



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة العليا لأساتذة التعليم التكنولوجي -سكيكدة-

Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technologique -Skikda-

قسم الرياضيات والإعلام الآلي

Département de Mathématiques et d'Informatique



Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Professeur de l'Enseignement Moyen en Informatique

Thème :

Développement d'une Application Web Intelligente Pour Gestion des Commerces de Proximité

Réalisé par :

Mlle. Mazene Khouloud

Encadré par :

Dr. Bekhouche Safia

Jury de soutenance :

Président du jury : Dr. Mezghache Rida

Examineurs :

Dr. Bouaita Riad

Dr. Salah Halima

Année universitaire : 2024 – 2025

Dédicace

*Avec tout le respect que je porte, et toute la reconnaissance que je ressens,
je dédie ce travail, ce moment de fierté et de bonheur,
à mon paradis sur Terre, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et de
mon bonheur, à ma lune et au fil d'espoir qui a éclairé chacun de mes pas... ma
moitié, **ma mère Mounia.***

*À celui qui a fait de moi une femme, ma source de vie, d'amour et d'affection,
mon pilier inébranlable, toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, je
parle bien sûr de mon prince : **mon père Abdelaziz.***

*À ma grande sœur **Nardjesse**, qui n'a jamais cessé de me conseiller, de
m'encourager et de me soutenir tout au long de mes études.*

*À mes deux frères, **Salah Eddine** et **Ala Eddine**, pour l'amour sincère qu'ils me
portent.*

À tous les membres de ma grande famille, mes tantes, mes cousines, Je vous aime.

*À mon encadrante, Madame **Bekhouche Safia**, pour son accompagnement, ses
conseils et sa bienveillance.*

*Sans oublier mes précieuses amies : **Amira**, **Fériel**, **Afaf** et **Wiem** pour leur
soutien moral, leur patience et leur présence sincère.*

*Et enfin, à **Rayane**, qui a contribué à cette réussite par son soutien, sa patience
et sa présence rassurante.*

Merci du fond du cœur

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

*Avant tout, je remercie **Allah** Tout-Puissant de m'avoir donné la force, la patience et la santé pour mener à bien ce travail.*

*J'adresse mes sincères remerciements à mon encadrante, Madame **Bekhouche Safia**, pour son accompagnement bienveillant, ses conseils précieux, sa disponibilité constante et son soutien tout au long de ce projet, son encadrement a été pour moi une source d'inspiration et de motivation.*

*Je remercie également l'ensemble du corps enseignant du **Département Mathématiques et d'Informatique** pour la qualité de l'enseignement dispensé tout au long de ma formation, ainsi que pour leur engagement et leur professionnalisme.*

*Mes remerciements les plus chaleureux vont à **ma famille**, en particulier à **mes chers parents**, pour leur amour, leurs encouragements, leurs prières et leur soutien inconditionnel tout au long de mon parcours universitaire.*

Enfin, j'exprime ma reconnaissance à mes camarades de promotion pour leur esprit de solidarité, leur entraide et les moments inoubliables partagés durant ces années d'études.

Merci à toutes et à tous.

Résumé

Ce mémoire présente le développement d'une application web intelligente dédiée à la gestion des commerces de proximité. Face aux défis croissants liés à la digitalisation des services locaux et à l'optimisation logistique, ce projet vise à offrir une solution complète pour les clients, les gérants et les livreurs. L'application permet de visualiser les boutiques selon la ville de l'utilisateur, de passer des commandes, et d'en assurer la livraison via un système d'assignation intelligent basé sur un algorithme génétique. Ce dernier optimise l'attribution des livreurs en tenant compte de la proximité géographique, de la disponibilité et de la charge de travail.

L'architecture de l'application repose sur le framework Django, et intègre des interfaces modernes, adaptables et conviviales pour chaque type d'utilisateur. Ce travail s'inscrit dans une dynamique de transformation numérique inclusive, visant à rapprocher les commerçants des clients locaux tout en automatisant les processus de gestion. Les résultats obtenus montrent la faisabilité et l'efficacité de cette approche dans un contexte réel.

Mots-clés : Commerce de proximité, Intelligence Artificielle, Optimisation, Algorithme génétique, Django.

Abstract

This dissertation presents the development of an intelligent web application designed to manage local businesses. In response to the growing challenges of digitalizing local commerce and optimizing logistics, the project aims to provide a comprehensive solution for customers, shop owners, and delivery personnel. The application displays available shops based on the user's city, allows for seamless order placement, and ensures delivery through an intelligent assignment system powered by a genetic algorithm. This algorithm optimizes delivery assignment based on geographic proximity, availability, and workload balancing.

The system architecture is built using the Django framework, with modern and responsive user interfaces tailored to each user role. This work contributes to the digital transformation of neighborhood commerce by strengthening connections between local businesses and clients while automating logistical operations. The results demonstrate the practicality and effectiveness of the proposed approach in real-world conditions.

Keywords: Local commerce, Artificial Intelligence, Optimization, Genetic Algorithm, Django.

ملخص

يستعرض هذا البحث تطوير تطبيق ويب ذكي مخصص لإدارة متاجر التجارة القريبة (المحلية). ويأتي هذا المشروع استجابة للتحديات المتزايدة المرتبطة برقمنة التجارة التقليدية وتحسين عمليات التوصيل، حيث يهدف إلى توفير منصة متكاملة تخدم كلاً من الزبائن، الباعة، وعمال التوصيل. يمكن التطبيق المستخدم من استعراض المتاجر المتوفرة في مدينته، تقديم الطلبات، وتتبع تنفيذها عبر نظام ذكي يعتمد على خوارزمية جينية تقوم بتوزيع مهام التوصيل بشكل مثالي، أخذاً بعين الاعتبار القرب الجغرافي، توفر الموزعين، وتوازن حجم المهام.

تم بناء هذا النظام باستخدام إطار العمل Django بلغة Python، مع واجهات استخدام حديثة وسلسلة مخصصة لكل نوع من المستخدمين. ويساهم هذا المشروع في دعم التحول الرقمي للتجارة المحلية من خلال تعزيز الربط بين المتاجر والمستهلكين، مع تقليل الجهد اليدوي في تسيير العمليات. أظهرت النتائج المحققة أن هذا النهج فعال وقابل للتطبيق العملي ضمن بيئة واقعية.

الكلمات المفتاحية: التجارة القريبة، الذكاء الاصطناعي، خوارزميات جينية، تحسين، Django

Table des matières

Dédicace	2
Remerciements	3
Résumé	4
Abstract	5
ملخص.....	6
Table des matières	7
Liste des figures.....	10
Liste des tableaux	12
Introduction générale.....	13
Chapitre I: Commerce en Ligne	19
I.1. Introduction	20
I.2. Définitions et concepts clés du commerce en ligne	20
I.3. Différences entre le commerce traditionnel et le commerce en ligne	21
I.4. Les typologies du commerce électronique	23
I.5. Spécificités du e-commerce dans les pays en développement	31
I.5.1. Le contexte algérien : état des lieux.....	32
I.5.2. Les canaux utilisés par les commerçants algériens.....	33
I.5.3. Contraintes techniques, logistiques et culturelles	34
I.6. Le commerce de proximité face à la digitalisation	34
I.6.1. Besoins émergents des petits commerçants	35
I.6.2. Opportunités d'intégration numérique	35
I.7. Avantages et limites du commerce de proximité à l'ère numérique	36
I.8. Vers une solution numérique intelligente	37
I.9. Conclusion	37
Chapitre II: Intelligence Artificielle et Problème d'Optimisation.....	39
II.1. L'intelligence artificielle (IA)	40
II.1.1. Définition	40
II.1.2. Historique de l'intelligence artificielle	41

II.1.3. Domaines et techniques de l'IA	44
II.1.4. Rôle de l'IA dans le commerce	52
II.2. Problèmes d'Optimisation dans le Commerce	53
II.2.1. Définition et importance de l'optimisation	53
II.2.2. Types de problèmes d'optimisation	54
II.2.3. Algorithmes d'optimisation courants	55
II.3. Les défis de l'intelligence artificielle dans le commerce de proximité	60
II.3.1. Limitations des algorithmes d'optimisation	60
II.3.2. Problèmes d'éthique et de confidentialité des données	61
II.4. Conclusion	62
Chapitre III: Analyse et Conception.....	63
III.1. Introduction	64
III.2. Analyse des Besoins	65
III.3. Conception UML	67
III.3.1. Diagramme des Cas d'Utilisation	67
III.3.2. Diagramme de classes	71
III.3.3. Diagramme de Séquence	73
III.3.4. Diagramme d'Activité	78
III.5. Conclusion	82
Chapitre IV: Implémentation.....	83
IV.1. Cadre technologique et environnement de développement	84
IV.1.1. Langage et framework de développement	84
IV.1.2. Base de données	85
IV.1.3. Technologies du front-end	85
IV.1.4. Intégration de l'intelligence artificielle	87
IV.1.5. Outils de développement et de modélisation	87
IV.2. Architecture de l'application	88
IV.2.1. Structure logique de l'application	88
IV.2.2. Composants fonctionnels principaux	88
IV.2.3. Communication entre les composants	89
IV.3. Fonctionnalités développées	89
IV.4. Parcours utilisateur et démonstration fonctionnelle de l'application	91

Conclusion Générale	100
Perspective	102
Liste des abréviations	103
Références	105

Liste des figures

Figure 1: Les différents types de commerce électronique.....	23
Figure 2: Interface de la plateforme Alibaba.com.....	24
Figure 3: Interface de la plateforme Thomasnet.com.	24
Figure 4: Interface de la plateforme Amazon.com.....	25
Figure 5: Interface de la plateforme Jumia.com.....	26
Figure 6: Interface de la plateforme Vinted.com.....	27
Figure 7: Interface de la plateforme OuedKniss.com.	27
Figure 8: Interface de la plateforme Fiverr.com.....	28
Figure 9: Interface de la plateforme Upwork.com.	29
Figure 10: Interface de la plateforme ted.europa.eu.....	30
Figure 11 : Interface de la plateforme baosem.com.	30
Figure 12: Évolution du nombre d'utilisateurs du commerce électronique en Algérie entre 2019 et 2028 (en millions).	32
Figure 13: Exemple d'utilisation du Facebook Marketplace par des commerçants algériens.	33
Figure 14: Le canard de Vaucanson	42
Figure 15: Diagramme de test de Turing [2]	43
Figure 16: Structure hiérarchique de l'intelligence artificielle, de l'apprentissage automatique et de l'apprentissage.	44
Figure 17: Les trois grandes catégories de Machine Learning : apprentissage non supervisé, apprentissage supervisé et Reinforcement Learning.	45
Figure 18: Apprentissage supervisé.....	45
Figure 19: Apprentissage non supervisé.....	46
Figure 20: Apprentissage par renforcement.	47
Figure 21: Un neurone biologique et un réseau de neurones artificiels.	48
Figure 22: Schéma représentant l'architecture d'un CNN.	48
Figure 23: Architecture Transformer.	51
Figure 24: fonctionnement des algorithmes génétiques. [1]	56
Figure 25: Logo officiel de la norme UML (Unified Modeling Language).....	64
Figure 26: L'outil Lucidchart.	64
Figure 27: Architecture conceptuelle globale du système.....	65
Figure 28: Diagramme des cas d'utilisation correspondant au système global pour gestion de commerce de proximité.	69
Figure 29: Diagramme de classes.....	72
Figure 30: Diagramme de séquence (de la connexion du client à la livraison).	74
Figure 31: Diagramme de séquence (validation d'un compte utilisateur).	77
Figure 32: Diagramme d'activité (Application de gestion intelligente de commerce de proximité).	80
Figure 33: Diagramme d'activité – Inscription et validation d'un compte.	81

Figure 34: Logo Python.....	84
Figure 35: Logo Django	85
Figure 36: Logo SQLite	85
Figure 37: Logo HTML.....	86
Figure 38: Logo CSS.....	86
Figure 39: Logo Javascript.....	86
Figure 40: Logo VScode.	87
Figure 41: Page d'accueil de l'application SHOP+	91
Figure 42: Formulaire d'inscription sur la plateforme SHOP+.....	92
Figure 43: Code source du modèle utilisateur (CustomUser).....	92
Figure 44: Interface de connexion des utilisateurs.....	93
Figure 45: Tableau de bord du client après authentification.	93
Figure 46: Affichage des catégories populaires.	94
Figure 47: Affichage des boutiques filtrées par catégorie.....	94
Figure 48: Produits disponibles dans Carrefour Annaba.....	95
Figure 49: Interface du panier avec gestion des quantités.	96
Figure 50: paiement par carte Edahabia.	96
Figure 51: Formulaire de demande de rôle.	97
Figure 52: Interface Administrateur – Validation des rôles et création automatique de boutiques.	97
Figure 53: Tableau de bord du Gérant – Carrefour Annaba	98
Figure 54: Interface du livreur et visualisation des commandes assignées automatiquement.....	99

Liste des tableaux

Tableau 1: Différences entre le commerce traditionnel et le commerce en ligne.	22
Tableau 2: Principales contraintes du développement du e-commerce en Algérie.	34
Tableau 3: Paramètres typiques d'un algorithme génétique et valeurs recommandées.	57
Tableau 4: Synthèse des besoins fonctionnels par acteur.	66
Tableau 5: Les acteurs qui interagissent avec notre système.	67
Tableau 6: Les acteurs qui interagissent avec notre système.	70
Tableau 7: Description des principaux modules fonctionnels du système.	89
Tableau 8: Fonctionnalités clés et utilisateurs associés dans le système.	90

Introduction générale

Le développement technologique fulgurant observé au cours des dernières décennies a bouleversé en profondeur nos modes de vie et nos habitudes quotidiennes, en particulier dans le domaine du commerce. L'avènement d'Internet, des smartphones, de l'intelligence artificielle et des applications mobiles a permis l'émergence de nouvelles formes d'échanges économiques, marquées par la dématérialisation des transactions et l'instantanéité des services. Désormais, l'accès à une multitude de produits et services se fait en quelques clics, à tout moment et depuis n'importe quel endroit, modifiant ainsi radicalement les attentes des consommateurs et les stratégies des entreprises.

Parmi ces transformations majeures, le commerce en ligne s'est rapidement imposé comme une alternative incontournable aux méthodes traditionnelles de vente. Il offre aux consommateurs la possibilité de rechercher, comparer, acheter et recevoir des produits sans avoir à se déplacer physiquement, ce qui représente un gain de temps et d'efficacité considérable. Cette nouvelle dynamique a donné naissance à une économie numérique en pleine expansion, centrée sur l'utilisateur et fondée sur des principes tels que la rapidité, la personnalisation et la simplicité d'usage.

Toutefois, cette transition vers le numérique, bien qu'incontestable, reste incomplète et inégalement répartie. En particulier, les commerces de proximité — ces petits établissements ancrés dans le tissu urbain et rural — éprouvent encore des difficultés à s'adapter à cette révolution numérique. Manque de moyens techniques, absence de formation, ou encore méfiance face aux outils technologiques, les freins sont nombreux. Résultat : une grande partie de ces commerçants continue de gérer son activité de manière manuelle ou semi-informatisée, ce qui limite leur visibilité, leur compétitivité et leur capacité à répondre aux nouvelles attentes des clients.

Dans un monde de plus en plus connecté, où le gain de temps, le confort d'utilisation et la fluidité du service sont devenus des exigences fondamentales, il paraît légitime de s'interroger : pourquoi certaines tâches du quotidien, telles que faire ses courses ou acheter des produits de première nécessité, nécessitent-elles encore un déplacement physique ? Pourquoi les petits commerçants ne pourraient-ils pas bénéficier, eux aussi, d'une solution technologique adaptée, leur permettant d'optimiser leur activité et de mieux servir leur clientèle locale ?

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre projet de fin d'études, qui a pour ambition de concevoir et développer une **application web intelligente dédiée à la gestion des commerces de proximité**. Cette solution vise à offrir aux commerçants un outil centralisé, intuitif et simple

d'utilisation pour gérer leurs produits, leurs stocks, leurs commandes et leurs livraisons. Du côté des clients, elle permettra de consulter les produits disponibles, de passer commande et de se faire livrer, sans se déplacer, et en quelques clics seulement. En favorisant cette transformation digitale, le projet entend contribuer à moderniser le commerce de proximité tout en valorisant l'économie locale.

Le présent mémoire décrit l'ensemble des étapes suivies durant la réalisation de ce projet, en passant par l'analyse de l'existant, la conception UML, le choix des technologies, la mise en œuvre technique et les perspectives d'évolution futures. Il s'inscrit dans une démarche à la fois scientifique, technique et sociétale.

Problématique

Malgré la croissance fulgurante du commerce électronique et la démocratisation des outils numériques, une part importante des commerçants de proximité reste en marge de cette révolution technologique. Ces petites structures, souvent implantées dans les quartiers ou les zones rurales, disposent rarement des moyens financiers, humains ou techniques nécessaires pour mettre en œuvre une stratégie de digitalisation efficace et durable.

Cette situation entraîne une fracture numérique réelle entre les grandes enseignes, qui bénéficient de plateformes puissantes et de ressources conséquentes, et les petits commerçants, qui doivent se contenter de méthodes traditionnelles ou de systèmes rudimentaires. Or, dans un contexte où les consommateurs recherchent l'instantanéité, la simplicité d'interaction et la flexibilité, cette inadaptation technologique devient un facteur d'exclusion commerciale.

De plus, les processus manuels de gestion (stocks, commandes, livraison, relation client) sont chronophages, peu fiables et difficilement évolutifs. L'absence d'intégration numérique limite considérablement la productivité du commerçant, tout en affectant négativement l'expérience client. Cette réalité menace à terme la pérennité même de ces acteurs économiques locaux, pourtant essentiels au tissu social et au dynamisme urbain.

Il devient donc urgent de repenser les modèles de gestion des commerces de proximité, en intégrant des solutions technologiques modernes, adaptées à leur échelle et à leurs besoins spécifiques. Ces outils doivent non seulement améliorer la gestion interne, mais également renforcer la relation client et offrir une alternative numérique compétitive. D'où la problématique centrale à laquelle ce projet tente de répondre :

Comment concevoir une application web intelligente, simple et accessible, permettant aux commerçants de proximité de digitaliser efficacement leurs activités tout en garantissant aux clients une expérience fluide, personnalisée et adaptée à leurs habitudes de consommation modernes ?

Motivation

Ce projet trouve son origine dans une observation personnelle simple mais significative : malgré l'omniprésence des technologies numériques dans notre quotidien, il m'arrive encore de constater que certaines tâches basiques, comme faire les courses ou acheter un article courant, nécessitent un déplacement physique vers un commerce de proximité. Cela m'a amené à me poser une question fondamentale : pourquoi ces petits commerces, pourtant si proches et accessibles, ne sont-ils pas encore pleinement intégrés dans l'environnement numérique local ?

À travers cette réflexion, j'ai pris conscience de l'écart existant entre les outils numériques disponibles à grande échelle et les réalités opérationnelles des petits commerçants. Ces derniers manquent souvent de solutions adaptées à leur échelle, faciles à prendre en main et compatibles avec leurs besoins quotidiens. Parallèlement, les consommateurs expriment un besoin croissant de commodité, de rapidité et de services connectés à leur environnement immédiat.

Ma motivation principale est donc de concevoir une solution concrète, simple, et accessible, qui permettrait à ces commerçants de moderniser leur gestion tout en répondant aux attentes d'une clientèle de plus en plus connectée. En tant qu'étudiant en Master, je vois dans ce projet une opportunité de mettre en pratique mes compétences techniques dans un cadre réel et porteur de sens, au service d'un besoin local tangible.

Ce projet représente ainsi pour moi à la fois un défi personnel, une application concrète de mes acquis académiques, et une contribution citoyenne à la digitalisation inclusive du commerce de proximité.

Objectifs

L'objectif principal de ce projet est de concevoir et de développer une application web intelligente dédiée à la gestion des commerces de proximité. À travers cette solution, je vise à offrir aux commerçants locaux un outil moderne qui simplifie leurs processus quotidiens, optimise leur gestion interne, et améliore leur interaction avec la clientèle.

Pour atteindre cet objectif global, plusieurs objectifs spécifiques ont été identifiés :

- **Digitaliser les opérations commerciales** : permettre la gestion numérique des produits, des stocks, des commandes et des livraisons.
- **Faciliter la gestion quotidienne** : proposer une interface simple, intuitive et adaptée aux compétences techniques des commerçants.
- **Améliorer la relation client** : permettre un accès fluide aux services pour les clients (consultation, commande, suivi).
- **Favoriser la proximité numérique** : renforcer le lien entre le commerce local et son environnement urbain grâce à une solution connectée.
- **Encourager l'autonomie technologique** : offrir aux commerçants un outil qu'ils peuvent utiliser sans dépendre de prestataires extérieurs.

