de consommation (jours)	Tranche c
18170	MC74798	2025-03-26	546.23	13	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),19
15442	MC22249	2025-04-01	252.79	19	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),13
15571	MC46142	2025-03-17	567.31	26	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),28
13845	MC27373	2025-04-05	78.62	23	Tranche 1 : Consommation faible (0-100 kWh),9
18599	MC36802	2025-04-05	526.64	20	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),9
15479	MC95837	2025-04-05	68.94	18	Tranche 1 : Consommation faible (0-100 kWh),9
18209	MC38937	2025-03-21	349.75	9	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),24
15069	MC49424	2025-03-27	329.04	25	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),18
13231	MC52401	2025-03-23	603.53	29	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),22
15081	MC78335	2025-04-04	567.78	28	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),10
12719	MC26615	2025-03-15	184.99	15	Tranche 2 : Consommation moyenne (100-200 kWh),30
11926	MC18251	2025-03-21	433.5	10	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),24
15763	MC14723	2025-04-13	519.48	21	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),1
12523	MC36136	2025-04-06	123.42	26	Tranche 2 : Consommation moyenne (100-200 kWh),8
19578	MC73652	2025-03-16	588.69	22	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),29
12028	MC62647	2025-04-10	186.79	27	Tranche 2 : Consommation moyenne (100-200 kWh),4
16286	MC48771	2025-04-08	15.82	22	Tranche 1 : Consommation faible (0-100 kWh),6
18102	MC12529	2025-03-29	70.08	5	Tranche 1 : Consommation faible (0-100 kWh),16
16855	MC46822	2025-03-16	342.6	10	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),27
12031	MC94821	2025-03-20	501.01	4	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),25
15199	MC42535	2025-04-08	90.36	21	Tranche 1 : Consommation faible (0-100 kWh),6
17476	MC56171	2025-03-20	265.34	16	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),25
13389	MC21627	2025-04-07	551.34	4	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),7
18270	MC38971	2025-04-11	206.26	1	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),3
14212	MC34687	2025-04-05	75.05	15	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),9
15690	MC21536	2025-03-19	50.71	5	Tranche 1 : Consommation faible (0-100 kWh),26
18382	MC11792	2025-03-18	586.95	3	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),27
16431	MC44989	2025-03-17	566.95	13	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),28
14317	MC89577	2025-04-10	424.04	2	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),4
11742	MC38208	2025-03-19	446.34	24	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),26
15721	MC33908	2025-03-20	108.42	26	Tranche 2 : Consommation moyenne (100-200 kWh),25
19727	MC65357	2025-03-16	404.09	23	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),29
13960	MC64466	2025-03-18	494.25	4	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),27
18618	MC20827	2025-03-30	279.84	14	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),15
15877	MC62299	2025-03-28	330.65	13	Tranche 3 : Consommation élevée (200-600 kWh),17

FIGURE 4.11 – données de consommation

4.6.7 Division en Ensembles d'Entraînement et de Test

Les données sont divisées en ensembles d'entraînement (80 pour cent) et de test (20 pour cent) pour évaluer la performance du modèle sur des données non vues.

4.6.8 Normalisation

Les valeurs de consommation sont normalisées à l'aide de MinMaxScaler, ce qui est crucial pour les réseaux de neurones afin d'accélérer l'apprentissage et d'améliorer la convergence.

4.6.9 Création de Séquences

Une fonction `createdataset` est définie pour transformer les données normalisées en séquences, ce qui est nécessaire pour les modèles LSTM. Les données sont organisées en entrées et sorties selon une période de regard (lookback).

4.6.10 Modèle LSTM,GRU,RNN

Un modèle LSTM est construit à l'aide de Keras. Il contient une couche LSTM suivie d'une couche Dense pour la sortie. Le modèle est compilé avec l'optimiseur Adam et la fonction de perte MSE.

4.6.11 Entraînement du Modèle

Le modèle est entraîné sur les données d'entraînement pendant 50 époques avec une taille de lot de 16. La validation est effectuée sur les données de test.

4.6.12 Prédictions

Après l'entraînement, des prédictions sont effectuées sur les ensembles d'entraînement et de test. Les résultats sont inversés à l'échelle d'origine pour une interprétation plus facile.

4.6.13 Évaluation du Modèle

Le modèle est évalué en utilisant plusieurs métriques (MSE, MAE, R²) sur les ensembles d'entraînement et de test. Ces métriques fournissent des informations sur la précision du modèle.

4.6.14 Visualisation

Les résultats sont visualisés en traçant les valeurs réelles et les prédictions. Les dépassements de consommation au-dessus d'un seuil défini (200 kWh) sont également marqués en rouge.

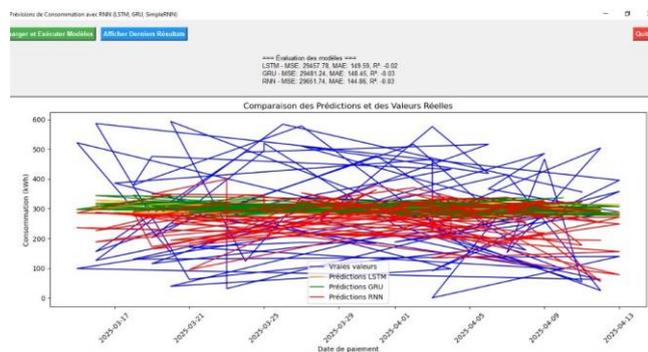


FIGURE 4.12 – Prediction de consommation LSTM,RNN,GRU(Execution et Evaluation)

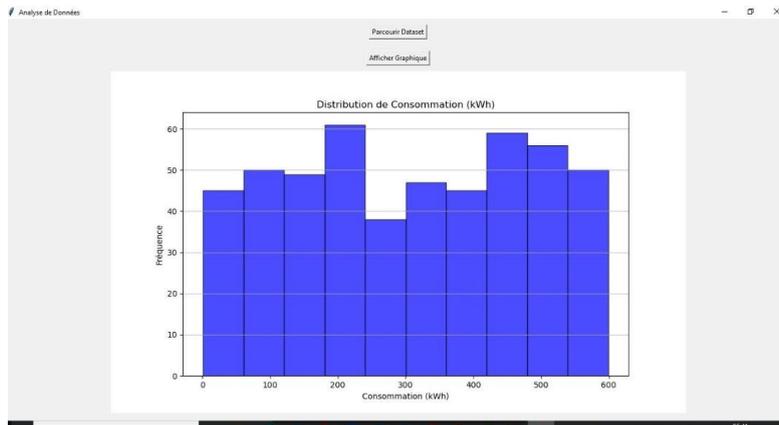


FIGURE 4.13 – Distribution de Prediction de consommation LSTM,RNN,GRU

4.6.15 Liste des Dépassements

Enfin, le code extrait et affiche les occurrences où la consommation a dépassé le seuil défini, ce qui peut être utile pour l'analyse des pics de consommation.

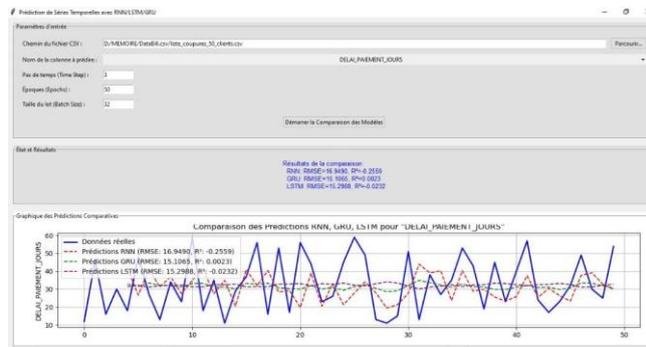


FIGURE 4.14 – Dépassements de seuil et coupures LSTM,RNN,GRU

4.7 Chatboot

4.7.1 code et execution du chatboot :

```

1) def chatbot():
    # Initialisation des variables
    name = input("Nom de l'utilisateur : ")
    # Fonction de bienvenue
    def welcome():
        print("Bienvenue !")
    # Fonction de traitement des questions
    def process_question(question):
        # Ici, on pourrait appeler des modèles de prédiction
        # pour répondre à la question.
        # Pour l'instant, on renvoie une réponse générique.
        return "Je ne suis pas sûr de pouvoir répondre à cette question."
    # Boucle principale du chatbot
    while True:
        question = input("Question : ")
        if question.lower() == "quitte":
            break
        response = process_question(question)
        print(response)
2) def afficher_reponse(question):
    # Ici, on pourrait appeler des modèles de prédiction
    # pour répondre à la question.
    # Pour l'instant, on renvoie une réponse générique.
    return "Je ne suis pas sûr de pouvoir répondre à cette question."
# Fonction de bienvenue
def welcome():
    print("Bienvenue !")
# Boucle principale du chatbot
while True:
    question = input("Question : ")
    if question.lower() == "quitte":
        break
    response = afficher_reponse(question)
    print(response)