En résumé, ce projet a pour ambition de contribuer activement à la modernisation du commerce de proximité à travers une approche technologique pragmatique, inclusive et durable.

Organisation du document

Ce travail est structuré en quatre chapitres principaux, chacun abordant une phase essentielle du projet :

- **Chapitre I : Commerce en ligne et commerce de proximité** ce chapitre introduit les concepts clés du commerce électronique, ses types, ses enjeux, ainsi que les spécificités du commerce de proximité dans un contexte de digitalisation croissante.
- **Chapitre II : Intelligence Artificielle et optimisation** il présente les fondements de l'intelligence artificielle, les différentes techniques d'apprentissage, et se focalise sur les algorithmes d'optimisation, notamment les algorithmes génétiques utilisés dans le cadre du projet.
- **Chapitre III : Analyse et conception** Ce chapitre détaille la phase de modélisation du système à travers les diagrammes UML (cas d'utilisation, classes, séquences, activités), en se basant sur les besoins fonctionnels identifiés.

- **Chapitre IV : Implémentation de l'application** Il décrit le cadre technologique choisi, l'architecture logicielle, les principales fonctionnalités développées, ainsi que les résultats de l'implémentation à travers des démonstrations fonctionnelles.

Enfin, ce mémoire se termine par une **conclusion générale** et des **perspectives d'évolution**, suivies de la **liste**

Chapitre I

Commerce en Ligne

I.1. Introduction

À l'ère de la transformation numérique accélérée, l'univers du commerce connaît des mutations profondes, redéfinissant les circuits traditionnels d'échange et les dynamiques entre producteurs, distributeurs et consommateurs. Cette révolution digitale, portée par l'essor des technologies de l'information et de la communication (TIC), impacte structurellement les modes d'approvisionnement, les méthodes de vente et les attentes des clients. Le commerce électronique, ou *e-commerce*, constitue l'une des manifestations les plus significatives de cette reconfiguration globale.

Initialement dominé par des géants internationaux ciblant des marchés mondiaux, le modèle du commerce électronique connaît aujourd'hui une décentralisation progressive. Il s'infiltré dans les structures commerciales plus modestes, y compris les commerces de proximité. Ces derniers, longtemps confinés à des pratiques traditionnelles, sont désormais appelés à se transformer pour répondre aux nouvelles exigences du consommateur connecté : disponibilité en ligne, rapidité de livraison, personnalisation des services, etc.

Cependant, cette transition numérique ne se déroule pas de manière uniforme à l'échelle mondiale. Dans les pays en développement, comme l'Algérie, elle se heurte à une série d'obstacles structurels et culturels. Faible taux de bancarisation, couverture logistique limitée, infrastructures numériques inadaptées, et méfiance envers les technologies émergentes constituent autant de freins à l'adoption du commerce en ligne.

Dans ce contexte, le commerce de proximité en Algérie se trouve à la croisée des chemins. Il doit concilier son ancrage local avec les impératifs de modernisation. La digitalisation de ses processus – via des applications mobiles, des systèmes de gestion intelligente, ou des plateformes de livraison – ne relève plus du luxe, mais d'une nécessité stratégique pour sa pérennité. Ce chapitre vise ainsi à poser les bases théoriques et contextuelles de cette mutation, en explorant les caractéristiques, les enjeux et les contraintes du commerce en ligne, en particulier dans les économies émergentes.

I.2. Définitions et concepts clés du commerce en ligne

Le **commerce en ligne**, également appelé **commerce électronique** ou **e-commerce**, désigne l'ensemble des échanges commerciaux réalisés à distance par le biais des technologies numériques, principalement via Internet. Il englobe plusieurs opérations telles que la présentation de l'offre, la sélection des produits ou services, la passation de commande, le

paiement électronique, la facturation dématérialisée, ainsi que la gestion de la livraison et du service après-vente.

Ce mode de commerce se distingue fondamentalement du commerce traditionnel par sa capacité à supprimer les contraintes spatiales et temporelles. En effet, il permet aux consommateurs d'accéder à une offre variée 24h/24 et 7j/7, quel que soit leur emplacement géographique, tout en offrant aux vendeurs l'opportunité d'élargir considérablement leur marché cible, au-delà des frontières physiques de leur point de vente.

Le fonctionnement du commerce électronique repose sur une infrastructure numérique articulée autour de plusieurs composantes :

- **Des interfaces digitales** (sites web, applications mobiles) permettant aux clients de naviguer, rechercher et commander des produits en ligne.
- **Des solutions de paiement électronique** sécurisées assurant la transaction financière à distance.
- **Des systèmes de gestion des commandes et des stocks**, facilitant l'automatisation du traitement des demandes clients.
- **Des plateformes logistiques et de suivi**, assurant la livraison et la traçabilité des colis.
- **Des outils d'analyse de données** et de personnalisation, intégrant parfois l'intelligence artificielle pour proposer des recommandations ciblées.

Initialement réservé aux grandes enseignes internationales, le commerce en ligne tend aujourd'hui à se démocratiser, touchant des structures plus modestes comme les commerces de proximité. Cette évolution témoigne d'un changement profond dans les usages de consommation et impose une réinvention des modèles de gestion traditionnels, en intégrant les outils numériques comme leviers de performance, de visibilité et de relation client.

I.3. Différences entre le commerce traditionnel et le commerce en ligne

La distinction entre commerce traditionnel et commerce en ligne repose sur des critères fondamentaux liés aux canaux de distribution, à l'expérience client, aux contraintes logistiques et aux technologies utilisées. Ces deux modèles économiques, bien qu'orientés vers le même objectif – la vente de biens ou de services – mobilisent des approches organisationnelles et relationnelles radicalement différentes.

Critère	Commerce traditionnel	Commerce en ligne
Point de contact	Interaction physique dans un point de vente	Interaction numérique via une interface (site ou application)
Accessibilité	Limitée aux horaires d'ouverture et à la localisation géographique	Accessible 24h/24, 7j/7, depuis n'importe quel lieu connecté
Relation client	Basée sur l'échange direct et humain	Basée sur des interfaces numériques, parfois enrichie par des chatbots ou IA
Paiement	Espèces ou carte physique, paiement immédiat	Paiement électronique sécurisé, parfois différé ou à la livraison
Logistique	Le client repart avec le produit immédiatement	Livraison différée via des partenaires logistiques
Stock et gestion	Manuelle ou semi-automatisée	Totalement informatisée et traçable
Visibilité commerciale	Locale ou régionale	Nationale ou internationale selon la plateforme
Fidélisation	Programmes classiques, relation de proximité	Analyse des données, recommandations intelligentes, campagnes ciblées

Tableau 1: Différences entre le commerce traditionnel et le commerce en ligne.

Sur le plan stratégique, le commerce électronique offre des avantages en termes de portée et d'automatisation, mais il requiert une maîtrise des outils numériques et une organisation logistique structurée. À l'inverse, le commerce traditionnel conserve l'atout de la proximité humaine, mais se voit limité par ses contraintes physiques.

Cette dualité justifie la nécessité d'hybrider les modèles, notamment pour les commerces de proximité, en combinant l'ancrage local avec les bénéfices du numérique, dans une logique dite phygitale. C'est dans cette optique que s'inscrit notre projet de développement d'une application dédiée, conçue pour offrir aux petits commerçants une transition simple, progressive et efficace vers un modèle de commerce intelligent.

I.4. Les typologies du commerce électronique

Le commerce électronique ne se limite pas à un modèle unique ; il regroupe en réalité plusieurs formes d'échanges numériques, structurées selon la nature des acteurs impliqués. Cette diversité de typologies permet de mieux comprendre les dynamiques propres à chaque interaction commerciale, ainsi que les enjeux fonctionnels, logistiques et technologiques associés.

On distingue principalement les modèles suivants :

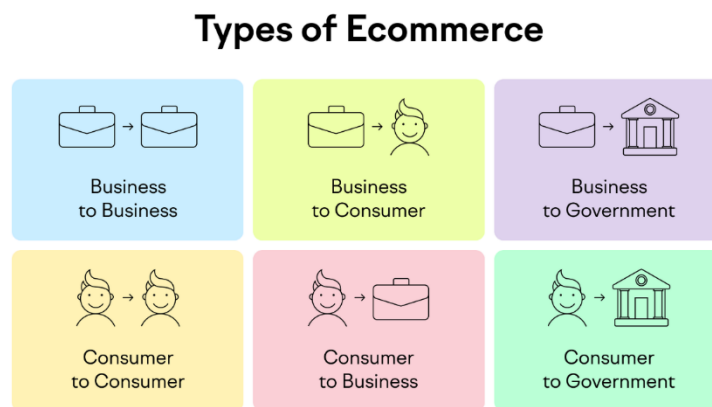


Figure 1: Les différents types de commerce électronique.

B2B (Business to Business)

Le modèle B2B désigne les échanges commerciaux entre entreprises. Il concerne, par exemple, les transactions entre un fabricant et un grossiste, ou entre un fournisseur et un distributeur. Ce modèle repose sur des plateformes spécialisées facilitant la gestion des commandes, des stocks, des paiements différés, et de la chaîne logistique de manière entièrement numérique, exemples :

- **Alibaba** : c'est l'une des plus grandes plateformes B2B au monde, basée en Chine. Elle permet aux entreprises d'acheter et de vendre en gros des millions de produits dans divers secteurs (textile, électronique, machines industrielles, etc.). Elle met en relation des fournisseurs (souvent asiatiques) avec des acheteurs professionnels à l'échelle mondiale.

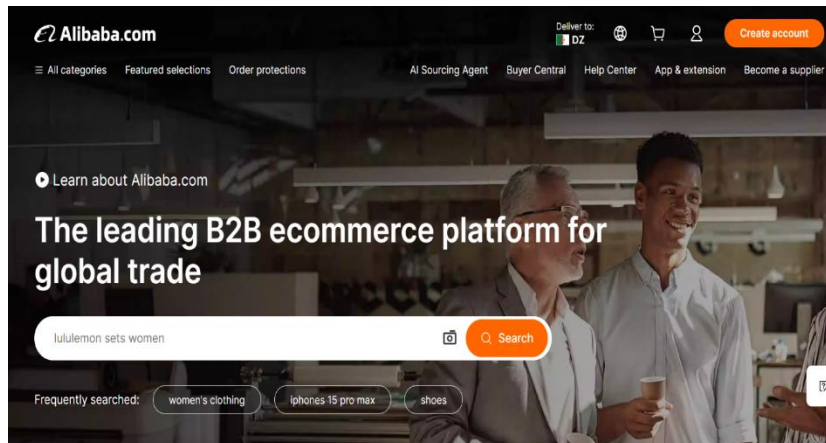


Figure 2: Interface de la plateforme Alibaba.com.

- **Thomasnet**

Plateforme B2B américaine spécialisée dans le secteur industriel. Elle aide les entreprises à trouver des fournisseurs de composants, de matières premières et d'équipements techniques principalement aux États-Unis et au Canada. Elle est très utilisée dans les chaînes d'approvisionnement industrielles.

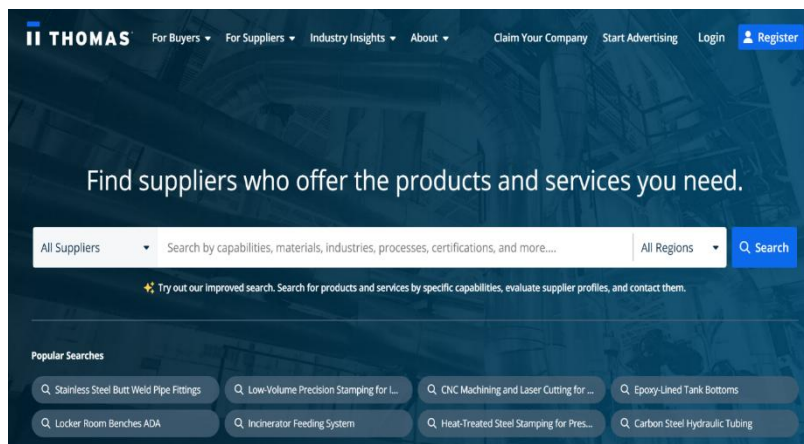


Figure 3: Interface de la plateforme Thomasnet.com.

Caractéristiques clés :

- Cycle de vente plus long.
- Montants de transaction élevés.
- Relations commerciales durables.
- Paiements échelonnés ou facturation périodique.

B2C (Business to Consumer)

Le modèle B2C (Business to Consumer) représente la forme la plus répandue du commerce électronique. Il désigne les échanges commerciaux entre une entreprise (vendeur) et un consommateur final (acheteur), via des interfaces numériques telles que les sites e-commerce, applications mobiles ou plateformes de vente en ligne.

Ce modèle est particulièrement populaire en raison de sa simplicité d'accès, sa rapidité de mise en œuvre et l'expérience utilisateur fluide qu'il permet d'offrir. Il concerne une multitude de secteurs : vêtements, alimentation, électronique, services en ligne, etc.

Les entreprises adoptant ce modèle investissent souvent dans des stratégies de marketing digital, telles que le référencement, les réseaux sociaux, les campagnes e-mailing et les promotions ciblées, afin d'attirer et de fidéliser les consommateurs. Le B2C repose également sur une logistique performante, incluant la gestion des stocks, la livraison rapide, et un service après-vente réactif, exemples :

- **Amazon** : place de marché internationale proposant une vaste gamme de produits à destination des particuliers.

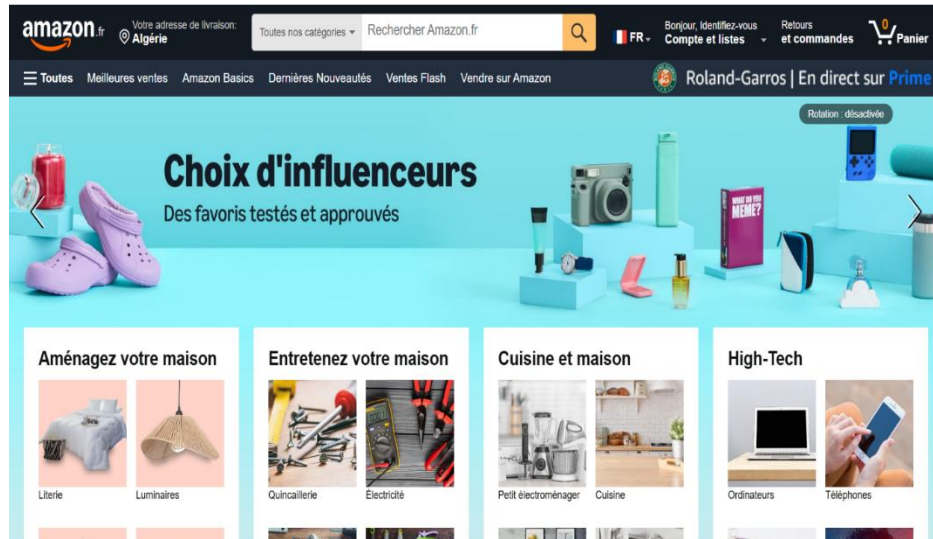


Figure 4: Interface de la plateforme Amazon.com.

- **Jumia** : plateforme africaine de vente en ligne, active dans plusieurs pays, et offrant divers produits et services aux consommateurs.



Figure 5: Interface de la plateforme Jumia.com.

Caractéristiques clés:

- Accessibilité continue (24h/24, 7j/7).
- Paiement immédiat ou à la livraison.
- Large catalogue de produits et services.
- Forte concurrence sur les prix.
- Importance de l'expérience utilisateur (UX) et de la confiance (avis clients, retours, SAV).

C2C (Consumer to Consumer)

Le modèle C2C (Consumer to Consumer) repose sur des échanges directs entre particuliers, sans l'intervention d'entreprises comme vendeurs. Il s'est démocratisé avec l'émergence des plateformes numériques collaboratives qui servent d'intermédiaires, en sécurisant les transactions et en facilitant la mise en relation.

Ce modèle connaît un succès croissant grâce à l'essor de l'économie circulaire et à la montée des préoccupations écologiques et budgétaires. Il permet aux utilisateurs de revendre des biens d'occasion, de louer des services ou d'échanger des compétences, souvent à des prix plus accessibles.

Exemples:

- **Vinted** : plateforme européenne spécialisée dans la revente de vêtements et d'articles personnels d'occasion.

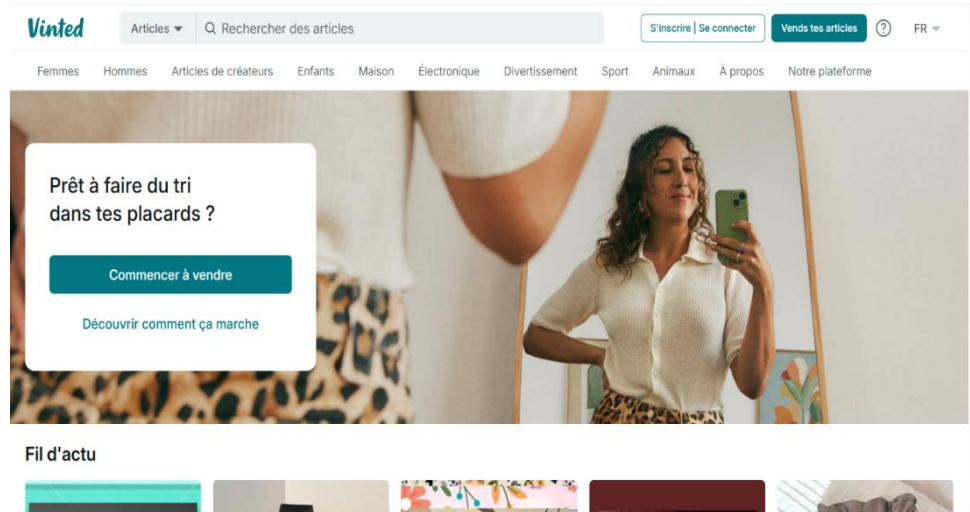


Figure 6: Interface de la plateforme Vinted.com.

- **OuedKniss** : site algérien populaire de petites annonces, permettant aux particuliers d'acheter et de vendre divers produits localement.

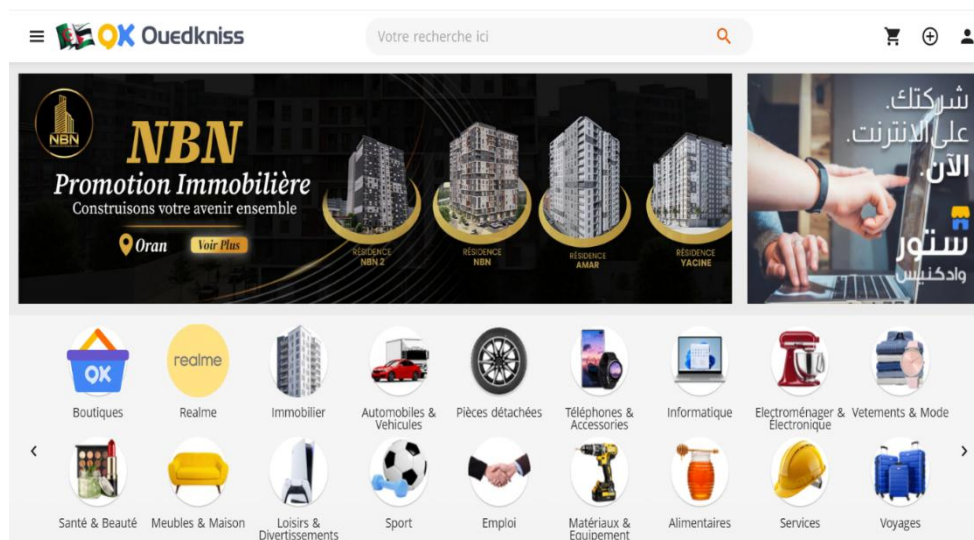


Figure 7: Interface de la plateforme OuedKniss.com.

Caractéristiques clés:

- Modèle accessible et informel.
- Fort potentiel dans les environnements à faible pouvoir d'achat.
- Système de **notation et d'avis clients** pour instaurer la confiance.

- Logistique souvent gérée directement entre particuliers (remise en main propre ou transporteurs tiers).
- Adapté aux biens de seconde main, à la location ou à l'échange.

C2B (Consumer to Business)

Le modèle C2B renverse la logique commerciale traditionnelle : le consommateur devient fournisseur, en proposant des produits, des services, ou des contenus à des entreprises. Ce modèle s'est fortement développé avec l'avènement des plateformes numériques spécialisées, où les individus peuvent offrir leurs compétences à travers des prestations ponctuelles ou continues.

Le C2B est au cœur de la gig economy, où la flexibilité, l'indépendance et la valorisation du talent personnel sont primordiales. Il englobe également des pratiques comme le crowdsourcing, les créateurs de contenu sponsorisés, ou les influenceurs numériques.

Exemples:

- **Fiverr** : plateforme sur laquelle les particuliers proposent des microservices (graphisme, traduction, montage, etc.).

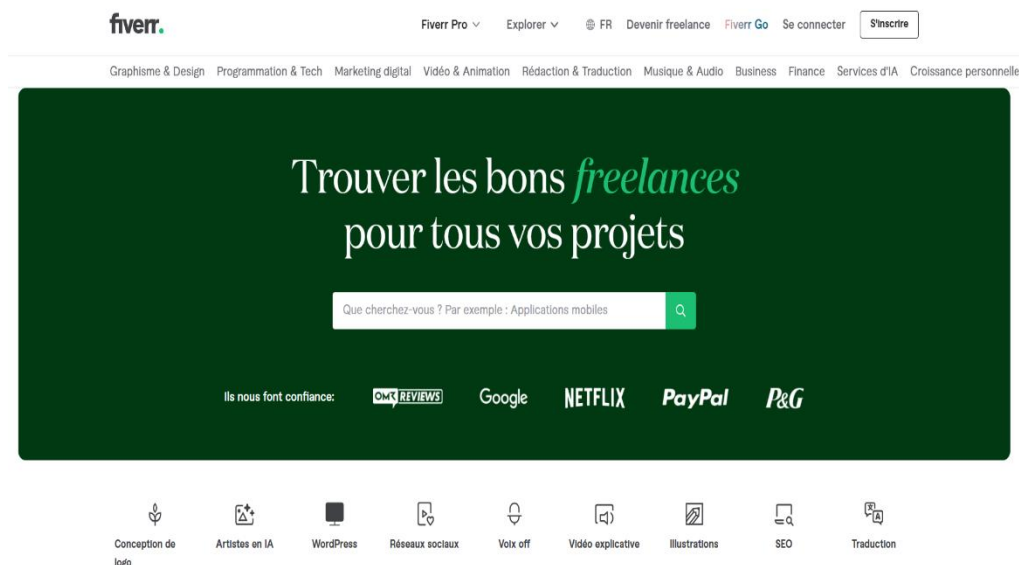


Figure 8: Interface de la plateforme Fiverr.com.

- **Upwork** : place de marché mondiale pour les prestations de services dans les domaines du numérique, de la rédaction, de la traduction, etc.

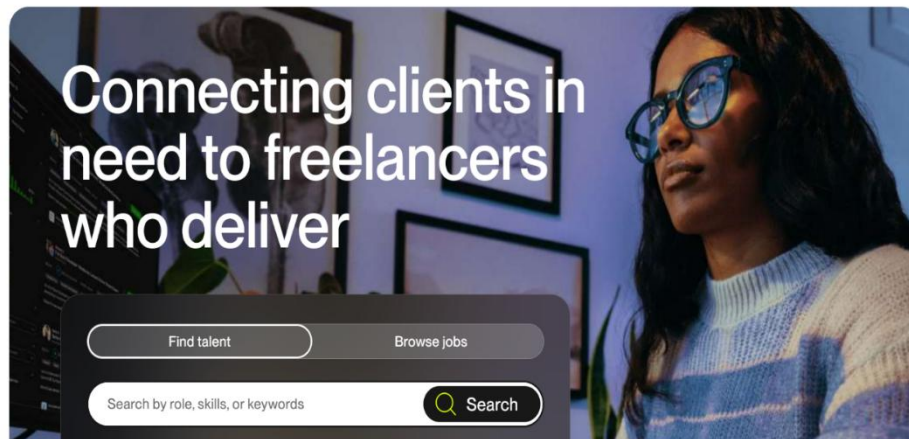


Figure 9: Interface de la plateforme Upwork.com.

Caractéristiques clés:

- Valorisation des compétences individuelles.
- Relations de travail ponctuelles ou projet par projet.
- Modèle très utilisé dans le **freelancing**, le **marketing d'influence** ou la création de contenu numérique.
- Flexibilité pour les entreprises, réduction des coûts fixes (pas d'embauche directe).
- Paiement à la mission ou à la performance.

B2G (Business to Government)

Le modèle B2G (Business to Government) désigne les relations commerciales entre les entreprises privées et les institutions publiques. Il s'agit généralement de prestations de services, de fournitures ou de travaux répondant à des besoins publics spécifiques, encadrés par des procédures administratives strictes. Les échanges B2G se font généralement à travers des appels d'offres électroniques (e-procurement), publiés sur des plateformes gouvernementales.

Ce modèle est fortement régulé afin de garantir la transparence, la concurrence loyale et le bon usage des fonds publics. Il concerne aussi bien les grandes entreprises que les PME locales, à condition qu'elles respectent les critères d'éligibilité et les normes imposées, exemples :

- **TED** (Tenders Electronic Daily) : Portail officiel des appels d'offres publics européens. Il centralise les marchés publics de tous les pays membres.

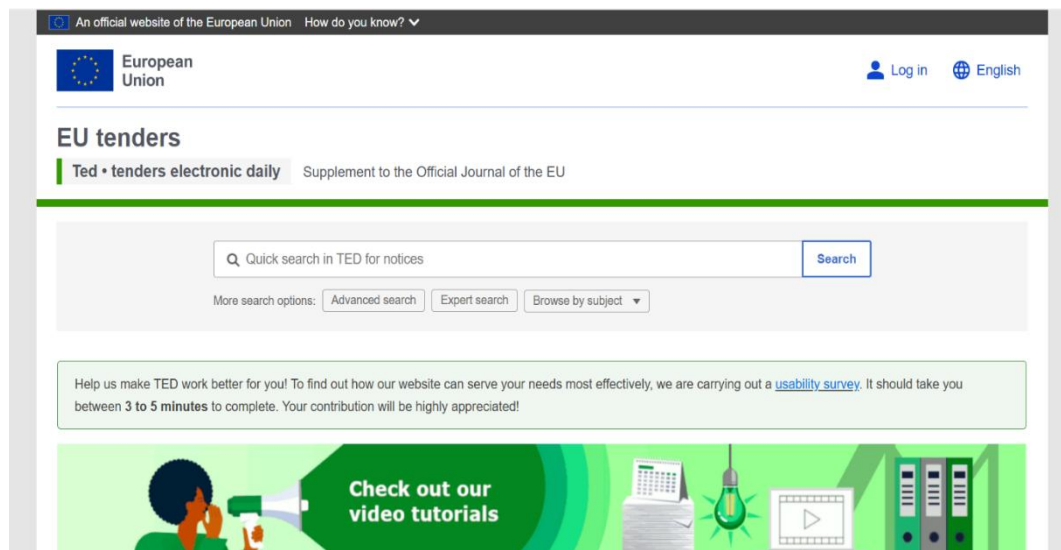


Figure 10: Interface de la plateforme ted.europa.eu.

- **Baosem** (Algérie) : bulletin des appels d'offres du secteur de l'énergie, servant d'interface entre Sonatrach et ses partenaires économiques.

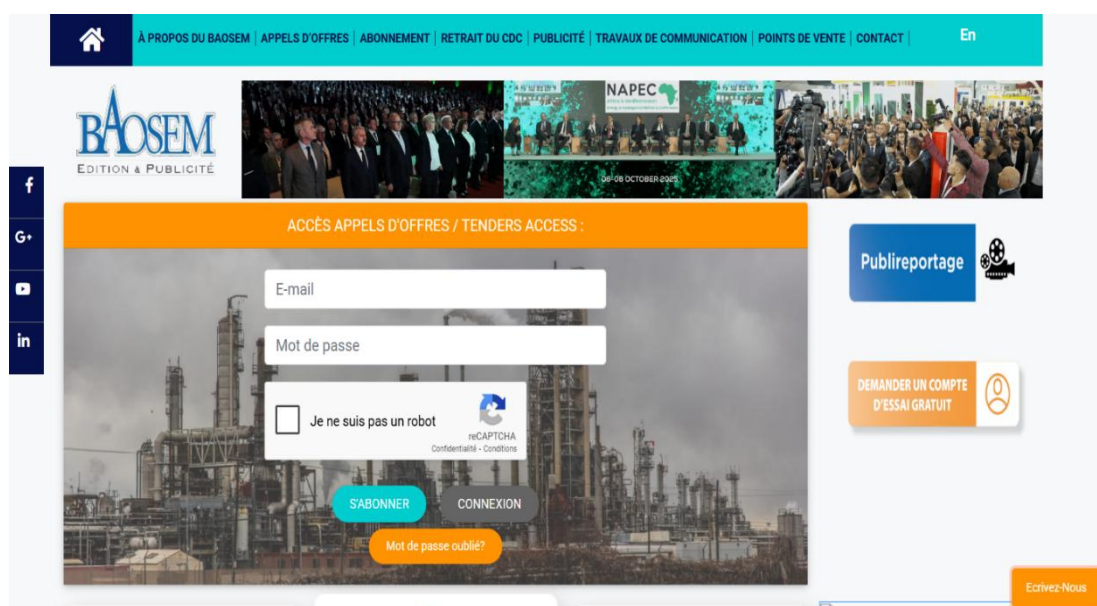


Figure 11 : Interface de la plateforme baosem.com.

Caractéristiques clés:

- Procédures normalisées et encadrées par la loi.
- Cycle de vente long et fortement documenté.
- Contrats à durée déterminée, souvent de grande envergure.

- Portails gouvernementaux sécurisés pour la gestion des candidatures, dépôts de dossiers et notifications.
- Accès parfois difficile pour les petites entreprises en raison de la complexité administrative.

Ces typologies ne sont pas cloisonnées de manière rigide. De nombreuses entreprises adoptent aujourd'hui une approche hybride, combinant plusieurs modèles pour mieux répondre à la diversité des profils clients, des contextes de marché et des exigences opérationnelles.

Dans le cadre de notre projet, c'est le modèle B2C local qui constitue l'orientation principale, avec une attention particulière portée à l'accessibilité, à la simplicité d'usage et à la pertinence fonctionnelle pour les commerces de proximité.

Par ailleurs, au-delà de la distinction fondée sur la nature des acteurs, le commerce électronique peut également être appréhendé selon une logique géographique :

- **E-commerce global** : il s'adresse à des marchés internationaux, et implique des contraintes spécifiques telles que la logistique transfrontalière, la gestion du multilinguisme, ou encore la conformité aux réglementations fiscales de différentes juridictions.
- **E-commerce local** : il cible une clientèle ancrée dans un périmètre géographique restreint, avec des solutions personnalisées en fonction du contexte économique, culturel et logistique local.

Notre projet s'inscrit pleinement dans cette seconde perspective. Il vise à concevoir une plateforme numérique intelligente, intuitive et locale, destinée à accompagner efficacement les petits commerçants dans leur transition digitale, tout en valorisant leur ancrage territorial et leur relation de proximité avec la clientèle.

I.5. Spécificités du e-commerce dans les pays en développement

Le développement du commerce électronique dans les pays en développement présente des particularités notables, façonnées par des facteurs structurels, économiques, technologiques et socioculturels propres à chaque contexte. Contrairement aux pays industrialisés où l'e-commerce s'appuie sur des infrastructures solides et une culture numérique mature, ces pays rencontrent encore de nombreux freins à une adoption généralisée et fluide.

Dans ce cadre, trois aspects méritent une attention particulière : le contexte général (infrastructures, accès à Internet, cadre réglementaire), les canaux effectivement utilisés par les commerçants, et les contraintes concrètes limitant la progression du secteur.

I.5.1. Le contexte algérien : état des lieux

Malgré un intérêt croissant, notamment chez les jeunes générations connectées, plusieurs freins persistent :

- Un faible taux de bancarisation (environ 44 % en 2022). [1]
- Des disparités importantes dans l'accès aux infrastructures numériques entre les zones urbaines et rurales.
- Un cadre réglementaire en construction, bien qu'une législation ait été introduite (loi n° 18-05 de 2018).
- Une méfiance généralisée envers les paiements en ligne, liée à une culture financière encore limitée.

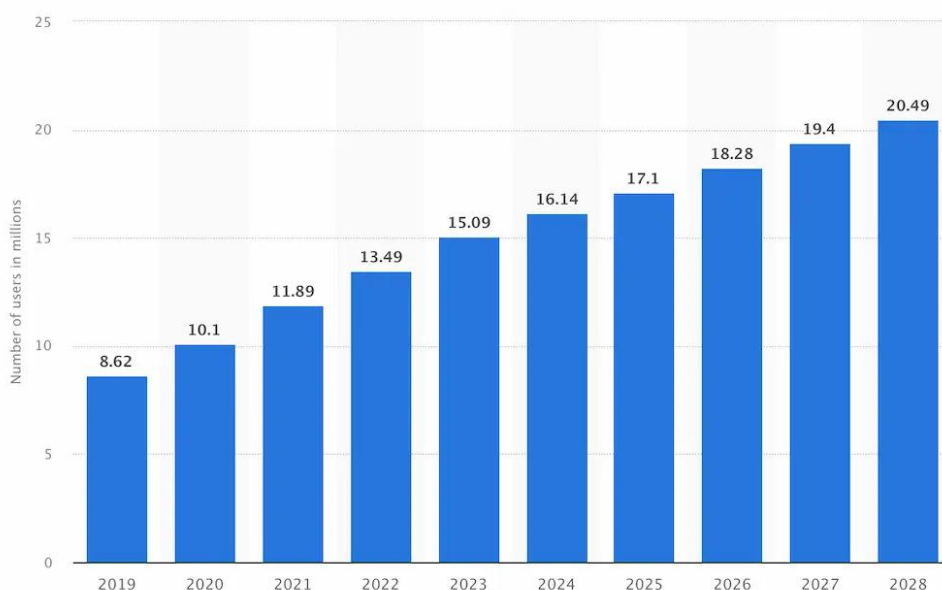


Figure 12: Évolution du nombre d'utilisateurs du commerce électronique en Algérie entre 2019 et 2028 (en millions). [2]

Comme le montre le graphique ci-dessus, le nombre d'utilisateurs du e-commerce en Algérie est passé de 8,6 millions en 2019 à plus de 15 millions en 2023, avec une projection atteignant 20,5 millions en 2028. Cette évolution atteste d'une dynamique croissante, notamment portée par une jeunesse connectée, malgré un cadre structurel encore fragile. Ce contexte conforte la pertinence du développement de solutions numériques adaptées au commerce local.

I.5.2. Les canaux utilisés par les commerçants algériens

En l'absence d'écosystèmes e-commerce nationaux structurés, de nombreux commerçants algériens se tournent vers des solutions alternatives, principalement les **réseaux sociaux** :

- **Facebook** est utilisé pour publier des produits, échanger avec les clients via Messenger et organiser les ventes.
- **Instagram** sert de vitrine visuelle pour les marques artisanales ou locales.
- **WhatsApp** est exploité pour le suivi des commandes, la confirmation et la communication directe.
- **TikTok** commence à émerger comme levier marketing, notamment pour les jeunes commerçants.

Ces pratiques se caractérisent par une gestion informelle, où le paiement se fait le plus souvent à la livraison, en raison de la faible adoption des solutions de paiement numérique.

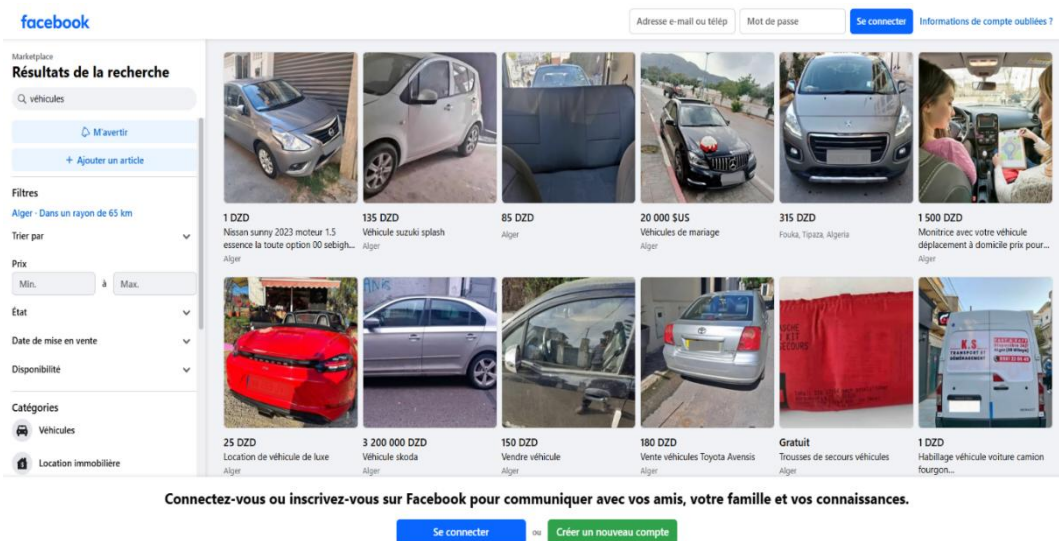


Figure 13: Exemple d'utilisation du Facebook Marketplace par des commerçants algériens.

En l'absence d'infrastructures e-commerce locales structurées, les réseaux sociaux deviennent un levier central pour exposer des produits et gérer les ventes de manière directe et informelle.

I.5.3. Contraintes techniques, logistiques et culturelles

Malgré un potentiel prometteur, le e-commerce en Algérie reste confronté à de nombreux défis concrets :

Type de contrainte	Détail spécifique en Algérie	Impact sur le développement du e-commerce
Technique	Manque de passerelles de paiement fiables et sécurisées	Freine les transactions électroniques
Logistique	Faible couverture des services de livraison, surtout hors grandes villes	Retards fréquents et insatisfaction client
Culturelle	Méfiance vis-à-vis des outils numériques, préférence pour l'achat physique	Adoption lente du e-commerce par les consommateurs et commerçants

Tableau 2: Principales contraintes du développement du e-commerce en Algérie.

Ces contraintes illustrent la complexité du déploiement du commerce électronique dans un contexte algérien encore en transition numérique. Le succès de toute initiative digitale repose sur une compréhension fine de ces réalités, ainsi que sur l'élaboration de solutions adaptées aux besoins et aux habitudes locales.

I.6. Le commerce de proximité face à la digitalisation

Dans un contexte où la transformation numérique s'accélère à l'échelle mondiale, les commerces de proximité, longtemps restés fidèles à des pratiques traditionnelles, sont désormais appelés à se réinventer. Ils doivent concilier deux impératifs fondamentaux : préserver leur dimension humaine et locale tout en s'adaptant aux exigences croissantes du numérique. Cette transition vers une gestion digitalisée n'est plus une option, mais une condition essentielle à leur compétitivité et à leur pérennité.

Alors que les grandes chaînes disposent de moyens techniques et financiers considérables pour intégrer les nouvelles technologies, les petits commerçants doivent composer avec des contraintes spécifiques (ressources limitées, faible appétence technologique), tout en tirant profit d'opportunités offertes par des outils numériques simples, accessibles et adaptés à leur échelle.

I.6.1. Besoins émergents des petits commerçants

Les commerçants de proximité expriment de nouveaux besoins en lien direct avec l'évolution des modes de consommation et les attentes d'une clientèle de plus en plus connectée :

- Une visibilité renforcée sur le web (référencement local, présence sur les réseaux sociaux, plateformes locales).
- Des outils de commande et de livraison simples, compatibles avec leurs ressources logistiques.
- Une gestion facilitée des stocks et des ventes, avec un minimum de formation technique.
- Des moyens de paiement diversifiés (paiement à la livraison, via carte ou mobile).
- Un accompagnement à la digitalisation (formation, support technique, solutions prêtes à l'emploi).

I.6.2. Opportunités d'intégration numérique

Malgré les défis, la digitalisation ouvre des perspectives concrètes pour les petits commerces, notamment :

- La fidélisation client grâce à des outils de suivi, de recommandation et de communication ciblée.
- L'élargissement de la clientèle au-delà du périmètre local immédiat.
- Une meilleure efficacité organisationnelle grâce à des outils numériques de gestion.
- Une capacité d'adaptation accrue face aux crises (comme la pandémie), via la vente en ligne.