```

FIGURE 4.15 – code du chatboot

Voici la figure qui représente l'interface d'exécution du chatboot

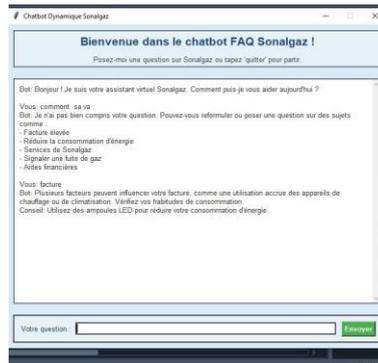


FIGURE 4.16 – Interface d'exécution du code chatboot

4.8 Conclusion

L'intelligence artificielle avec ces capacités d'apprentissage et d'analyse prédictive enrichit les applications d'IoT dans divers domaines .cela ouvre la voie à des solutions innovante rendent les environnements plus intelligents et plus réactifs .cette intégration est non seulement un catalyseur de progrès technologique mais aussi un vecteur de transformation sociétale promettant une meilleure qualité de vie et une gestion plus durable des ressources .en plus la simulation et réalisation sont des éléments essentiel dans le développement des projets IA et IoT .Elles permettent non seulement de concevoir des solutions innovantes mais aussi d'assurer leur efficacité et leur adaptabilité dans des environnement s reels .

Chapitre 5

Etat de l'art

5.1 Introduction

L'Algérie, riche en ressources pétrolières et gazières, est à un tournant décisif dans la gestion de son secteur énergétique [2]. Face à des défis technologiques et environnementaux, le pays s'efforce de moderniser ses infrastructures et de mettre en œuvre des solutions innovantes. Ce rapport examine l'état de l'art en matière de gestion et de surveillance des ressources énergétiques en Algérie, en mettant en lumière les initiatives récentes, les technologies émergentes, ainsi que les obstacles à l'innovation.

À travers des projets ambitieux, tels que la digitalisation des champs pétroliers et l'utilisation de drones pour la surveillance, l'Algérie vise à optimiser ses opérations tout en répondant aux exigences de durabilité. Cette dynamique s'inscrit dans un contexte national marqué par une volonté de transition vers une économie plus numérique et résiliente. Les perspectives d'avenir, bien que prometteuses, nécessitent un engagement constant en matière de formation, d'investissement technologique et d'adaptation réglementaire.

5.2 L'intelligence artificielle : une révolution silencieuse dans le secteur pétrole et gaz

Le secteur pétrole et gaz, pilier de l'économie mondiale, est aujourd'hui à l'aube d'une transformation majeure. L'intelligence artificielle (IA), autrefois reléguée au domaine de la science-fiction, s'immisce désormais au cœur des opérations, promettant une efficacité accrue, une réduction des coûts et une amélioration significative de la sécurité. Pour vous, dirigeants et patrons d'entreprises [23], comprendre l'impact et le potentiel de l'IA n'est plus une option, mais une nécessité stratégique.

Ce texte introductif a pour vocation de vous immerger dans cet univers fascinant, en vous offrant une vue d'ensemble des possibilités qu'offre l'IA dans votre secteur. Nous allons explorer comment cette technologie transforme les processus traditionnels, ouvre de nouvelles perspectives et permet d'atteindre des niveaux de performance auparavant inimaginables. Préparez-vous à découvrir comment l'IA redéfinit le futur du pétrole et du gaz.

5.2.1 Optimisation de l'exploration et de la production :

L'exploration et la production, maillons essentiels de la chaîne de valeur pétrolière, sont confrontées à des défis croissants : complexité des gisements, contraintes environnementales, et nécessité d'une exploitation toujours plus précise. L'IA se présente comme une solution puissante, capable de traiter d'énormes volumes de données pour identifier des schémas, prédire des comportements et optimiser les processus.