La digitalisation des commerces de proximité constitue une évolution inévitable. Pour qu'elle soit bénéfique, elle doit se faire sur la base d'outils pensés pour les réalités du terrain. C'est précisément dans ce cadre que s'inscrit notre projet : offrir une solution numérique intelligente, intuitive et adaptée aux spécificités des petits commerçants, afin de les accompagner efficacement dans leur transition digitale.

I.7. Avantages et limites du commerce de proximité à l'ère numérique

À l'ère de la digitalisation accélérée, les commerces de proximité sont appelés à réinventer leur modèle pour concilier tradition locale et nouvelles attentes numériques. Cette mutation offre un ensemble d'opportunités, mais elle s'accompagne également de contraintes structurelles et humaines.

a. Avantages

- **Accessibilité élargie** : grâce aux outils numériques, un commerçant peut toucher une clientèle bien au-delà de son quartier.
- **Réduction des coûts de communication** : les réseaux sociaux offrent une vitrine gratuite ou à faible coût pour présenter les produits et interagir avec les clients.
- **Amélioration de la relation client** : les outils de fidélisation, les retours d'expérience et la personnalisation permettent de renforcer le lien entre commerçant et client.
- **Optimisation de la gestion** : des logiciels simples permettent de gérer les stocks, les ventes et les paiements sans expertise technique approfondie.
- **Résilience en temps de crise** : durant la pandémie, les commerces digitalisés ont pu maintenir une activité grâce à la vente en ligne et la livraison.

b. Limites

- **Manque de compétences numériques** : de nombreux commerçants n'ont pas les connaissances nécessaires pour adopter efficacement les outils digitaux.
- **Investissement initial** : même les solutions les plus simples peuvent représenter un coût (matériel, abonnement, accompagnement).
- **Fiabilité des services logistiques** : dans certaines régions, la livraison reste un frein majeur en raison du manque de couverture ou de fiabilité.
- **Réticence au changement** : certains commerçants préfèrent conserver les méthodes traditionnelles par méfiance ou manque de visibilité sur les bénéfices réels.
- **Problèmes de connectivité** : dans certaines zones rurales, l'accès à Internet reste limité ou instable.

I.8. Vers une solution numérique intelligente

À la lumière des constats précédents, il devient évident que le commerce de proximité en Algérie a besoin d'une solution technologique innovante, spécifiquement pensée pour son environnement socio-économique, ses contraintes logistiques, et ses usages numériques encore en émergence.

Les modèles standards du e-commerce international ne répondent que partiellement aux besoins des petits commerçants algériens. Ces derniers recherchent avant tout des outils **simples, accessibles, peu coûteux, et adaptés aux réalités locales**. C'est dans cette optique que notre projet s'inscrit : concevoir une **application mobile intelligente et intuitive**, centrée sur l'accompagnement des commerces de proximité dans leur transition numérique.

Cette application vise à :

- **Simplifier la gestion quotidienne** (produits, commandes, clients, paiements) via une interface ergonomique.
- **Offrir une visibilité locale accrue**, notamment par des modules de présence en ligne (catalogue, coordonnées, horaires, promotions).
- **Permettre une communication directe avec les clients**, par messagerie instantanée ou notification mobile (WhatsApp, SMS).
- **Soutenir la prise de décision**, grâce à des statistiques simplifiées sur les ventes, produits les plus demandés, heures de pic, etc.
- **S'adapter à divers profils d'utilisateurs**, grâce à des parcours d'usage modulaires (mode débutant / avancé).

Le tout dans un cadre sécurisé, multilingue (arabe, français), et facilement déployable même dans des zones à faible connectivité.

Notre ambition est de combiner le meilleur du numérique avec l'identité forte des commerces de proximité : service humain, ancrage local, et confiance communautaire.

I.9. Conclusion

Le commerce en ligne s'est imposé comme une révolution incontournable dans les usages de consommation à l'échelle mondiale. En redéfinissant la relation entre vendeurs et

acheteurs, il a bouleversé les chaînes de distribution traditionnelles, les comportements d'achat, et les structures économiques locales.

Ce premier chapitre a permis d'analyser les fondements du e-commerce, d'identifier ses principales typologies (B2B, B2C, C2C...), et d'en étudier les enjeux spécifiques dans le contexte des pays en développement, notamment en Algérie. Nous avons mis en évidence les disparités d'infrastructure, les freins culturels et les limites logistiques qui freinent l'adoption massive du commerce électronique dans ces environnements. En parallèle, nous avons souligné le rôle croissant des réseaux sociaux comme alternative commerciale, ainsi que l'importance du commerce de proximité, acteur clé du tissu économique local.

Ces constats révèlent une nécessité stratégique : accompagner les commerçants de proximité dans leur transition numérique à travers des solutions accessibles, adaptées à leur réalité, et porteuses de valeur. C'est précisément la mission de notre projet, qui s'inscrit dans une logique d'innovation inclusive.

Le chapitre suivant ouvrira la voie à une réflexion plus technique, en s'intéressant aux apports de l'intelligence artificielle et aux problèmes d'optimisation, dans la perspective de concevoir une application intelligente capable de répondre aux besoins identifiés.

Chapitre II

Intelligence Artificielle et Problème
d'Optimisation

L'intelligence artificielle joue un rôle central dans la modernisation du commerce de proximité. Ce chapitre présente ses principes, ses applications concrètes, et les méthodes d'optimisation utilisées pour améliorer les performances, notamment à travers les algorithmes génétiques. Il met également en lumière les principaux défis liés à son intégration.

II.1. L'intelligence artificielle (IA)

Dans un monde en perpétuelle évolution numérique, l'intelligence artificielle (IA) s'impose comme un pilier majeur de l'innovation technologique. Bien au-delà de la simple automatisation, elle révolutionne les méthodes de travail, les processus décisionnels, et les dynamiques commerciales grâce à sa capacité d'analyse, d'apprentissage et d'optimisation en temps réel.

Appliquée au domaine du commerce, et plus particulièrement au commerce de proximité, l'IA ouvre des perspectives concrètes : amélioration de la relation client, personnalisation des offres, gestion intelligente des stocks et optimisation de la logistique. Son intégration dans des solutions numériques représente une opportunité stratégique pour accompagner les petits commerçants dans leur transition digitale, en leur proposant des outils performants, intuitifs et adaptés à leurs contraintes.

Ce chapitre vise à explorer les fondements de l'intelligence artificielle, ses domaines d'application dans un contexte commercial, ainsi que les approches d'optimisation permettant d'améliorer la performance des systèmes intelligents. Nous aborderons également les principaux algorithmes utilisés pour résoudre des problématiques concrètes liées à notre projet de digitalisation du commerce de proximité.

II.1.1. Définition

L'intelligence artificielle (IA) est une discipline de l'informatique dont l'objectif est de créer des machines capables d'imiter ou de reproduire des comportements humains considérés comme intelligents. Elle combine des domaines tels que les mathématiques, les statistiques, la logique, la linguistique et les sciences cognitives pour permettre à une machine de percevoir, d'analyser, de raisonner, d'apprendre et d'agir.

Les systèmes d'IA peuvent ainsi accomplir des tâches allant de la reconnaissance vocale et visuelle à la prise de décision autonome, en passant par l'optimisation de processus, la traduction automatique ou encore la recommandation personnalisée.

Au fil des décennies, plusieurs chercheurs ont proposé des définitions reflétant les multiples facettes de cette discipline :

- Minsky (1968) : « La programmation des ordinateurs pour effectuer des tâches qui sont, pour l'instant, mieux réalisées par les humains. »
- Boden (1977) : « L'utilisation des machines pour accomplir des choses qui seraient considérées intelligentes si elles étaient réalisées par un humain. »
- Bellman (1978) : « L'automatisation d'activités associées à la pensée humaine, comme la prise de décision, la résolution de problèmes et l'apprentissage. »
- Charniak & McDermott (1985) : « L'étude des facultés mentales au moyen de modèles informatiques. »
- Rich & Knight (1991) : « L'étude de la manière de programmer les ordinateurs pour accomplir des tâches où les humains excellent. »
- Luger & Stubblefield (1993) : « La partie de l'informatique consacrée à l'automatisation de comportements intelligents. »

D'un point de vue étymologique, le terme "artificiel" renvoie à ce qui est produit par l'homme plutôt que par la nature. Ainsi, une intelligence dite "artificielle" n'est pas innée, mais construite : elle repose sur des algorithmes, des données, et des architectures logicielles permettant à une machine de simuler la réflexion humaine.

Aujourd'hui, l'IA est considérée comme un pilier fondamental de la transformation numérique, avec des applications dans des domaines aussi variés que la santé, la finance, l'industrie, l'éducation et bien sûr, le commerce. Dans ce dernier, elle joue un rôle croissant dans l'analyse prédictive, la personnalisation de l'expérience client, la gestion intelligente des stocks ou encore l'optimisation logistique.

Dans le contexte de notre projet, l'intelligence artificielle représente une opportunité stratégique pour offrir aux commerçants de proximité des outils performants, simples à utiliser, et capables de s'adapter à leurs besoins réels.

II.1.2. Historique de l'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle (IA), aujourd'hui considérée comme l'un des piliers de la transformation numérique mondiale, ne s'est pas construite du jour au lendemain. Bien avant l'invention des ordinateurs, l'humanité a cherché à comprendre, reproduire et simuler certaines

fonctions cognitives à travers des mécanismes et des représentations symboliques. Ces efforts anciens témoignent d'un intérêt profond pour la modélisation du raisonnement, de la perception ou encore du comportement à l'aide d'artefacts construits. L'IA moderne, fondée sur les algorithmes et les données, est donc l'héritière d'une longue tradition intellectuelle et technique.

1738 : Le canard de Vaucanson

Parmi les réalisations mécaniques les plus remarquables de l'époque préindustrielle figure le célèbre **Canard Digérateur**, conçu par l'inventeur français **Jacques de Vaucanson**. Cet automate, entièrement fabriqué en cuivre doré, était capable de simuler plusieurs actions biologiques : il buvait, mangeait, battait des ailes, émettait des sons, et simulait même la digestion. À travers cet exploit technique, Vaucanson ne cherchait pas uniquement à divertir, mais à démontrer qu'un comportement complexe pouvait être reproduit artificiellement par une machine, idée profondément novatrice pour le XVIIIe siècle. Le mécanisme interne, composé d'engrenages, de leviers et de cames, était visible au public, incarnant une tentative d'ingénierie du vivant avant la lettre. Ce canard n'était certes pas intelligent, mais il constituait une étape symbolique vers la pensée mécaniste qui inspirera plus tard le développement de l'intelligence artificielle.

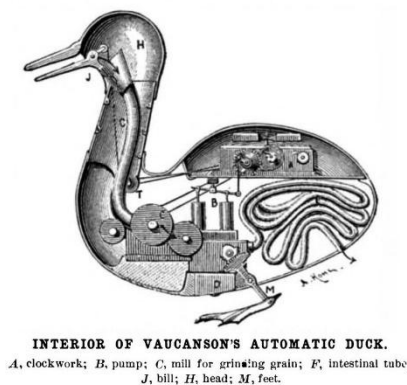


Figure 14: Le canard de Vaucanson [3]

1950 : Le test de Turing

Dans son article visionnaire *Computing Machinery and Intelligence*, **Alan Turing** pose une question centrale : « Les machines peuvent-elles penser ? » Pour y répondre, il propose un protocole expérimental connu sous le nom de **test de Turing**, où un humain interagit à l'aveugle avec une autre personne et une machine à travers des messages textuels. Si l'interrogateur ne peut distinguer la machine de l'humain, on peut dire que la machine montre

des signes d'intelligence. Ce test a profondément marqué la réflexion sur la conscience artificielle et reste encore aujourd'hui une référence dans l'évaluation des systèmes d'IA.

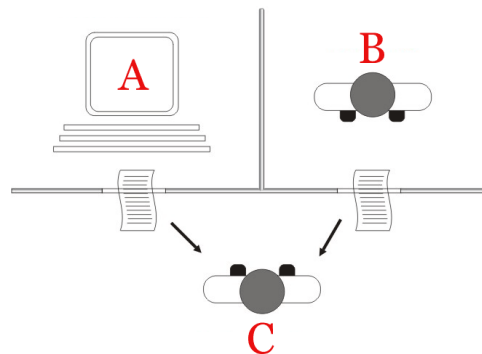


Figure 15: Diagramme de test de Turing [4]

« Interprétation standard » du test de Turing : A et B sont respectivement un ordinateur programmé pour se faire passer pour un humain et un joueur humain. Le joueur C, l'interrogateur, doit déterminer lequel de ces joueurs est un ordinateur. L'interrogateur est limité à des questions écrites.

1956 : Naissance officielle de l'IA

C'est lors de la conférence de **Dartmouth** organisée par **John McCarthy**, **Marvin Minsky**, **Claude Shannon** et **Nathaniel Rochester**, que le terme "**Intelligence Artificielle**" est officiellement formulé. Cette rencontre est souvent considérée comme l'acte de naissance de la discipline. Elle marque le début des premières tentatives de programmation de comportements intelligents à l'aide d'ordinateurs : résolution de problèmes, jeux de stratégie, manipulation de symboles, etc. Les bases théoriques se structurent, et l'IA devient un champ de recherche à part entière.

Années 1970 : Les systèmes experts

Avec l'évolution des capacités de stockage et de traitement, l'IA entre dans une phase plus pragmatique. Apparaissent alors les **systèmes experts**, conçus pour simuler la prise de décision humaine dans des contextes spécifiques, grâce à une base de règles et de connaissances. Le plus célèbre est **MYCIN**, développé pour le diagnostic médical, qui pouvait recommander des traitements à partir de symptômes renseignés. Ces systèmes marquent une première percée de l'IA dans le domaine professionnel, bien que leur rigidité et leur dépendance aux bases de règles aient limité leur évolutivité.

Années 1980-1990 : Déploiement industriel

L'IA connaît alors un engouement croissant, notamment avec l'émergence de nouveaux langages (comme **PROLOG**) et de projets nationaux comme le programme japonais des **ordinateurs de 5e génération**. Ces initiatives visent à doter les machines de capacités de raisonnement logique avancé. Des systèmes d'IA commencent à être intégrés dans des domaines industriels complexes : analyse chimique (**DENDRAL**), diagnostic médical (**MYCIN**), aide à la décision, robotique industrielle. Cependant, face à des promesses parfois

irréalistes, cette période connaît aussi une phase de désillusion connue sous le nom de "**hiver de l'IA**".

Années 2000-2010 : Montée en puissance des données

L'arrivée massive des **Big Data**, conjuguée à l'augmentation de la puissance de calcul, redonne un nouveau souffle à l'IA. De nouvelles approches apparaissent, fondées non plus seulement sur des règles, mais sur l'**apprentissage automatique (machine learning)**. Ces techniques permettent aux systèmes d'extraire des modèles à partir de données, d'anticiper des comportements ou de recommander des actions, ouvrant la voie à des applications commerciales, médicales, financières et industrielles de plus en plus fiables.

Depuis 2010 : L'ère du Deep Learning

La révolution se confirme avec les **réseaux neuronaux profonds (deep learning)**, qui permettent à l'IA de franchir des seuils majeurs dans le traitement d'image, le langage naturel et la reconnaissance vocale. Des intelligences comme **AlphaGo** (capable de battre des champions de Go), **ChatGPT** (modèle de traitement du langage naturel développé par OpenAI) ou **DALL·E** (générateur d'images à partir de texte) illustrent la nouvelle génération d'IA capables de générer du contenu, de raisonner de manière contextuelle, et d'interagir en temps réel avec les humains. Ces systèmes apprennent à partir de milliards de données, s'adaptent en continu, et repoussent les frontières entre humain et machine.

L'histoire de l'intelligence artificielle est celle d'une évolution progressive, entre découvertes mathématiques, percées techniques et expérimentations industrielles. Aujourd'hui, elle s'impose comme un pilier central de l'innovation numérique, avec un impact croissant dans tous les secteurs économiques, notamment celui du commerce intelligent et personnalisé.

II.1.3. Domaines et techniques de l'IA

L'intelligence artificielle (IA) se divise en plusieurs sous-domaines, chacun jouant un rôle essentiel dans la diversité de ses applications. Deux branches fondamentales dominent le champ : l'apprentissage automatique (machine learning) et l'apprentissage profond (deep learning), chacune comprenant plusieurs techniques et méthodes spécifiques. Ces approches sont à la base des innovations les plus marquantes dans divers domaines tels que la santé, la finance, le commerce électronique, la logistique ou encore la sécurité.

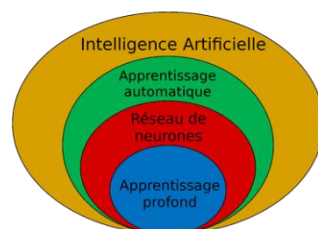


Figure 16: Structure hiérarchique de l'intelligence artificielle, de l'apprentissage automatique et de l'apprentissage. [5]

Apprentissage automatique (Machine Learning)

L'apprentissage automatique est une technique qui permet aux systèmes d'apprendre à partir des données, sans être explicitement programmés. Il repose sur la capacité à repérer des motifs, à prédire des résultats et à prendre des décisions en s'appuyant sur des observations passées. Cette approche est à la base de nombreuses solutions modernes : filtres anti-spam, systèmes de recommandation, prévisions financières, analyse de sentiments, etc.

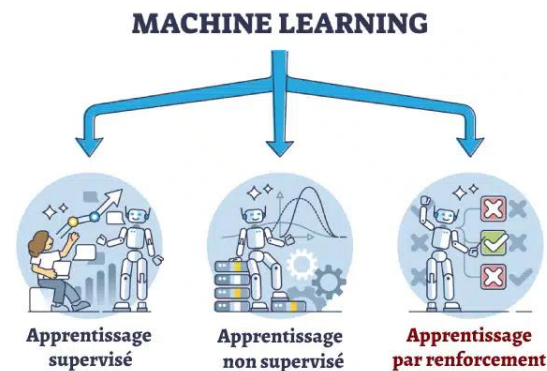


Figure 17: Les trois grandes catégories de Machine Learning : apprentissage non supervisé, apprentissage supervisé et Reinforcement Learning.

- **L'apprentissage supervisé**

L'algorithme est entraîné à partir de données étiquetées. Il apprend les relations entre les entrées et les sorties pour pouvoir généraliser sur de nouvelles données. Les cas d'usage typiques incluent la reconnaissance de texte ou d'image, les systèmes anti-fraude, la prédiction de ventes ou encore la détection de maladies. Des algorithmes comme les forêts aléatoires, la régression logistique ou les SVM sont souvent utilisés. Ce type d'apprentissage est particulièrement adapté aux tâches de classification et de régression.

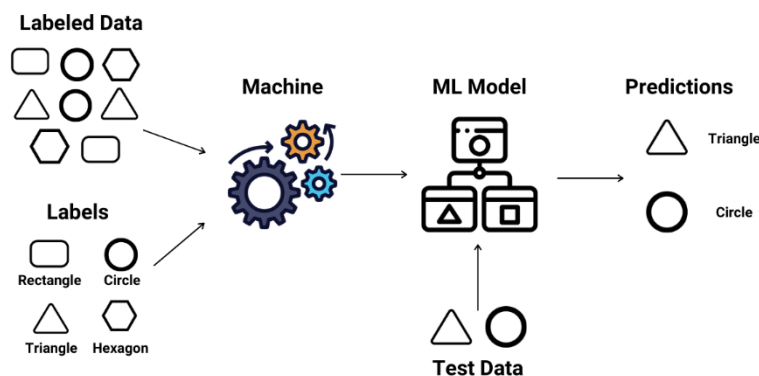


Figure 18: Apprentissage supervisé.

- **L'apprentissage non supervisé**

Ici, les données ne sont pas étiquetées. Le système tente d'en identifier les structures internes (groupes, corrélations, etc.) comme dans le cas du clustering, utilisé en segmentation de clientèle ou en détection d'anomalies. Il s'applique aussi à la réduction de dimensionnalité pour visualiser ou simplifier des données complexes. Les techniques comme K-means, DBSCAN ou l'analyse en composantes principales (ACP) sont des outils couramment employés. Cela permet par exemple à une entreprise d'adapter ses stratégies marketing selon des groupes de clients ayant des comportements similaires.

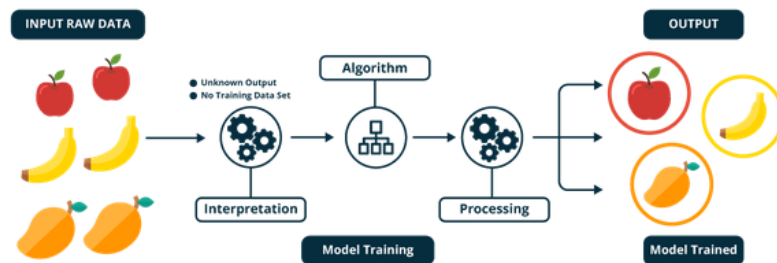


Figure 19: Apprentissage non supervisé.

Les algorithmes de ce type d'apprentissage peuvent être utilisés pour trois types de problèmes :

Association : un problème où on désire découvrir des règles qui décrivent de grandes portions de ses données. Par exemple, dans un contexte d'une étude de comportement d'achat d'un groupe de clients, les personnes qui achètent tel produit ont également tendance à acheter un autre produit spécifique.

Regroupement : un problème où on veut découvrir les groupements inhérents aux données, comme le regroupement des clients par le comportement d'achat.

La réduction de dimension : on vise à réduire le nombre de variables à prendre en compte dans l'analyse.

- **L'apprentissage par renforcement**

Le système apprend en interagissant avec un environnement et en recevant des récompenses ou des punitions. C'est le principe utilisé dans les jeux vidéo, la robotique, la finance algorithmique ou la gestion d'énergie. Des agents intelligents comme ceux utilisés par DeepMind (ex : AlphaGo) illustrent la puissance de cette approche. L'agent cherche à maximiser une récompense cumulative par essais-erreurs, s'adaptant continuellement à son environnement. Cette approche est au cœur de nombreuses avancées en intelligence artificielle décisionnelle.

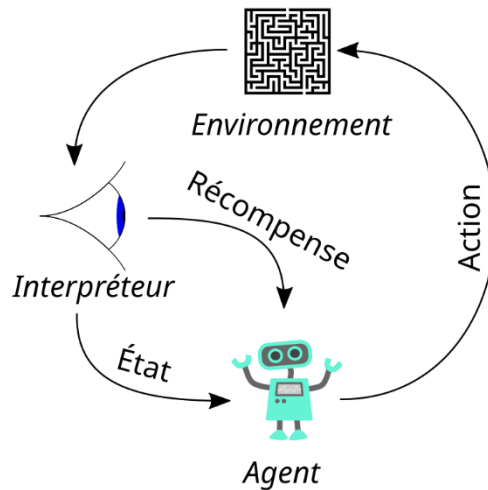


Figure 20: Apprentissage par renforcement. [6]

« Le scénario typique d'apprentissage par renforcement : un agent effectue une action sur l'environnement, cette action est interprétée en une récompense et une représentation du nouvel état, et cette nouvelle représentation est transmise à l'agent. »

Domaines d'application du machine learning

1. **Classification et prédiction** : prédire la catégorie ou la valeur d'une donnée (ex : classification d'e-mails, prédiction de ventes, détection de panne).
2. **Personnalisation** : recommandations sur les plateformes de streaming, publicités ciblées, suggestions d'achats.
3. **Optimisation logistique** : itinéraires dynamiques, prévision de la demande, stockage intelligent.
4. **Automatisation de tâches** : traitement de texte, lecture automatique de documents, réponses aux e-mails.
5. **Diagnostic et analyse prédictive** : dans la finance (risque de crédit), la santé (diagnostic assisté), l'industrie (maintenance prédictive).

Apprentissage profond (Deep Learning)

Le deep learning est une sous-catégorie du machine learning qui repose sur des architectures complexes appelées réseaux de neurones profonds. Ces réseaux sont capables de traiter des données brutes, comme des images, du texte ou de la voix, en extrayant automatiquement les caractéristiques les plus pertinentes. Grâce à l'apprentissage de représentations abstraites, ils surpassent les approches classiques dans de nombreuses tâches complexes. L'apprentissage est réalisé via des itérations massives sur les données, avec des techniques comme la rétropropagation de l'erreur.

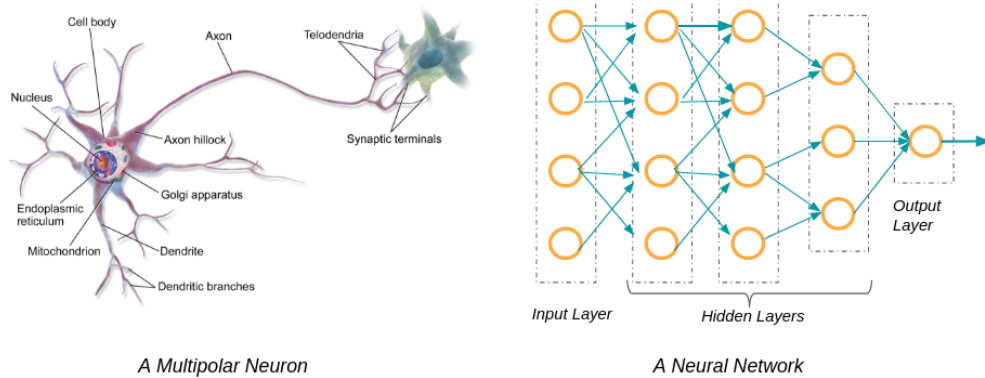


Figure 21: Un neurone biologique et un réseau de neurones artificiels.[7]

Cette illustration juxtapose un neurone biologique (à gauche) et un réseau de neurones artificiels (à droite), mettant en évidence l’inspiration biomimétique à l’origine du deep learning. Le neurone biologique, unité de base du système nerveux, reçoit et transmet des signaux électriques via des dendrites, un axone et des synapses. De manière analogue, le neurone artificiel traite des entrées numériques, applique une pondération suivie d’une fonction d’activation, et transmet un signal de sortie vers les couches suivantes du réseau.

Dans les réseaux de neurones profonds, ces couches successives permettent l’extraction hiérarchique de caractéristiques, allant des plus simples aux plus complexes. Bien que l’analogie soit abstraite, elle a servi de point de départ au développement de modèles performants capables de reconnaître des visages, comprendre le langage naturel ou prendre des décisions autonomes.

Ainsi, l’architecture des réseaux de neurones artificiels illustre la tentative de l’intelligence artificielle de reproduire, de manière simplifiée, certains mécanismes cognitifs humains.

- **Réseaux convolutifs (CNN)**

Utilisés pour la reconnaissance d’images, la vidéo, la détection d’objets, la lecture automatique de radiographies. Ils sont capables de détecter des motifs visuels (bords, textures, formes complexes). Les CNN sont au cœur d’applications telles que la surveillance intelligente, la détection de visages ou encore l’analyse de documents scannés.

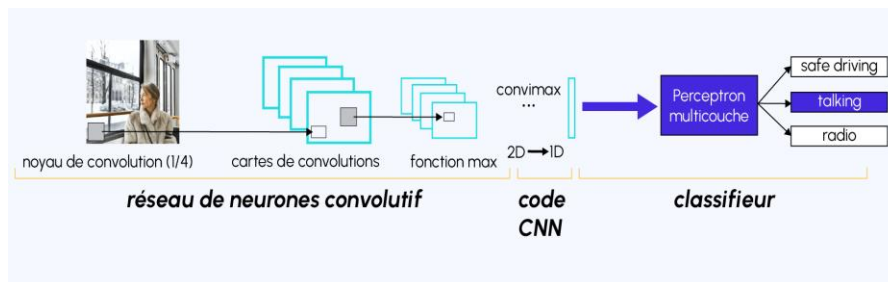


Figure 22: Schéma représentant l’architecture d’un CNN.

Cette image montre le processus de traitement d'une image par un réseau de neurones convolutif. À gauche, l'image brute subit une série de convolutions à l'aide de noyaux qui extraient des caractéristiques visuelles (bords, textures, etc.). Ces cartes de convolutions passent ensuite par une fonction de réduction (max pooling), avant d'être transformées en vecteur unidimensionnel.

Ce vecteur est ensuite envoyé vers un perceptron multicouche (classifieur) qui prédit une catégorie : ici, « safe driving », « talking », ou « radio ». Ce pipeline illustre la puissance des CNN dans la reconnaissance et la classification automatique d'images dans des contextes complexes.

Réseaux récurrents (RNN)

Les réseaux de neurones récurrents, ou *Recurrent Neural Networks*, constituent une architecture spécialement conçue pour traiter des données séquentielles, c'est-à-dire des données où l'ordre des éléments est important. Contrairement aux réseaux neuronaux classiques, les RNN possèdent une mémoire interne qui leur permet de conserver une trace des états précédents au fil du traitement. Cette capacité est essentielle pour des tâches telles que la prédiction de texte, la génération de langage naturel, ou encore la modélisation de séries temporelles (par exemple, les données financières ou météorologiques).

Les RNN sont largement utilisés dans les applications de traitement du langage naturel (NLP), notamment dans les assistants vocaux (comme Siri ou Google Assistant), les systèmes de traduction automatique (comme Google Translate), ou les agents conversationnels intelligents. Cependant, les RNN traditionnels souffrent de certaines limitations, notamment la difficulté à capturer des dépendances à long terme. Pour remédier à cela, des variantes plus avancées ont été introduites, comme les réseaux LSTM (*Long Short-Term Memory*) et GRU (*Gated Recurrent Unit*), qui permettent de mieux gérer l'apprentissage sur des séquences longues et complexes.

GAN (réseaux antagonistes génératifs)

Les *Generative Adversarial Networks* (GAN) sont une classe de modèles d'apprentissage profond particulièrement innovante, introduite en 2014 par Ian Goodfellow. Leur fonctionnement repose sur une confrontation entre deux réseaux neuronaux : un **générateur**, qui crée de nouvelles données à partir d'un bruit aléatoire, et un **discriminateur**,

qui évalue si les données produites sont réelles ou générées. Ce mécanisme d'opposition continue pousse le générateur à produire des données de plus en plus réalistes, tandis que le discriminateur améliore sa capacité à les différencier des vraies données.

Les GAN ont révolutionné le domaine de la génération de contenu artificiel. Ils sont capables de produire des images photoréalistes, des visages humains entièrement synthétiques, des musiques originales, ou encore de créer des animations vidéo. On retrouve leur usage dans de nombreux secteurs : le divertissement (effets spéciaux, jeux vidéo), l'art numérique, la mode, et même la recherche biomédicale (par exemple pour générer des images médicales à partir de peu de données réelles). Toutefois, leur puissance soulève aussi des préoccupations éthiques, notamment avec la montée des *deepfakes*, qui utilisent cette technologie pour créer des vidéos truquées à fort potentiel de manipulation.

- **Transformers**

Les *Transformers* représentent une avancée majeure dans le domaine du traitement automatique du langage naturel (TALN). Introduits en 2017 par Vaswani et al. avec l'article « *Attention is All You Need* », ces modèles ont profondément transformé la manière dont les machines comprennent et génèrent le langage humain.

Contrairement aux architectures séquentielles comme les RNN ou LSTM, les Transformers exploitent un mécanisme d'**attention** permettant de traiter l'ensemble de la séquence en parallèle. Cela signifie qu'ils peuvent capturer efficacement les relations entre des mots distants dans une phrase, ce qui est crucial pour comprendre le sens global d'un texte. Chaque mot est converti en un vecteur (embedding) et passe par plusieurs couches d'attention et de normalisation avant de produire une sortie contextualisée.

Des modèles tels que **BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers)**, **GPT (Generative Pre-trained Transformer)**, ou encore **T5 (Text-To-Text Transfer Transformer)** sont devenus des références incontournables. Ils sont utilisés dans :

- La **génération automatique de texte** (ex. : ChatGPT)
- La **traduction multilingue** (DeepL, Google Translate)
- Les **agents conversationnels intelligents** (chatbots, assistants vocaux)
- L'**analyse de sentiments** ou la **classification de documents**

- La **bioinformatique** (analyse de séquences génétiques)
- Le **droit numérique** (recherche d'informations dans des documents juridiques)
- La **modélisation des comportements sociaux** ou des préférences utilisateurs.

Les Transformers sont aujourd'hui à la base des modèles linguistiques les plus avancés, et leur modularité a même été transposée à d'autres domaines que le langage, comme la vision par ordinateur (*Vision Transformers - ViT*) ou la génération d'images (*DALL·E*). Grâce à leur capacité à apprendre des représentations complexes à partir de grandes quantités de données, ils sont devenus des piliers de l'intelligence artificielle moderne.

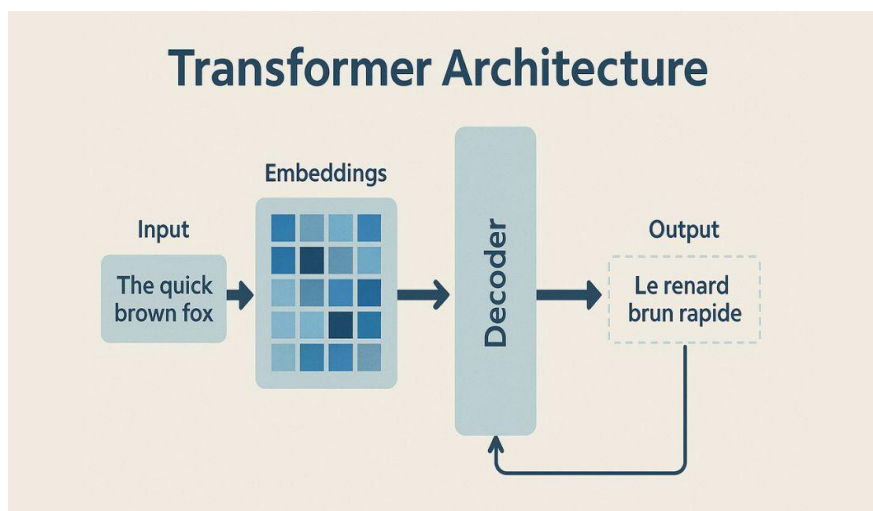


Figure 23: Architecture Transformer.

Applications pratiques du Deep Learning

- **Reconnaissance visuelle** : détection faciale, lecture de plaques d'immatriculation, surveillance vidéo intelligente.
- **Traitement automatique du langage** : assistants vocaux (Siri, Alexa), analyse d'opinions, traduction multilingue.
- **Véhicules autonomes** : interprétation de l'environnement routier à partir des capteurs et caméras embarqués.
- **Création de contenu** : génération artistique d'images (via DALL·E), musique assistée, deepfakes.
- **Médecine prédictive** : détection précoce de pathologies (cancer, maladies rares) à partir de données médicales.

Ces techniques, bien qu'exigeantes en ressources matérielles et computationnelles, permettent d'atteindre un niveau d'automatisation, d'analyse et de personnalisation sans précédent. Leur intégration dans les solutions commerciales et industrielles constitue un levier puissant de compétitivité, notamment dans les contextes riches en données, où les besoins décisionnels sont critiques. L'intelligence artificielle devient ainsi un catalyseur incontournable de l'innovation dans les sociétés modernes. Elle ouvre la voie à des outils plus intuitifs, des services plus intelligents, et des modèles économiques plus efficaces, y compris pour les commerces de proximité qui souhaitent se réinventer à l'ère du numérique.

II.1.4. Rôle de l'IA dans le commerce

L'intelligence artificielle joue un rôle central dans la transformation du secteur commercial, aussi bien dans le e-commerce que dans les commerces de proximité. En exploitant la puissance des données et des algorithmes intelligents, elle permet une réinvention profonde de la chaîne de valeur, de la relation client à la logistique.

Voici les principaux apports concrets de l'IA dans le commerce :

- **Anticipation des besoins des clients** : grâce aux systèmes de recommandation basés sur le machine learning, les entreprises peuvent proposer des produits personnalisés en analysant les historiques d'achat, les recherches précédentes ou les préférences comportementales.
- **Optimisation des stocks** : les algorithmes prédictifs permettent d'ajuster les niveaux de stock en temps réel, d'anticiper les ruptures, de limiter le surstockage et de mieux gérer la rotation des produits.
- **Automatisation du service client** : avec les chatbots intelligents, les commerçants peuvent répondre aux demandes des clients 24h/24, fournir des informations personnalisées et améliorer l'expérience utilisateur.
- **Optimisation logistique** : l'IA permet d'analyser les trajets de livraison, de calculer les meilleurs itinéraires et de réduire les délais tout en minimisant les coûts de transport.
- **Détection de fraude** : les systèmes intelligents sont capables d'identifier des comportements suspects ou des transactions inhabituelles en temps réel.
- **Personnalisation de l'expérience d'achat** : que ce soit en ligne ou en magasin, l'IA permet d'adapter les offres, les prix et même l'affichage en fonction du profil du client.

- **Analyse prédictive des ventes** : l'IA peut prévoir la demande future à partir de multiples variables (saisonnalité, tendances, données météo, réseaux sociaux), permettant une meilleure planification.
- **Reconnaissance d'images et étiquetage automatique** : les commerçants peuvent cataloguer automatiquement les produits, détecter les défauts visuels ou même analyser les comportements d'achat à partir de vidéos.

L'intégration de l'IA dans les activités commerciales devient aujourd'hui un facteur différenciateur majeur, surtout pour les petites structures qui souhaitent rester compétitives. Elle permet de mieux comprendre les clients, de gagner en efficacité opérationnelle, et de bâtir des expériences d'achat plus fluides et engageantes. Dans le cadre de notre projet, ces apports constituent une base solide pour développer une solution numérique intelligente, adaptée au commerce de proximité.

II.2. Problèmes d'Optimisation dans le Commerce

Après avoir exploré le rôle de l'intelligence artificielle dans le commerce moderne, il est essentiel de s'intéresser à une problématique centrale que cette technologie permet de résoudre : l'optimisation. En effet, dans un environnement commercial de plus en plus concurrentiel, la capacité à prendre des décisions optimales devient un facteur clé de succès, notamment pour les commerces de proximité.

II.2.1. Définition et importance de l'optimisation

L'optimisation désigne l'ensemble des techniques et méthodes visant à trouver la meilleure solution possible à un problème donné, en tenant compte de contraintes spécifiques. Dans le domaine du commerce, elle peut signifier la maximisation des revenus, la minimisation des coûts, ou encore l'amélioration de l'efficacité opérationnelle.

Dans le contexte du commerce de proximité, l'optimisation joue un rôle fondamental. Elle permet notamment de:

- **Réduire les coûts** liés à la gestion des stocks, à la logistique et aux ressources humaines.
- **Améliorer la disponibilité des produits**, en prévoyant la demande et en adaptant les approvisionnements en conséquence.

- **Optimiser les délais de livraison**, en sélectionnant les itinéraires les plus efficaces ou en ajustant les horaires de préparation des commandes.
- **Maximiser la satisfaction client**, en garantissant une expérience fluide, rapide et personnalisée.

Grâce à l'optimisation, les commerces de proximité peuvent rester compétitifs face aux géants du e-commerce, tout en valorisant leur ancrage local et leur réactivité.

II.2.2. Types de problèmes d'optimisation

Les problèmes d'optimisation constituent un domaine vaste et essentiel dans la prise de décision, en particulier dans le secteur du commerce. Ils peuvent être catégorisés selon la nature des variables impliquées (discrètes ou continues), la complexité des contraintes, et les objectifs à atteindre. Dans le commerce de proximité, ces problèmes se manifestent à différents niveaux, de la gestion des ressources à la logistique, en passant par la stratégie de vente.

- **Optimisation combinatoire**

Ce type d'optimisation concerne des variables discrètes, souvent représentées par des choix finis ou des arrangements spécifiques. Elle est particulièrement utile lorsqu'il s'agit de résoudre des problèmes de type « oui ou non », comme la sélection de fournisseurs, l'agencement optimal des produits dans un rayon, ou encore l'ordonnancement des livraisons. Par exemple, optimiser la disposition des produits dans un point de vente peut réduire le temps de parcours des clients et ainsi améliorer l'efficacité des ventes.

- **Optimisation continue**

Ici, les variables peuvent prendre des valeurs continues, souvent associées à des grandeurs économiques comme les prix, les quantités ou les délais. Ce type d'optimisation est utilisé pour ajuster en temps réel les prix selon l'offre et la demande (pricing dynamique), ou pour gérer les niveaux de stocks de manière fluide. Ces techniques permettent de maximiser les marges bénéficiaires tout en réduisant les pertes liées aux surstocks ou aux ruptures.

- **Optimisation sous contraintes**

Les ressources dans le commerce étant limitées (budgets, personnel, espace, temps), l'optimisation sous contraintes devient incontournable. Elle vise à atteindre un objectif (comme

la satisfaction client ou la rentabilité) tout en respectant un ensemble de limites. Par exemple, la planification des tournées de livraison doit prendre en compte la capacité des véhicules, les horaires des clients et les coûts de transport, tout en assurant un service rapide et efficace.