Imaginez pouvoir analyser des données sismiques avec une précision inégalée [38]. , localiser les gisements les plus prometteurs avec une certitude accrue, et anticiper les problèmes potentiels avant qu'ils ne surviennent. L'IA permet cela et bien plus encore, en ouvrant la voie à une exploration plus efficace et à une production plus intelligente, qui tire le meilleur parti de chaque ressource.

5.2.2 Amélioration de la maintenance et de la sécurité :

Dans un secteur où les risques sont omniprésents, la sécurité des employés et la fiabilité des installations sont des priorités absolues. L'IA offre des outils novateurs pour renforcer ces aspects essentiels de votre activité. Des systèmes de surveillance sophistiqués aux algorithmes prédictifs, l'IA permet de détecter les anomalies, d'anticiper les défaillances et de programmer les interventions de maintenance de manière proactive.

Les conséquences ? Une réduction significative des accidents, une diminution des temps d'arrêt et une optimisation des ressources humaines. En adoptant l'IA, vous transformez votre approche de la maintenance et de la sécurité, passant d'une logique réactive à une stratégie préventive, gage de pérennité et de performance.

5.2.3 Transformation de la logistique et de la distribution :

Le transport et la distribution du pétrole et du gaz constituent des défis logistiques majeurs, qui impactent directement votre rentabilité. L'IA, avec ses capacités de planification et d'optimisation, se révèle être un allié précieux pour relever ces défis. Des algorithmes intelligents peuvent gérer les flux de matières premières, optimiser les itinéraires et prévoir les demandes, pour une chaîne d'approvisionnement plus efficace et réactive.

Imaginez des opérations de transport synchronisées, des coûts de stockage réduits, et une livraison parfaitement ajustée à vos besoins. L'IA est la clé pour débloquer une nouvelle ère de logistique et de distribution, où chaque ressource est optimisée et où l'efficacité est le maître-mot.

5.2.4 Réduction de l'impact environnemental :

Le secteur pétrole et gaz est soumis à une pression croissante pour réduire son empreinte environnementale. L'IA offre des outils pour relever ce défi de manière responsable et efficace. De la détection des fuites de méthane à l'optimisation des opérations pour minimiser les émissions, l'IA permet d'agir de manière plus durable.

En adoptant l'IA, vous faites le choix d'une transition vers une industrie plus respectueuse de l'environnement. Vous contribuez à réduire les émissions, à optimiser la consommation d'énergie et à adopter des pratiques plus responsables, dans une démarche à la fois éthique et bénéfique pour votre entreprise.

5.3 Vers un avenir façonné par l'ia

L'intelligence artificielle n'est pas une simple tendance, mais une véritable révolution qui façonne l'avenir du secteur pétrole et gaz. Son potentiel est illimité, et les opportunités qu'elle offre sont multiples. Pour les entreprises qui savent saisir les enjeux de cette transformation, les bénéfices sont immenses : une efficacité accrue, des coûts réduits, une sécurité renforcée et une empreinte environnementale diminuée.

Cette introduction n'est qu'un aperçu de ce que l'IA peut accomplir pour votre secteur. L'exploration des multiples exemples d'applications concrets vous permettra d'appréhender pleinement le potentiel de l'IA et de vous projeter dans un avenir où cette technologie est un levier de performance et d'innovation.

5.4 Les moyens de gestion et de surveillance traditionnels

5.4.1 La surveillance par inspection humaine :

le contrôle des oléoducs et gazoducs, des stations de pompage et des sites de forage est fait manuellement à intervalles plutôt réguliers.

5.4.2 Le contrôle par SCADA :

plusieurs installations de répartition sont dotées d'un système de télémétrie (SCADA) assurant le contrôle des pressions, température, etc.

5.4.3 Le cadre institutionnel et environnemental :

le secteur est sous le contrôle de l'Agence nationale pour la valorisation des ressources en hydrocarbures (ALNAFT), de même que l'Autorité de régulation des hydrocarbures (ARH), toutes deux impliquées dans la mise en œuvre progressive de normes de sécurité et de respect environnemental.

5.5 Les projets récents et les innovations en cours au niveau national

5.5.1 Sonatrach – Le projet « Smart Oilfield » (Hassi Messaoud, 2022–en cours) :

Objectif :

digitaliser une partie du champ pétrolier afin de garantir une meilleure gestion de la production et du suivi des pannes.

Outils tractés :

capteurs IoT, SCADA modernisé, prévision du débit par des modèles mathématiques.