II.2.3. Algorithmes d'optimisation courants

Dans un environnement commercial de plus en plus dynamique et concurrentiel, la prise de décision optimale devient un levier majeur pour assurer la performance, la rentabilité et la satisfaction client. Les algorithmes d'optimisation permettent de résoudre des problèmes complexes en identifiant la meilleure solution possible selon des critères précis et sous des contraintes variées. Ils jouent un rôle central dans les systèmes d'intelligence artificielle, où leur efficacité opérationnelle permet d'automatiser et d'améliorer de nombreuses fonctions commerciales : gestion des stocks, logistique, planification, personnalisation des offres, etc.

On distingue plusieurs catégories d'algorithmes d'optimisation :

- Les algorithmes exacts (branch and bound, programmation linéaire), souvent limités à des problèmes de petite taille.
- Les algorithmes heuristiques, qui cherchent de bonnes solutions sans garantie d'optimalité.
- Les métaheuristiques, plus puissantes et adaptées à des problèmes complexes de grande dimension.

Parmi ces derniers, les **algorithmes génétiques (AG)** figurent parmi les plus répandus et les plus efficaces dans les contextes commerciaux complexes, notamment dans l'optimisation des tournées de livraison, domaine dans lequel ils ont été appliqués dans notre projet.

II.2.3.1. Algorithmes génétiques

Les algorithmes génétiques sont des méthodes d'optimisation stochastiques inspirées du processus de l'évolution naturelle décrit par Darwin. L'idée est de simuler la sélection naturelle : les solutions les mieux adaptées survivent, se croisent et génèrent de nouvelles solutions dans une population évolutive. Chaque solution potentielle est représentée par un **chromosome**, composé de **gènes** codant les variables du problème. La population de chromosomes évolue au fil des générations grâce à trois opérateurs principaux **sélection**, **croisement** et **mutation**.

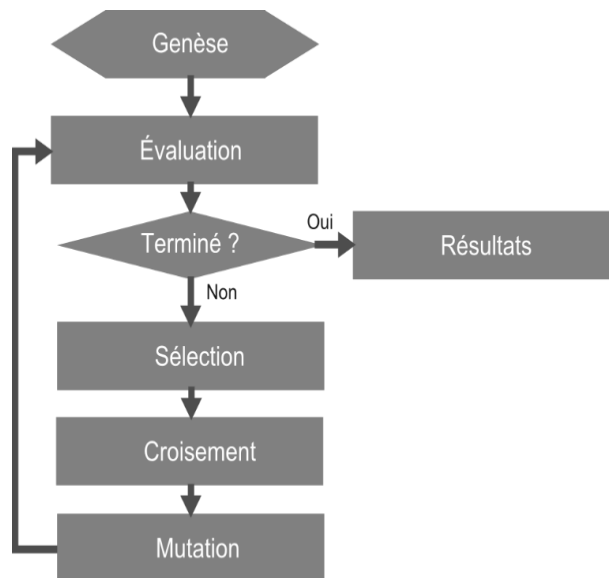


Figure 24: fonctionnement des algorithmes génétiques. [9]

1. Étapes principales d'un AG

1. **Initialisation de la population** : Une population initiale est générée aléatoirement. Chaque individu (chromosome) représente une solution candidate. Par exemple, pour optimiser un trajet de livraison, un chromosome est une permutation des points de livraison.
2. **Évaluation (fonction de fitness)** : Chaque individu est évalué à l'aide d'une fonction de **fitness** qui mesure la qualité de la solution. Cette fonction est souvent inversement proportionnelle au coût (distance parcourue, temps, etc.).
3. **Sélection** : Les meilleurs individus sont sélectionnés pour se reproduire. Parmi les méthodes :
 - **Roulette Wheel.**
 - **Tournoi.**
 - **Élitisme**
4. **Croisement (crossover)** : Deux parents sont combinés pour créer de nouveaux individus (enfants) :
 - À un point
 - À deux points
 - Uniforme (chaque gène choisi au hasard entre les deux parents)
5. **Mutation** : Pour éviter la stagnation, on modifie aléatoirement un ou plusieurs gènes avec une faible probabilité.

6. **Remplacement** : Les nouveaux individus forment la génération suivante, parfois avec conservation des meilleurs anciens individus (élitisme).
7. **Critère d'arrêt** : L'algorithme s'arrête lorsque :
 - Un nombre fixé de générations est atteint.
 - La population converge.
 - Une solution satisfaisante est trouvée.

2. Paramétrage courant

Le bon paramétrage d'un algorithme génétique est un élément fondamental pour garantir la qualité et la rapidité de convergence vers une solution optimale. Ces paramètres influencent la diversité de la population, la capacité d'exploration de l'espace des solutions et la stabilité globale du processus évolutif.

Voici les paramètres couramment utilisés, avec leurs valeurs typiques :

Paramètre	Valeur typique
Taille de population	30 à 200 individus
Taux de croisement (pc)	0,6 à 0,9
Taux de mutation (pm)	0,01 à 0,05
Nombre de générations	50 à 500 (voire plus selon le cas)

Tableau 3: Paramètres typiques d'un algorithme génétique et valeurs recommandées.

Explications:

- Une **taille de population** trop faible peut limiter la diversité génétique et conduire à une convergence prématurée. Une taille plus grande augmente la qualité des résultats mais aussi le coût de calcul.
- Un **taux de croisement** élevé (souvent $> 0,8$) permet de combiner efficacement les solutions prometteuses. Cependant, un excès peut altérer les structures utiles.
- Un **taux de mutation** trop faible peut entraîner une stagnation. Un taux trop élevé rend l'algorithme instable.

- Le **nombre de générations** dépend de la complexité du problème. Il doit être suffisant pour assurer une convergence progressive.

Un paramétrage optimal nécessite souvent des expérimentations ou un calibrage empirique adapté au contexte du problème réel.

3. Avantages et limites

❖ Avantages

- Adapté à des problèmes complexes non linéaires
- Ne nécessite pas de dérivée ni de fonction continue
- Flexible avec différents types de codage

❖ Limites

- Résultats non garantis (pas toujours l'optimum global)
- Temps de calcul parfois long
- Nécessité d'un bon réglage

4. Applications des Algorithmes Génétiques

1. **Logistique et transport** : Optimisation des routes pour les livraisons ou les tournées de véhicules.
2. **Planification** : Répartition des ressources et gestion des emplois du temps.
3. **Finance** : Optimisation des portefeuilles d'investissement.
4. **Conception industrielle** : Recherche de formes optimales pour les produits.
5. **Intelligence artificielle** : Formation de réseaux neuronaux ou de systèmes autonomes.

5. Application d'un algorithme génétique à la sélection et à l'optimisation des livreurs

Dans notre application de gestion de commerce de proximité, l'affectation des livreurs aux commandes clients est une tâche cruciale. Cette tâche, bien qu'en apparence simple, devient complexe dès lors qu'il faut tenir compte de plusieurs facteurs dynamiques, tels que :

- La distance entre le livreur et le client
- Le temps estimé de livraison
- La disponibilité en temps réel du livreur
- La charge de travail actuelle (nombre de livraisons déjà assignées)

- Les priorités ou délais exigés par certains clients

Afin d'optimiser cette affectation, nous avons implémenté un **algorithme génétique** (AG) permettant d'analyser en temps réel l'ensemble des possibilités et de sélectionner la meilleure configuration d'affectation.

Représentation dans l'algorithme

- **Chromosome** : chaque chromosome représente une affectation complète de commandes aux livreurs.
- **Gène** : un gène représente une commande donnée, et sa valeur est l'identifiant du livreur assigné à cette commande.

Exemple de chromosome : [2, 1, 3, 1, 2] → commande 1 va au livreur 2, commande 2 au livreur 1, etc.

Fonction de fitness

Le fitness mesure la qualité globale de l'affectation. Elle est calculée selon:

- La somme totale des distances parcourues
- Le respect des délais de livraison
- L'équilibre entre les charges de travail des livreurs
- Les contraintes de disponibilité

Contraintes gérées

- Un livreur ne peut pas être affecté à plus de N commandes simultanées
- Les livraisons doivent respecter des créneaux horaires précis
- Le système exclut les livreurs indisponibles en temps réel

Avantages de l'approche AG

- Prise en compte multicritères dynamique
- Adaptation aux fluctuations du terrain (annulations, retards...)
- Rapidité d'exécution acceptable en contexte local
- Meilleure satisfaction client grâce à des délais plus courts

Lorsqu'un ensemble de nouvelles commandes est validé dans le système, l'algorithme génétique est automatiquement déclenché. Il génère en quelques secondes une proposition d'affectation optimale, qui est ensuite affichée sur l'interface de l'administrateur logistique ou directement transmise aux livreurs via une notification.

L'algorithme peut être relancé automatiquement en cas de changement (ex. : un livreur signale qu'il est indisponible), garantissant ainsi une réactivité maximale.

Résultat

L'utilisation de cet algorithme a permis :

- Une réduction des délais de livraison de 20 à 30 % en moyenne
- Un meilleur équilibre de charge entre livreurs
- Une automatisation complète du dispatching, réduisant les erreurs humaines

Cette implémentation concrète montre comment les algorithmes génétiques peuvent améliorer considérablement les performances logistiques, même dans des structures commerciales de petite ou moyenne taille.

II.3. Les défis de l'intelligence artificielle dans le commerce de proximité

Bien que l'intelligence artificielle ouvre des opportunités considérables pour le commerce de proximité, sa mise en œuvre reste complexe et soulève plusieurs défis importants, tant sur le plan technique que sur les plans éthique, organisationnel et économique.

II.3.1. Limitations des algorithmes d'optimisation

Les algorithmes d'optimisation, bien qu'efficaces dans des contextes spécifiques, reposent souvent sur des hypothèses idéalisées qui ne reflètent pas toujours la complexité du monde réel. Parmi les principales limites, on peut citer:

- **Données incomplètes ou biaisées** : Une mauvaise qualité des données d'entrée peut conduire à des résultats erronés, biaisés ou inefficaces.
- **Modèles rigides dans un monde dynamique** : Les modèles classiques sont souvent conçus pour des environnements statiques. Or, dans le commerce, les conditions

évoluent rapidement : demande fluctuante, comportements imprévisibles des clients, retards logistiques, etc.

- **Nécessité d'adaptabilité** : Les algorithmes doivent être constamment mis à jour, recalibrés et parfois même remplacés pour maintenir leur pertinence dans des systèmes en perpétuelle évolution.

II.3.2. Problèmes d'éthique et de confidentialité des données

L'usage intensif des données personnelles dans les systèmes d'IA appliqués au commerce soulève des questions sensibles :

- **Protection des données personnelles** : Le respect de la vie privée est essentiel. Les entreprises doivent se conformer à des régulations strictes, telles que le Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD), sous peine de sanctions.
- **Transparence des décisions** : Les systèmes automatisés doivent pouvoir expliquer leurs décisions aux utilisateurs. Cette exigence est cruciale pour renforcer la confiance des clients.
- **Biais algorithmiques** : Si les données d'apprentissage sont biaisées (ex. : représentativité sociale, géographique, économique), les décisions prises par l'IA peuvent devenir injustes ou discriminatoires.

II.3.3. Contraintes techniques

La mise en œuvre de solutions d'IA dans le commerce de proximité implique des défis techniques non négligeables :

- **Ressources matérielles et coûts** : Le traitement de données massives requiert des infrastructures puissantes (serveurs, cloud, bande passante), difficilement accessibles aux petites structures.
- **Manque de compétences spécialisées** : Le développement, le déploiement et la maintenance des systèmes d'IA nécessitent des profils hautement qualifiés en data science, intelligence artificielle, sécurité informatique et architecture logicielle.
- **Scalabilité des systèmes** : Adapter un système d'IA à une charge croissante ou à de nouveaux marchés (scalabilité horizontale ou verticale) exige une architecture souple, des investissements conséquents et une grande anticipation.

Ces défis montrent que l'intégration réussie de l'intelligence artificielle dans le commerce de proximité ne repose pas uniquement sur la technologie, mais aussi sur une vision stratégique, des moyens humains et une gouvernance responsable des données. La résolution progressive de ces contraintes est la clé pour tirer pleinement parti du potentiel de l'IA au service des commerces locaux.

II.4. Conclusion

L'intelligence artificielle transforme progressivement les modèles économiques du commerce de proximité, en apportant des outils capables de traiter des volumes massifs de données, de prendre des décisions optimisées et d'adapter les opérations en temps réel. Elle permet d'automatiser des tâches complexes, d'anticiper les comportements des consommateurs et d'optimiser les ressources avec une précision accrue.

Parmi ses contributions les plus marquantes, l'optimisation occupe une place stratégique. Elle constitue le fondement des systèmes intelligents capables de répondre aux contraintes multiples du secteur : logistique, gestion des stocks, affectation des ressources, tarification dynamique, etc. Les algorithmes utilisés dans ce cadre, bien qu'efficaces, doivent être choisis avec rigueur et intégrés de manière réfléchie, en tenant compte des spécificités du terrain.

Cependant, l'implémentation de ces technologies soulève également des défis considérables. Qu'il s'agisse de la qualité des données, de la transparence des algorithmes ou des contraintes techniques liées à leur déploiement, l'intégration de l'intelligence artificielle requiert une gouvernance solide, une expertise technique, et une vision stratégique à long terme.

En somme, l'IA et l'optimisation sont des vecteurs d'innovation qui transforment en profondeur les modèles commerciaux. Leur intégration stratégique offre aux commerces de proximité un levier de compétitivité et d'agilité durable.

Chapitre III

Analyse et Conception

III.1. Introduction

Ce chapitre incarne **la transition stratégique** entre l'étude théorique des mécanismes d'IA (chapitre 2) et leur implémentation technique (chapitre 4). Son objectif principal est de **modéliser une architecture robuste** pour l'application de gestion des commerces de proximité, en utilisant **UML (Unified Modeling Language)**, un standard incontournable en génie logiciel.



Figure 25: Logo officiel de la norme UML (Unified Modeling Language).

À travers une **démarche méthodique**, nous allons :

1. **Traduire les besoins métier** (ex : gestion des stocks, recommandations personnalisées) en spécifications techniques sans ambiguïté.
2. **Intégrer des algorithmes d'IA** (comme la régression linéaire pour la prédiction des ventes) dans les diagrammes UML.
3. **Créer des modèles** et une architecture générale du système pour éviter les risques interprétations erronées.

Cette phase est **critique** pour deux raisons :

- Elle assure **l'adéquation** entre les attentes des commerçants et les fonctionnalités techniques.
- Elle garantit **l'évolutivité** du système, permettant l'ajout de modules futurs (ex : livraison intelligente).

Les diagrammes UML (cas d'utilisation, classes, séquences, activité) seront générés avec **Lucidchart**, un outil professionnel offrant une précision académique.



Figure 26: L'outil Lucidchart.

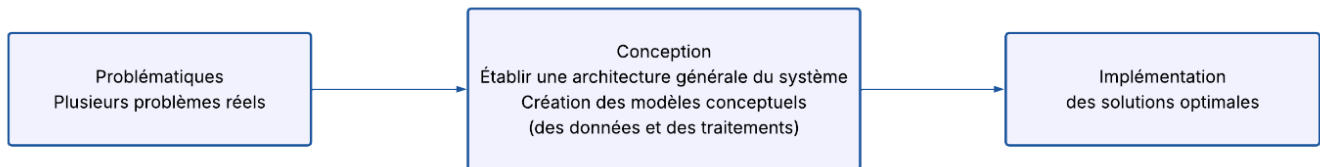


Figure 27: Architecture conceptuelle globale du système.

III.2. Analyse des Besoins

Objectif : Définir les exigences fonctionnelles et non-fonctionnelles de l'application pour les commerces de proximité.

1. Besoins Fonctionnels

Définition : Les besoins fonctionnels décrivent les actions que le système doit accomplir pour répondre aux attentes des utilisateurs.

Acteur	Besoins	Description	Exemple
Gérant	Gestion des produits	Ajouter, modifier, supprimer des produits avec détails (nom, prix, stock).	Ajouter un "Caftan Traditionnel" (prix : 5000 DA).
	Statistiques de ventes	Visualiser les ventes par catégorie/mois via des graphiques interactifs.	60% des ventes en articles artisanaux.
	Alertes de stock (IA)	Notifications automatiques pour les stocks critiques.	Alerte : "Stock de Poteries épuisé".
Client	Catalogue en ligne	Parcourir les produits avec filtres (taille, couleur, prix).	Filtrer les tapis par prix < 10 000 DA.
	Paiement sécurisé	Commander via BaridiMob, CCP avec confirmation.	Paiement validé → SMS de confirmation.
	Recommandations (IA)	Suggestions basées sur l'historique d'achat.	"Autres clients ont aimé : Bijoux en Argent".

	Suivi de livraison	Voir le statut en temps réel de la commande (carte GPS intégrée).	"Votre commande est à 5 minutes".
Livreur	Gestion des livraisons	Consulter la liste des commandes à livrer avec adresses et contacts clients.	Livraison de 5 commandes dans la zone d'Annaba.
	Mise à jour du statut	Marquer une commande comme "En route", "Livrée", ou "Retardée".	Notification : "Commande #123 livrée à 15h00".
	Communication avec client	Accéder au numéro du client pour coordination.	Appeler le client pour confirmer l'adresse.
Système	Synchronisation des données	Mise à jour en temps réel sur tous les appareils.	Stock mis à jour après chaque vente.
	Rapports automatisés	Générer des rapports mensuels (PDF/Excel).	Rapport Janvier 2024 : CA = 50 000 DA.
	Validation du compte gérant	Vérification automatique ou manuelle des informations du gérant (ex : numéro de registre de commerce).	Envoi d'un e-mail/SMS de confirmation après vérification des documents.

Tableau 4: Synthèse des besoins fonctionnels par acteur.

III.3. Conception UML

Cette section modélise l'application à l'aide de diagrammes UML, traduisant les besoins fonctionnels (gestion des stocks, recommandations IA, suivi des livraisons) en spécifications techniques claires. Les diagrammes UML (cas d'utilisation, classes, séquences, activité) guideront le développement et intégreront les mécanismes d'IA adaptés aux commerces locaux, comme l'optimisation des tournées des livreurs. L'outil Lucidchart assure une modélisation précise et conforme aux standards.

III.3.1. Diagramme des Cas d'Utilisation

Nous présentons dans cette section le diagramme de cas d'utilisation de notre système de gestion intelligente de commerce de proximité, ainsi que la documentation structurée de quelques cas fonctionnels critiques. Cette modélisation permet de relier formellement les besoins métier aux fonctionnalités techniques attendues, tout en préparant une base solide pour les phases de conception et de développement.

Identification des cas d'utilisation et des acteurs

Le tableau ci-dessous identifie les acteurs principaux du système ainsi que leurs rôles respectifs. Cette identification s'appuie sur une analyse approfondie des besoins métier et sur les interactions clés observées dans les commerces de proximité.

Acteur	Rôle
Gérant	Gère les produits, suit les ventes, reçoit les alertes de stock via IA.
Client	Parcourt le catalogue, commande des produits, reçoit des recommandations personnalisées, suit la livraison.
Livreur	Gère les livraisons, met à jour les statuts, envoie des notifications automatisées.
Admin	Gère les utilisateurs, valide/désactive les comptes, contrôle les accès et traite les réclamations.

Tableau 5: Les acteurs qui interagissent avec notre système.

Le diagramme des cas d'utilisation ci-dessous illustre les interactions entre les différents acteurs et le système. Il a été élaboré à l'aide de l'outil **Lucidchart** afin de respecter les normes UML et d'assurer une représentation visuelle précise et fonctionnelle. Ce diagramme constitue une traduction visuelle fidèle des scénarios métiers réels identifiés lors des séances de recueil des besoins.