Résultats escomptés :

diminution des pertes, pilotage en temps réel plus pertinent, optimisation des opérations.

5.5.2 Collaboration Sonatrach et IAP (Institut Algérien du Pétrole) :

Axes :

o Développement de compétences en intelligence artificielle appliquée à la maintenance prédictive[20].

o Lancement de programmes pilotes de vision par ordinateur pour la détection des défauts sur les pipelines via images drones et caméras.

5.5.3 Projet de drones de surveillance (Université de Boumerdès et ENTP) :

Description :

développement de drones autonomes pour survoler les sites pétroliers isolés.

Objectifs :

détecter les fuites, prévenir les intrusions[20], renforcer la sécurité sans risque humain.

5.5.4 Freins à l'innovation

- Accès limité à la technologie avancée (IA, big data, vision embarquée industrielle)
- Formation technique insuffisante des opérateurs pour gérer des systèmes intelligents
- Investissements encore centrés sur l'infrastructure physique
- Cadre réglementaire en retard sur l'intégration du numérique et des données sensibles

5.5.5 Perspectives :

- Numérisation croissante grâce aux partenariats avec la Chine, l'Italie et l'Espagne
- Développement de centres de données nationaux pour le traitement de données en temps réel
- Formations en IA et cybersécurité pour le secteur énergétique (IAP, CDER, universités)
- Ambition de Sonatrach de devenir une entreprise data-driven à l'horizon 2030

5.6 Les projets récents et les innovations en cours au niveau international

5.6.1 Shell – Projet de Maintenance Prédictive avec l’IA :

Lieu :

Raffineries Shell – Monde (Europe, Asie, Amériques)

Objectif :

Réduire les pannes imprévues des équipements critiques (pompes, turbines, échangeurs de chaleur).

Technologie utilisée :

- o Intelligence artificielle (machine learning supervisé)
- o Capteurs IoT (pression, température, vibration)
- o Plateformes de traitement des données industrielles (Azure, C3.ai)

Méthodologie :

Les données temps réel des équipements sont collectées et traitées par des algorithmes prédictifs pour détecter des signes avant-coureurs de pannes.

Résultats :

- o Réduction de 20 à 30 pour cent des arrêts non planifiés .
- o Allongement de la durée de vie des équipements .
- o Amélioration de la sécurité des opérateurs .

5.6.2 TotalEnergies – Drones et Vision par Ordinateur pour la Surveillance de Pipelines :

Lieu :

Afrique de l’Ouest (Niger, Nigeria, Congo)

Objectif :

Surveiller des centaines de kilomètres de pipelines dans des zones isolées.

Technologie utilisée :

- o Drones longue portée avec caméra thermique et visible
- o Algorithmes de vision par ordinateur (détection automatique de fuites et d’anomalies)
- o Transmission temps réel via réseaux satellite

Méthodologie :

Les drones suivent des trajectoires automatisées et envoient les images analysées par IA vers un centre de surveillance.

Résultats :

- o Réduction des inspections manuelles de 40 pour cent
- o Détection rapide de sabotages ou fuites
- o Surveillance continue sans risque humain

5.6.3 Equinor – Projet "Digital Twin" du champ Johan Sverdrup :**Lieu :**

Mer du Nord, Norvège

Objectif :

Digitaliser entièrement un champ pétrolier pour optimiser la production et anticiper les incidents.

Technologie utilisée :

- o Modèle numérique 3D temps réel ("Digital Twin").
- o IA pour modélisation prédictive des flux .
- o IoT + capteurs pour synchronisation avec données réelles .

Méthodologie :

Le jumeau numérique reflète en direct toutes les conditions du site : pression, température, débit, corrosion, etc.

• Résultats :

- o Gain de 15 pour cent d'efficacité opérationnelle
- o Réduction de 30 pour cent des coûts de maintenance
- o Meilleure gestion des risques à distance

5.6.4 SaudiAramco – Système IA de Détection de Fuites (Smart Leak-Detection) :**Lieu :**

Réseau d'oléoducs en Arabie Saoudite

Objectif :

Détecter les fuites mineures de gaz ou de pétrole avant qu'elles ne s'aggravent.

Technologie utilisée :

- o Deeplearning sur signaux acoustiques et vibratoires .
- o Capteurs à fibre optique le long des pipelines .
- o Plateforme de traitement temps réel (edgecomputing)

Méthodologie :

Les vibrations sont analysées en continu pour identifier les micro-variations anormales typiques de fuites.

Résultats :

- o Temps de détection moyen < 5 minutes
- o Réduction de 80 pour cent des incidents liés à des fuites non détectées
- o Réactivité améliorée des équipes de terrain

5.6.5 Petrobras – Inspection Sous-Marine avec Robots et Vision IA :**Lieu :**

Côtes brésiliennes – Offshore profond .

Objectif :

Inspecter les infrastructures sous-marines sans intervention humaine directe.

Technologie utilisée :

- o Robots sous-marins (ROV – Remotely Operated Vehicles) .
- o Vision par ordinateur embarquée + IA embarquée .
- o Interfaces de contrôle à distance

Méthodologie :

Les ROV capturent des images et vidéos des structures sous-marines, analysées automatiquement pour repérer corrosion, fissures ou défauts.

Résultats :

- o Réduction de 50 pour cent des coûts d'inspection offshore .
- o Moins de risques pour les plongeurs .
- o Détection plus fréquente et précise des anomalies .

5.7 Défis et Contributions de l'IA dans la Gestion et la Surveillance des Entreprises Gazières, Électriques et Pétrolières

5.7.1 Defis

Infrastructure Technologique

Nécessité de moderniser les systèmes pour intégrer l'IA.

Formation des Compétences :

Besoin de former le personnel aux nouvelles technologies.

Réglementation :

Élaboration de normes claires pour l'utilisation de l'IA.

Acceptation Sociale :

Gérer les craintes liées à l'automatisation et à la transition.

Adaptation aux Changements Énergétiques :

Réduction de la dépendance aux hydrocarbures et intégration des énergies renouvelables[2].

Financement :

Attirer des investissements pour soutenir le développement technologique.

5.7.2 Contributions

Efficacité Opérationnelle :

Amélioration des processus de gestion des entreprises.

Responsabilité Environnementale

Optimisation des ressources et réduction de l'impact écologique[20].

Systemes Autonomes :

Capacité à gérer les réseaux énergétiques de manière optimale.

Diversification Économique

Aide à diversifier l'économie algérienne au-delà des hydrocarbures.

Ce résumé mis en lumière les principaux défis et contributions de l'IA dans la gestion et la surveillance des entreprises gazières, électriques et pétrolières en Algérie, souligne l'importance d'une approche stratégique pour relever ces défis.

5.8 Conclusion

Le monde progresse vers une gestion plus intelligente et numérique de ses ressources pétrolières et gazières. Si les bases sont solides . le passage à des systèmes d'IA, de vision par ordinateur et de maintenance prédictive à grande échelle reste encore en phase pilote. Le potentiel est immense, mais il nécessite un investissement continu dans la formation, la cybersécurité et la modernisation réglementaire [23] .

5.9 Conclusion générale

L'avenir de la surveillance et de la gestion des entreprises de gaz, d'électricité et de pétrole en Algérie sera profondément transformé par l'IA d'ici 2030. Cette transformation améliorera non seulement l'efficacité opérationnelle, mais aussi la responsabilité environnementale. Les entreprises algériennes qui adopteront ces technologies innovantes seront mieux positionnées pour relever les défis futurs, tels que la transition énergétique et les exigences croissantes en matière de durabilité.

D'ici 2030, nous pouvons nous attendre à une intégration encore plus poussée de l'IA en Algérie, avec des systèmes autonomes capables de gérer les réseaux énergétiques de manière optimale. Cela contribuera à un secteur énergétique plus durable et résilient, tout en soutenant les efforts du pays pour diversifier son économie et réduire sa dépendance aux hydrocarbures.

En parallèle, l'Algérie pourra mieux répondre aux attentes sociétales et environnementales, en renforçant son engagement envers les énergies renouvelables et en améliorant l'efficacité énergétique à tous les niveaux.