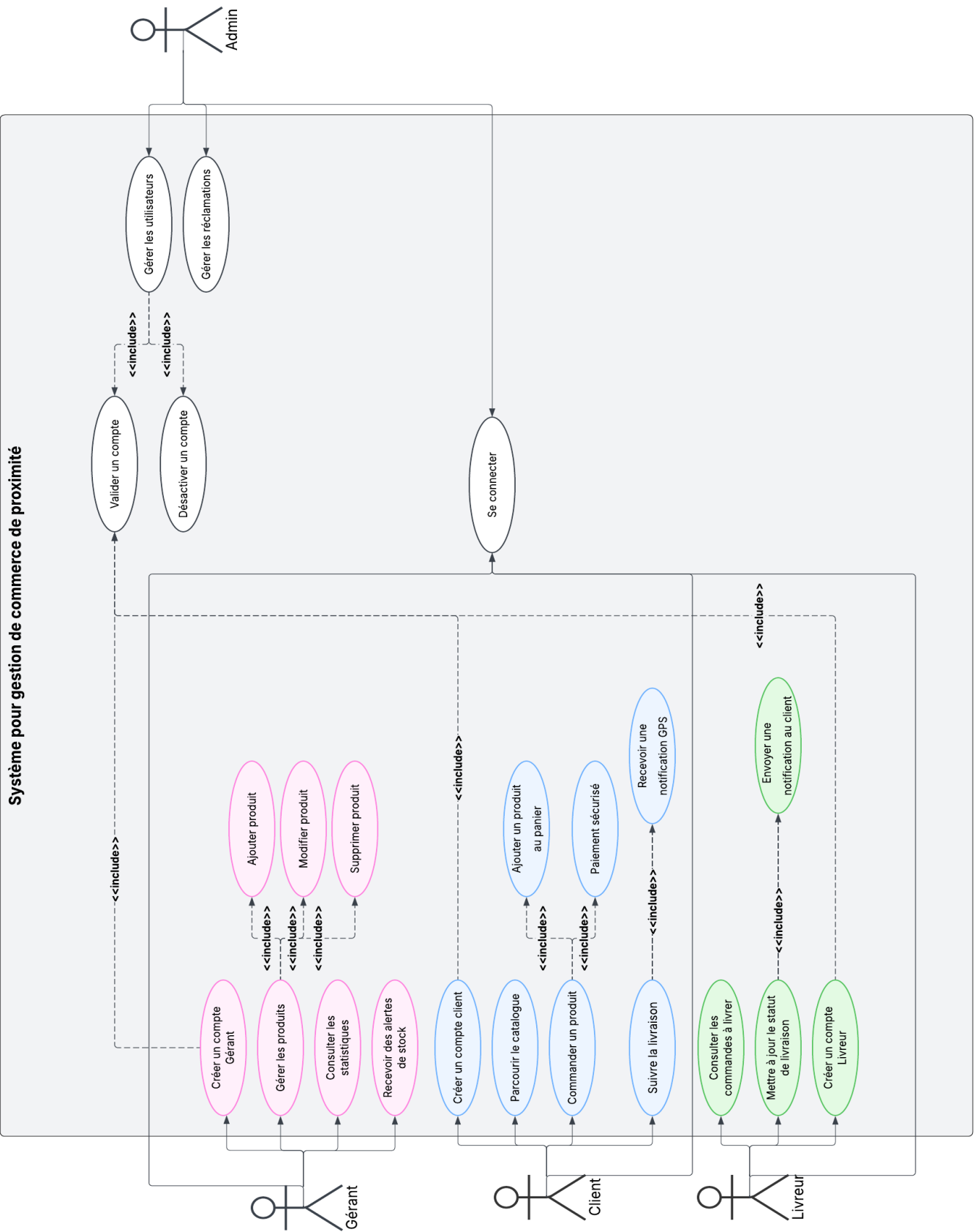


Figure 28: Diagramme des cas d'utilisation correspondant au système global pour gestion de commerce de proximité.

Documentation des cas d'utilisation

Nous documentons quelques cas d'utilisation, comme suit :

Nom du cas	Acteur	Préconditions	Scénario principal	Extensions	Postconditions	Règles métier
Gérer les produits	Gérant	Le gérant est connecté et validé.	1. Accès interface gestion 2. Ajouter/ modifier/ supprimer produit 3. Enregistrement	Produit en rupture → Alerte IA	Produit mis à jour	Pas de suppression si produit commandé
Commander un produit	Client	Client connecté avec panier.	1. Valider panier 2. Paiement 3. Confirmation	Paiement refusé → Annulation	Commande enregistrée	Stock décrémenté automatiquement
Suivre la livraison	Client	Commande en cours de livraison	1. Accès espace perso 2. Sélection commande 3. Carte GPS		État de la livraison visible	
Mettre à jour le statut de livraison	Livreur	Livreur connecté avec commandes assignées	1. Consulter livraisons 2. Modifier statut 3. Notification client		Statut mis à jour et visible côté client	
Gérer les utilisateurs	Admin	Admin authentifié avec droits complets	1. Accéder à la liste des utilisateurs 2. Valider ou désactiver un compte		État du compte mis à jour	

Tableau 6: Les acteurs qui interagissent avec notre système.

Ce tableau met en évidence la diversité des interactions entre les acteurs et le système, ainsi que la richesse fonctionnelle de l'application. Il souligne l'importance d'une gestion rigoureuse des statuts, de la sécurité des transactions et du suivi en temps réel, rendus possibles grâce à l'intégration de notifications GPS et de modules d'intelligence artificielle. Cette formalisation renforce la robustesse de l'architecture logicielle à venir.

III.3.2. Diagramme de classes

Le diagramme de classes présenté ci-dessous constitue une modélisation formelle de la structure statique du système de gestion intelligente des commerces de proximité. Il représente les entités principales du domaine, leurs attributs, leurs opérations (méthodes), ainsi que les relations entre elles, conformément aux principes de la conception orientée objet.

Ce diagramme joue un rôle central dans la phase de conception, en assurant la cohérence entre les exigences fonctionnelles et l'architecture logicielle à implémenter.

Les éléments clés du diagramme sont les suivants

- **La classe abstraite Utilisateur** est généralisée en quatre sous-classes spécialisées : Gérant, Client, Livreur et Admin, reflétant les rôles distincts au sein du système.
- **Le Gérant** dispose de fonctionnalités de gestion de produits et de consultation des statistiques de vente.
- **Le Client** peut passer des commandes, gérer son panier et recevoir des recommandations personnalisées générées par des algorithmes d'IA.
- **Le Livreur** gère les livraisons qui lui sont affectées et met à jour le statut de chaque expédition.
- **Chaque Commande** est liée à un Paiement, lequel entraîne l'émission d'une Facture.
- **Les entités Panier et Commande** sont composées respectivement de plusieurs instances de DétailPanier et DétailCommande, illustrant une relation de composition forte.
- **Les relations entre les classes** sont annotées par des noms explicites (passe, effectue, génère, possède, etc.) et les multiplicités sont rigoureusement définies, assurant la conformité avec la norme UML.

Ce diagramme constitue un socle de référence pour l'ensemble des phases de développement. Il permet de formaliser la structure du système, de clarifier les responsabilités de chaque entité, et de garantir la cohérence de l'implémentation avec les exigences exprimées dans l'analyse des besoins. Sa clarté facilite également la communication entre développeurs, analystes et parties prenantes.

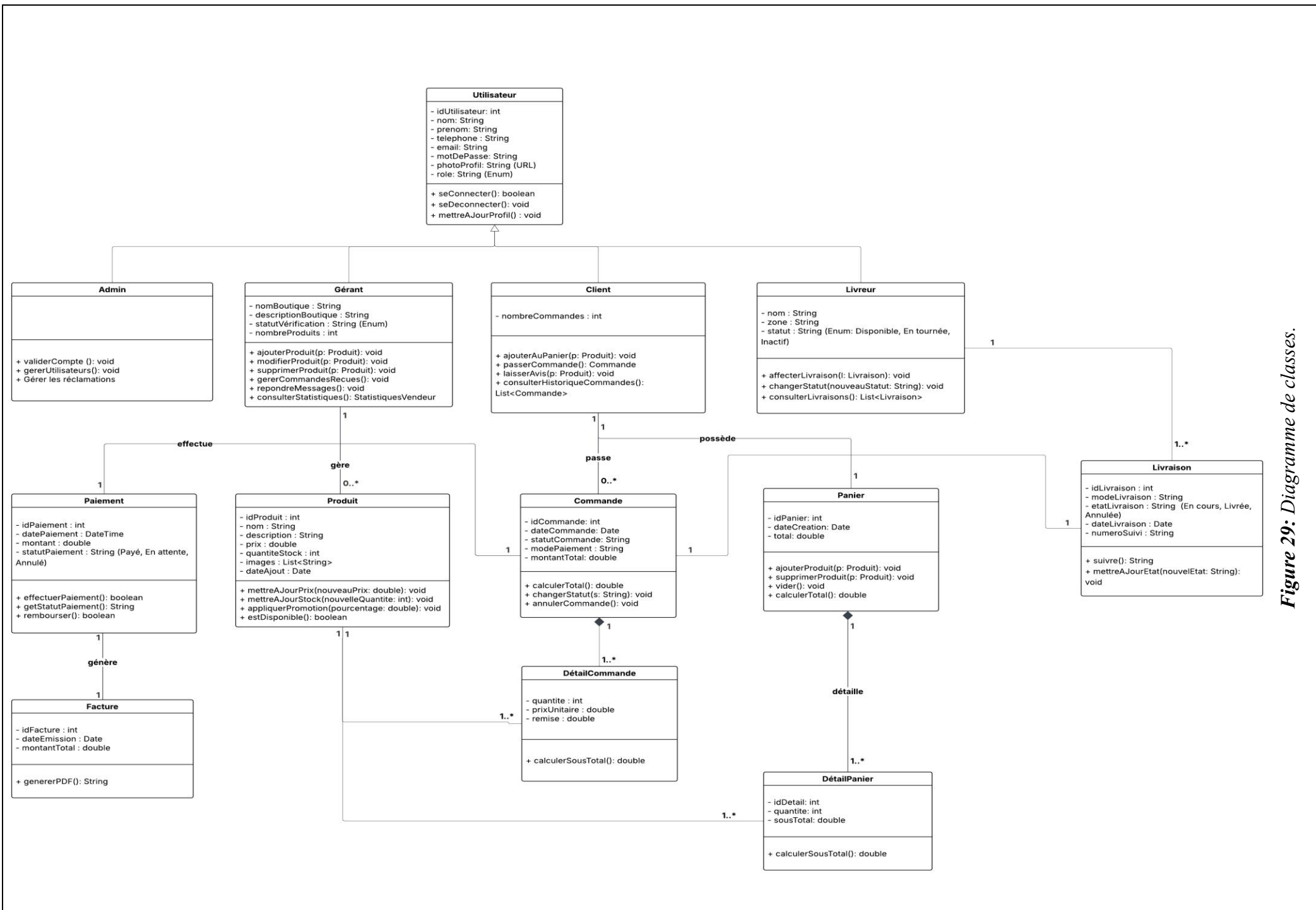


Figure 29: Diagramme de classes.

III.3.3. Diagramme de Séquence

Le diagramme de séquence présenté ci-dessous illustre, de manière dynamique et chronologique, le scénario principal de passage d'une commande dans notre système de gestion intelligente des commerces de proximité.

Ce scénario modélise les échanges de messages entre les différents composants du système (acteurs, interfaces, classes métier), en mettant l'accent sur la logique métier, la gestion des exceptions et l'intégration des traitements automatisés.

Objectifs du diagramme

- Représenter le cycle de vie complet d'une commande : de la connexion du client à la livraison.
- Visualiser l'interaction entre les acteurs (Client, Système, Livreur) et les interfaces.
- Intégrer les cas conditionnels (compte non valide, commande annulée, etc.).
- Fournir une base technique pour l'implémentation côté backend et frontend.

Scénario modélisé

1. Le client se connecte via l'interface et son compte est vérifié.
2. Si le compte est valide, le système affiche le catalogue des produits.
3. Le client ajoute un ou plusieurs produits au panier.
4. Il valide la commande à partir de l'interface.
5. Le système crée la commande et affiche un accusé de création.
6. Le client peut ensuite effectuer le paiement.
7. Le système déclenche l'optimisation de la tournée (via IA intégrée).
8. La commande est ensuite affectée à un livreur disponible.
9. Le livreur met à jour le statut de livraison (en route, livrée).
10. Le client reçoit des notifications en temps réel.

Ce diagramme de séquence constitue une pièce maîtresse de la conception dynamique du système. Il permet de valider le comportement attendu des composants, et sert de guide pour les développeurs lors de l'implémentation de la logique métier côté client et serveur.

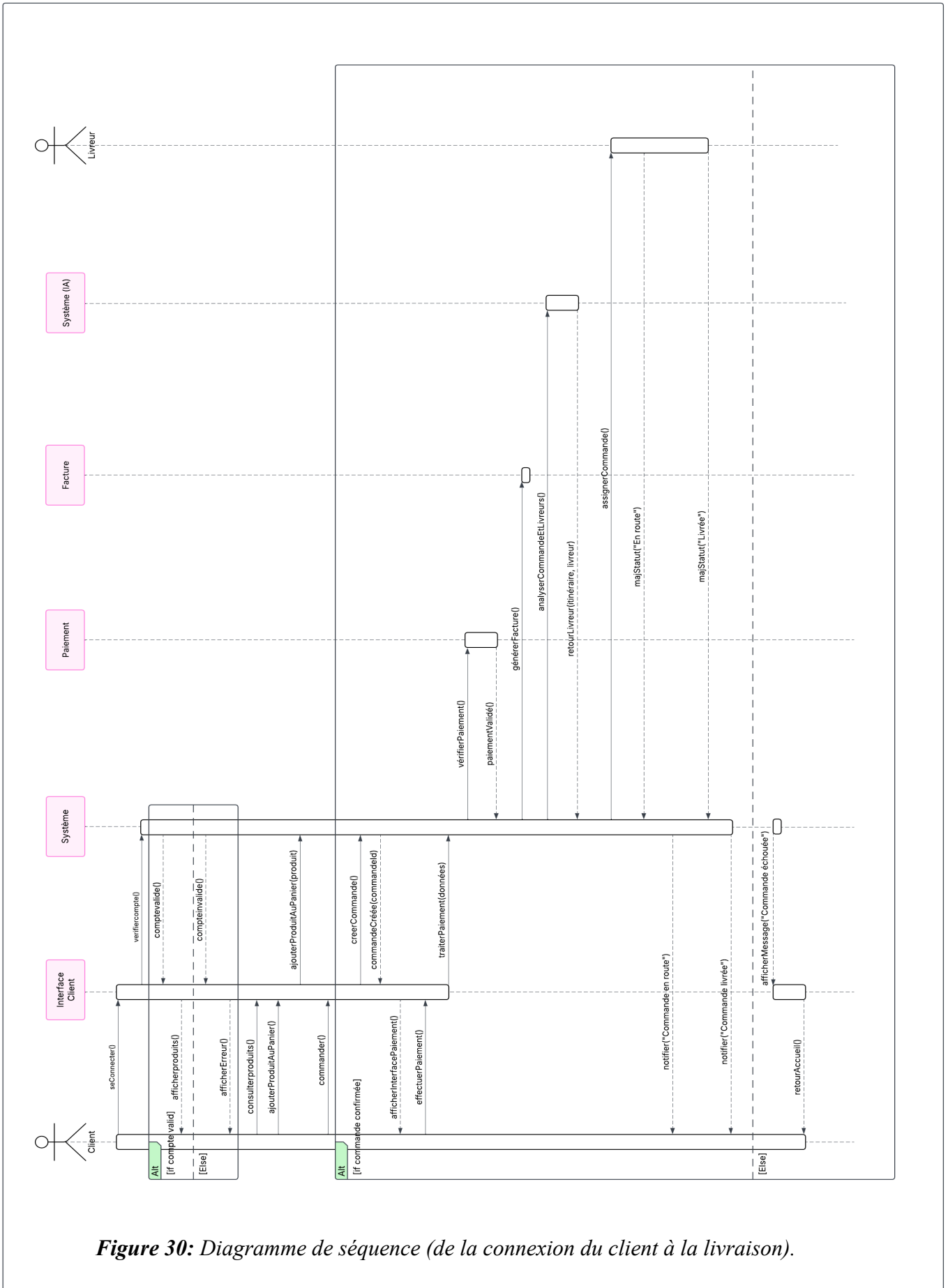


Figure 30: Diagramme de séquence (de la connexion du client à la livraison).

Scénario complémentaire : Validation d'un compte (Gérant ou Livreur)

Ce scénario complémentaire illustre le processus de **validation manuelle** d'un compte nouvellement créé par un utilisateur de type **Gérant** ou **Livreur**, par l'administrateur de la plateforme. Il intervient après l'inscription, avant l'activation effective du compte, et constitue une étape de sécurité essentielle dans la gestion des accès.

L'objectif est de s'assurer que seules les personnes vérifiées accèdent aux fonctionnalités sensibles de l'application, conformément aux normes de fiabilité, de transparence et de conformité réglementaire.

Objectifs du diagramme

- Visualiser les étapes de traitement d'une demande de validation.
- Représenter les interactions entre l'administrateur, le système et la base de données.
- Intégrer les cas d'acceptation et de rejet, avec gestion automatique des notifications.

Scénario modélisé

Ce scénario décrit le processus de validation manuelle d'un compte utilisateur, qu'il soit Gérant ou Livreur, suite à son inscription sur la plateforme. Il constitue une étape essentielle dans le contrôle d'accès au système, garantissant la conformité et la fiabilité des profils activés.

1. Un nouvel utilisateur remplit le formulaire d'inscription et soumet les pièces justificatives requises (registre de commerce, pièce d'identité, etc.).
2. Le système enregistre les informations dans la base de données avec un statut initial « en attente de validation ».
3. L'administrateur est automatiquement notifié de la création du nouveau compte en attente.
4. Il accède à la liste des comptes à valider et consulte les documents associés à chaque profil.
5. Après analyse, il choisit soit de valider, soit de rejeter la demande d'activation.
6. Le système met à jour le statut du compte dans la base de données en fonction de la décision prise.

7. Une notification est ensuite transmise à l'utilisateur concerné via l'interface, l'informant que son compte a été validé ou rejeté.

Le diagramme de séquence ci-dessous illustre de manière structurée l'ensemble des interactions entre les acteurs et composants du système tout au long de ce processus. Il met en évidence la logique métier, les contrôles de validation, ainsi que les réponses automatiques du système en fonction des décisions administratives.

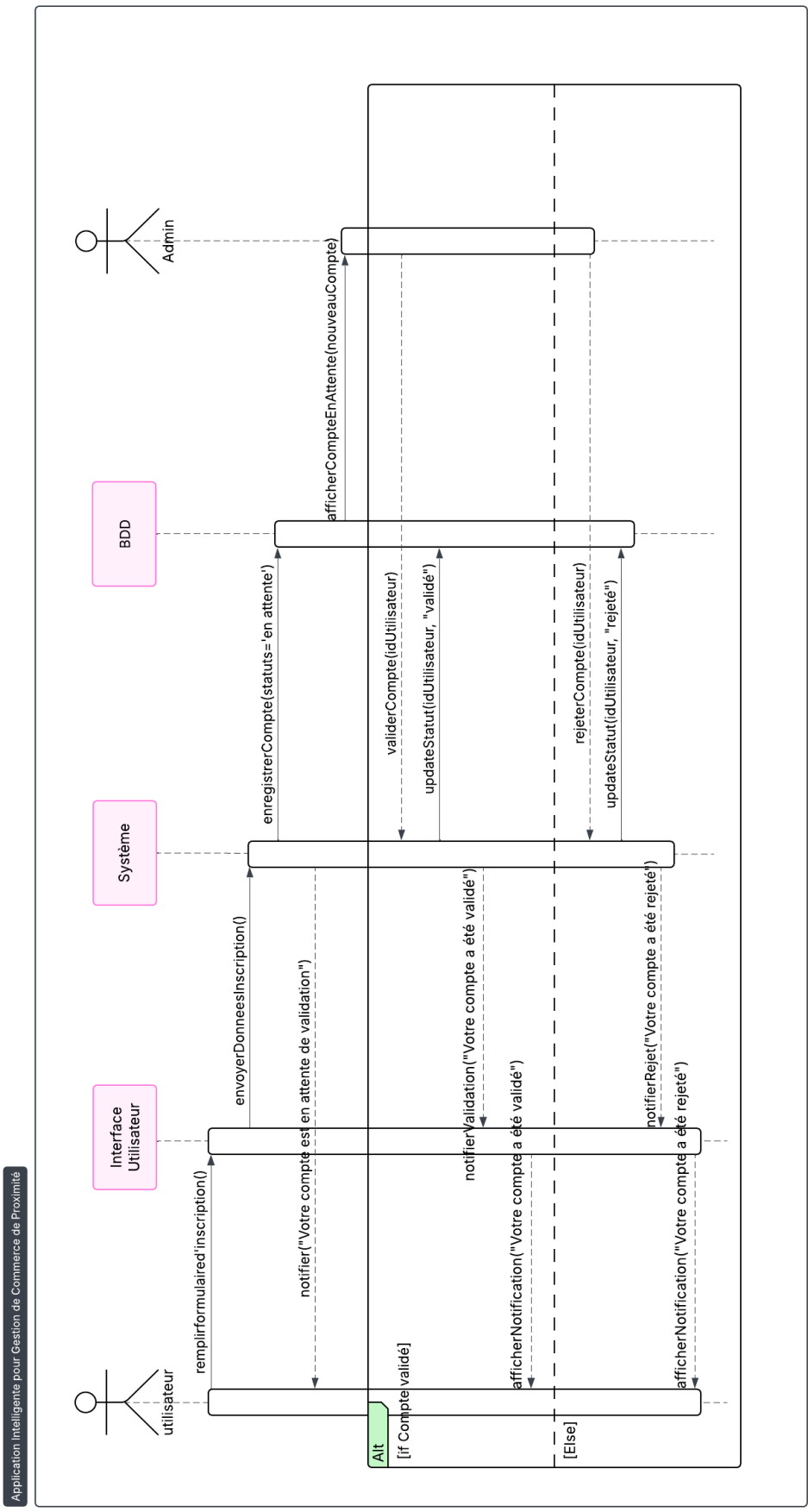


Figure 31: Diagramme de séquence (validation d'un compte utilisateur).