Bibliographie

- [1] M. et al. Arjovsky. Wasserstein gan. *arXiv preprint arXiv :1701.07875*, 2017.
- [2] R. et al. Benjamin. Ai in healthcare : The future of medicine. *Health Technology*, 2021.
- [3] R. Binns. Fairness in machine learning : Lessons from political philosophy. *arXiv preprint arXiv :1810.00030*.
- [4] F. Bourgoïn. *Gestion des ressources pétrolières et gazières : enjeux et perspectives*. Éditions Techniques, 2020.
- [5] T. et al. Brown. Language models are few-shot learners. *arXiv preprint arXiv :2005.14165*, 2020.
- [6] Y. et al. Burda. Importance weighted autoencoders. *arXiv preprint arXiv :1509.00519*, 2015.
- [7] J. et al. Chen. A survey on the use of artificial intelligence in healthcare. *Artificial Intelligence in Medicine*, 100 :101–111, 2019.
- [8] J. et al. Chung. Generative models in health care : A review. *arXiv preprint arXiv :2103.13709*, 2021.
- [9] World Energy Council. World energy resources 2023 : Oil and gas, 2023. Disponible sur : [lien vers le rapport].
- [10] Ministère de l'Énergie et des Ressources. Rapport sur la réglementation et la conformité dans les secteurs pétrolier et gazier, 2022.
- [11] J. et al. Devlin. Bert : Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *arXiv preprint arXiv :1810.04805*, 2018.
- [12] P. Dhariwal and A. Nichol. Diffusion models beat gans on image synthesis. *arXiv preprint arXiv :2105.05233*, 2021.
- [13] C. et al. Donahue. Jukebox : A generative model for music. *arXiv preprint arXiv :1912.01058*, 2020.
- [14] R. Gonzalez. Surveillance environnementale dans le secteur pétrolier. *Journal de l'énergie*, 45(3) :123–134, 2019.
- [15] I. Goodfellow. Nips 2016 tutorial : Generative adversarial networks. *arXiv preprint arXiv :1701.00160*, 2020.
- [16] I. et al. Goodfellow. Generative adversarial nets. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2014.
- [17] J. et al. Ho. Denoising diffusion probabilistic models. *arXiv preprint arXiv :2006.11239*, 2020.
- [18] M. Hutter. Universal artificial intelligence : Sequential decisions based on algorithmic probability. *Springer*, 2001.

- [19] T. et al. Karras. A style-based generator architecture for generative adversarial networks. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2019.
- [20] A. et al. Khanna. Future trends in artificial intelligence. *Journal of AI Research*, 67 :1–20, 2022.
- [21] A. Kumar and C. Lee. Technologies avancées pour la gestion des risques dans les opérations pétrolières. *International Journal of Oil and Gas Management*, 12(2) :456–472, 2021.
- [22] X. et al. Li. Ai in industry : Transforming manufacturing processes. *Manufacturing and Service Operations Management*, 24, 2022.
- [23] M. Lutz. *Learning Python*. O’Reilly Media, 2013.
- [24] J. McCarthy. What is artificial intelligence ? *Stanford University*, 2016.
- [25] A. et al. Mohammed. Ai applications in finance : A review. *Finance Research Letters*, 38 :101–110, 2021.
- [26] P. Norvig and S. Russell. *Artificial Intelligence : A Modern Approach*. Pearson, 2016.
- [27] T. et al. Park. Generative adversarial networks and their applications. *arXiv preprint arXiv :2105.00876*, 2021.
- [28] J. et al. Peters. Challenges of implementing ai in organizations. *AI Society*, 36 :1–12, 2021.
- [29] D. Poole and A. Mackworth. *Artificial Intelligence : Foundations of Computational Agents*. Cambridge University Press, 2017.
- [30] A. et al. Ramesh. Dall·e : Creating images from text. *arXiv preprint arXiv :2102.12092*, 2021.
- [31] S. Russell and P. Norvig. *Artificial Intelligence : A Modern Approach*. Pearson, 2020.
- [32] J. Smith. Engagement des parties prenantes dans l’industrie pétrolière : une approche proactive. *Energy Policy Review*, 34(4) :567–580, 2018.
- [33] G. Van Rossum. *Python Programming Language*. Python Software Foundation, 2020.
- [34] A. et al. Vaswani. Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2017.
- [35] T. et al. Wang. Improved training of wasserstein gans. *arXiv preprint arXiv :1704.00028*, 2018.
- [36] Y. et al. Wang. Videogpt : Video generation using vq-vae and transformers. *arXiv preprint arXiv :2112.00721*, 2022.
- [37] M. Wooldridge. *An introduction to multiagent systems*. 2009.
- [38] L. et al. Zhang. Iot and ai : The future of smart home systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 8 :12345–12358, 2021.