III.3.4. Diagramme d'Activité

Le diagramme d'activité présenté ci-dessous constitue une modélisation dynamique des principaux flux fonctionnels au sein de notre application web de gestion des commerces de proximité. Il permet de représenter graphiquement la succession logique des actions exécutées par les différents types d'utilisateurs — **Client**, **Gérant**, **Livreur** et **Administrateur** — en fonction de leur rôle, depuis la phase d'authentification jusqu'à l'exécution de leurs tâches métier.

Objectifs du diagramme

- Fournir une vision claire et synthétique des différents scénarios utilisateurs possibles.
- Identifier les décisions critiques et les conditions de bifurcation (via des nœuds de décision).
- Visualiser les traitements parallèles (via des nœuds fork/join) et les chemins conditionnels.
- Harmoniser les transitions entre les modules fonctionnels de l'application (commande, livraison, gestion...).

Description du flux général

Le diagramme débute par l'**authentification de l'utilisateur**, qui constitue un point d'entrée commun à tous les rôles. Une fois les identifiants vérifiés, le système redirige l'utilisateur selon son **profil** :

- Le **Client** accède à l'interface boutique où il peut :
 - Parcourir les produits.
 - Ajouter des articles au panier.
 - Finaliser une commande avec paiement.
 - Suivre sa livraison en temps réel (via module GPS intégré).
- Le **Gérant** est redirigé vers son espace de gestion où il peut :
 - Gérer son catalogue de produits (ajouter, modifier, supprimer).
 - Consulter les statistiques de vente via des graphiques dynamiques.

- Le **Livreur**, quant à lui, accède à son tableau de bord :
 - Visualiser les livraisons qui lui sont assignées.
 - Mettre à jour le statut des commandes (livrée, en route, retardée).
 - Contacter les clients pour coordination si nécessaire.
- Enfin, l'**Administrateur** est orienté vers son espace d'administration :
 - Gérer les comptes utilisateurs (validation, désactivation).
 - Surveiller les activités critiques du système.

Chacune de ces branches est traitée indépendamment, mais converge vers un **nœud de terminaison commun**, garantissant une lecture unifiée de l'ensemble du processus métier. Le diagramme emploie également des **structures conditionnelles** pour refléter les validations de mot de passe, les erreurs d'authentification ou les décisions métier (ex : paiement accepté/refusé).

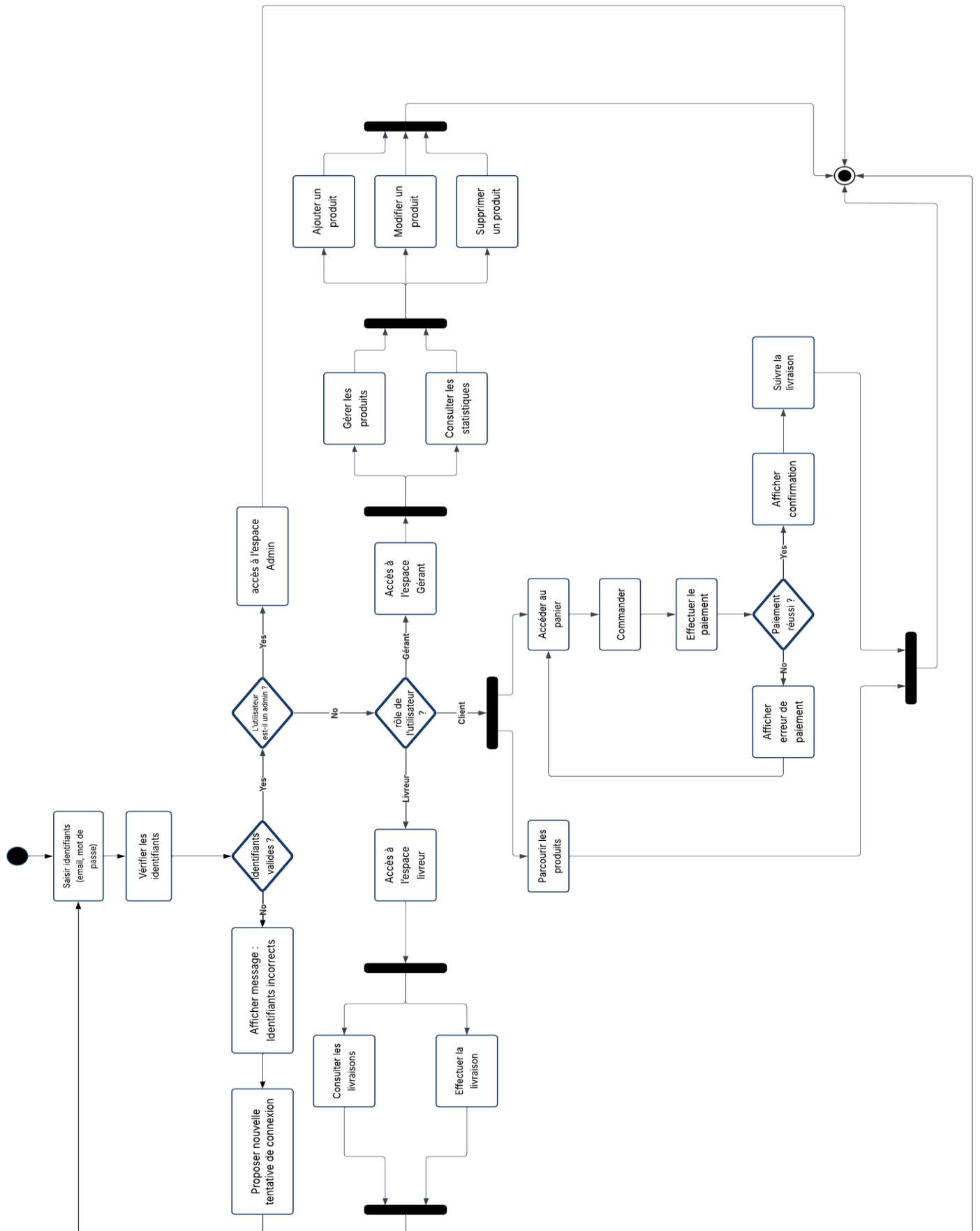


Figure 32: Diagramme d'activité (Application de gestion intelligente de commerce de proximité).

Inscription et Validation d'un Compte

Ce diagramme d'activité détaille le processus complet d'inscription d'un nouvel utilisateur (Gérant ou Livreur) et le circuit de validation par l'administrateur. Il inclut l'envoi des justificatifs, la création du compte avec un statut "en attente", l'examen administratif, puis la notification de la décision à l'utilisateur.

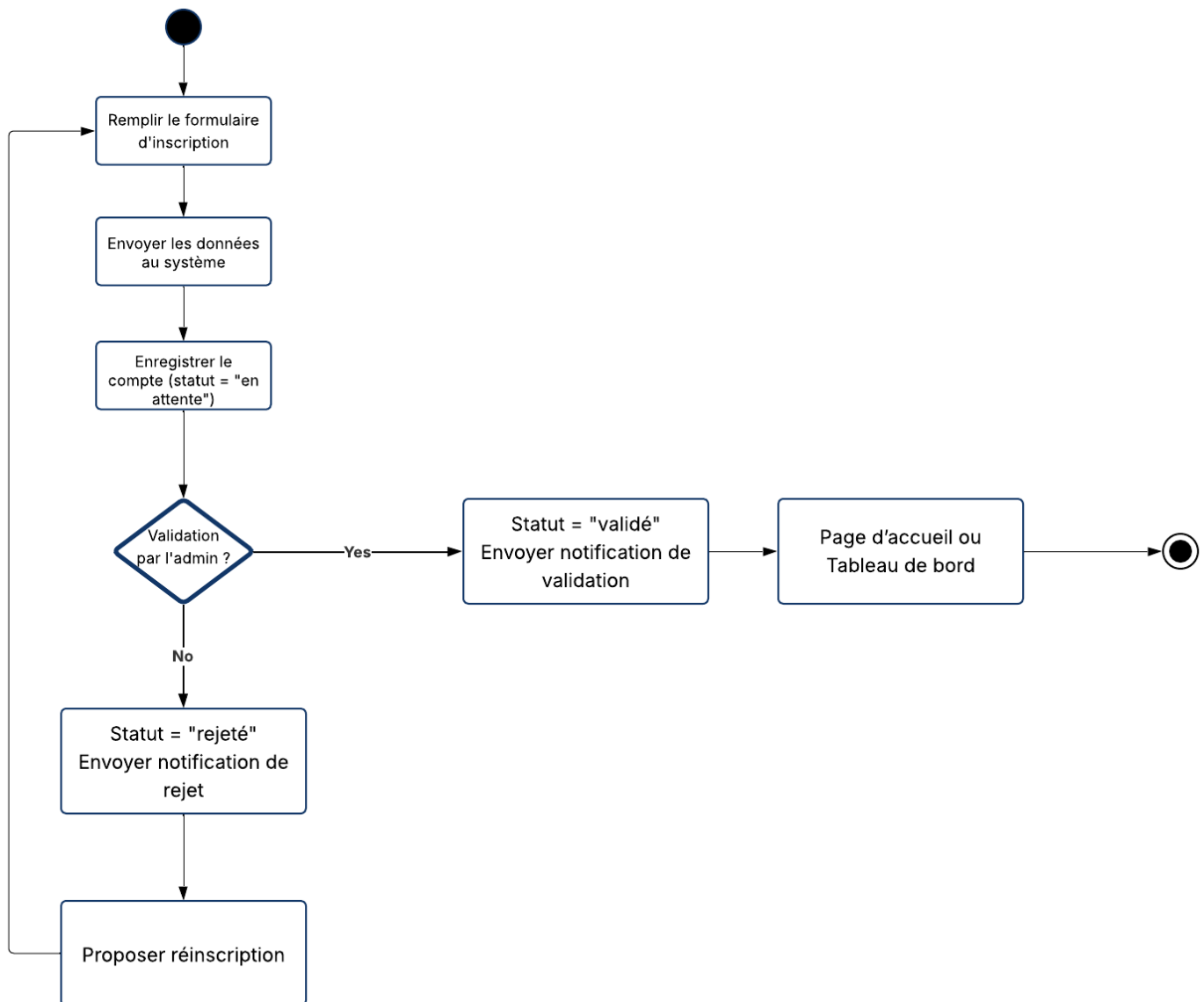


Figure 33: Diagramme d'activité – Inscription et validation d'un compte.

III.5. Conclusion

Ce chapitre a constitué une étape pivot dans le développement de notre application de gestion intelligente des commerces de proximité. En traduisant les exigences fonctionnelles et non-fonctionnelles en représentations UML précises, nous avons jeté les fondations conceptuelles sur lesquelles reposera l'implémentation technique.

L'analyse des besoins a permis d'identifier avec rigueur les attentes des différents utilisateurs — gérant, client, livreur, administrateur — et de structurer l'application autour de cas d'utilisation pertinents, ancrés dans des scénarios métier réalistes. Cette étape a été essentielle pour assurer l'adéquation entre les fonctionnalités offertes par le système et les exigences du terrain.

La modélisation via des diagrammes UML (cas d'utilisation, classes, séquences et activités) a servi de langage universel entre les différents intervenants du projet : développeurs, analystes, encadrants et utilisateurs finaux. Chaque diagramme a joué un rôle stratégique : les cas d'utilisation pour la vision fonctionnelle, les classes pour la structure interne, les séquences pour la logique d'exécution, et les activités pour les flux globaux de l'application.

Nous avons également veillé à intégrer les aspects liés à l'intelligence artificielle, notamment l'optimisation des tournées de livraison par algorithme génétique, dès cette phase de conception. Cela témoigne d'une approche proactive visant à préparer l'implémentation de modules intelligents sans rupture d'architecture.

En somme, ce chapitre consolide l'ensemble des décisions conceptuelles nécessaires à une implémentation fluide, évolutive et conforme aux attentes métier. Il assure la traçabilité des exigences jusqu'au code source, renforce la qualité logicielle du produit final et réduit significativement les risques liés aux incompréhensions fonctionnelles. Ce socle analytique nous permet désormais d'aborder avec confiance le développement technique, qui fera l'objet du chapitre suivant.

Chapitre IV

Implémentation

Ce chapitre constitue la concrétisation technique de l'architecture conceptuelle définie précédemment. Après avoir modélisé les besoins fonctionnels et les interactions utilisateurs à travers des diagrammes UML, l'heure est à la traduction de ces spécifications en un système réel, opérationnel et interactif.

L'implémentation de l'application de gestion intelligente des commerces de proximité repose sur une approche modulaire, combinant un développement backend robuste avec une interface utilisateur fluide, le tout enrichi par des mécanismes d'intelligence artificielle. Chaque fonctionnalité a été conçue pour répondre à un besoin métier précis : gestion des produits, traitement des commandes, suivi de livraison, affectation intelligente des livreurs.

Cette étape marque le passage du concept à la réalité : chaque ligne de code reflète les décisions prises en phase d'analyse et de conception, assurant ainsi la cohérence, la fiabilité et la maintenabilité du système final.

IV.1. Cadre technologique et environnement de développement

Dans le cadre du développement de l'application, un environnement technologique cohérent et performant a été mis en œuvre. Ce choix s'est fondé sur des critères essentiels tels que la fiabilité, la modularité, la facilité de déploiement, et surtout la compatibilité avec les technologies d'intelligence artificielle (IA) intégrées dans le système.

L'objectif était de créer une architecture technique stable, capable de répondre aux besoins spécifiques des utilisateurs (clients, gérants, livreurs, administrateurs) tout en assurant une évolutivité fluide. L'ensemble du développement s'est structuré autour des axes suivants :

IV.1.1. Langage et framework de développement

Le langage **Python** a été choisi comme base du développement en raison de sa syntaxe claire, sa lisibilité élevée, et sa large adoption dans le domaine de l'intelligence artificielle et du développement web. Son écosystème riche en bibliothèques permet une intégration rapide de fonctionnalités complexes, tout en facilitant le traitement des données et l'implémentation d'algorithmes.



Figure 34: Logo Python

Django est un Framework Web Python open source de haut niveau qui encourage un développement rapide et une conception propre et pragmatique. Conçu par des développeurs expérimentés, il prend en charge une grande partie des problèmes liés au développement web.



Figure 35: Logo Django

IV.1.2. Base de données

La **base de données** assure la **persistance des informations** dans le temps (produits, utilisateurs, commandes, livraisons, etc.). Pour la phase de développement locale, le système repose sur **SQLite**, un moteur de base de données relationnelle léger, facile à intégrer avec Django, et ne nécessitant pas d'installation serveur.



Figure 36: Logo SQLite

Toutefois, l'architecture de l'application a été pensée pour être **totalelement compatible avec des moteurs de bases de données plus performants** tels que **PostgreSQL**, notamment en prévision d'un déploiement en production. PostgreSQL offre :

- Une meilleure gestion des accès concurrents,
- Des performances accrues avec des données volumineuses,
- Des options de sécurité renforcées.

IV.1.3. Technologies du front-end

L'interface graphique de l'application (ou **front-end**) a été conçue selon les normes actuelles du web afin d'assurer une **expérience utilisateur ergonomique, intuitive et responsive**.

Les principales technologies utilisées sont :

- **HTML5 (HyperText Markup Language)** : langage de balisage qui définit la structure du contenu sur le web (titres, paragraphes, formulaires...).



Figure 37: Logo HTML

- **CSS3 (Cascading Style Sheets)** : langage de style qui contrôle l'apparence visuelle du contenu HTML (couleurs, tailles, animations...).



Figure 38: Logo CSS

- **JavaScript** : langage de script qui permet d'ajouter des **interactions dynamiques** à une page web (clics, changements d'affichage sans recharger la page, etc.).



Figure 39: Logo Javascript

Bibliothèques intégrées

- **Animate.css** : pour des animations douces sur les éléments HTML (ex. apparition progressive, transitions).
- **Chart.js** : pour afficher des statistiques de vente sous forme de graphiques interactifs (barres, camemberts...).
- **Leaflet.js** : pour intégrer des **cartes interactives** dans l'application, permettant notamment le suivi de livraison en temps réel.

L'ensemble a été conçu de façon **responsive**, c'est-à-dire compatible avec tous types d'écrans (ordinateurs, tablettes, smartphones), afin de garantir une accessibilité maximale aux utilisateurs finaux.

IV.1.4. Intégration de l'intelligence artificielle

L'un des atouts majeurs du système réside dans l'intégration de **mécanismes d'optimisation intelligente**, notamment pour l'assignation des livreurs aux commandes.

L'algorithme principal utilisé est un **algorithme génétique**, inspiré du processus de sélection naturelle, permettant de résoudre efficacement des problèmes complexes d'optimisation logistique.

Outils et bibliothèques utilisés

- **pandas** : pour la manipulation des jeux de données tabulaires (similaires aux fichiers Excel).
- **NumPy** : pour les calculs numériques et les tableaux multidimensionnels.
- **random** : pour générer des éléments aléatoires nécessaires à la sélection, au croisement et à la mutation des individus dans l'algorithme.
- **Classes personnalisées Python** : pour encapsuler la logique de sélection, d'évaluation de la fitness, et d'évolution des populations.

IV.1.5. Outils de développement et de modélisation

Le développement du projet a été effectué dans un environnement simple mais efficace, garantissant une organisation claire, une bonne productivité et une lisibilité du code tout au long du processus.

Visual Studio Code (VS Code) : éditeur de code source moderne et multiplateforme, utilisé comme environnement principal de développement. Son interface intuitive, sa légèreté, et ses nombreuses extensions (notamment Python et Django) ont permis de faciliter la gestion du projet, d'accélérer l'écriture du code, et de simplifier les phases de test et de débogage.



Figure 40: Logo VScode.

IV.2. Architecture de l'application

L'architecture de l'application a été conçue pour répondre aux exigences fonctionnelles et techniques identifiées lors de la phase d'analyse. Elle repose sur une organisation modulaire et une séparation claire des responsabilités, ce qui facilite à la fois le développement, les tests, la maintenance et l'évolutivité.

Le système suit une architecture de type **Modèle-Vue-Contrôleur (MVC)**, adaptée aux frameworks web modernes comme Django. Cette architecture permet une séparation rigoureuse entre la logique métier, l'interface utilisateur et l'accès aux données.

IV.2.1. Structure logique de l'application

L'architecture globale peut être décomposée en plusieurs couches :

- **Modèle (Model)** : Gère la logique des données, les entités de l'application (utilisateurs, produits, commandes, livraisons...), et l'interaction avec la base de données via l'ORM intégré de Django.
- **Vue (View)** : Représente la couche de présentation. Elle contient les templates HTML qui structurent les pages affichées aux utilisateurs.
- **Contrôleur (appelé aussi View dans Django)** : Reçoit les requêtes HTTP des utilisateurs, applique la logique métier, interagit avec les modèles, et retourne les vues appropriées.

Cette structuration favorise la maintenabilité du code et permet une collaboration efficace entre les développeurs frontend et backend.

IV.2.2. Composants fonctionnels principaux

L'application est constituée des modules suivants, chacun jouant un rôle bien défini :

Module	Rôle / Fonctionnalités principales
Module Utilisateur	Gère l'enregistrement, l'authentification, les rôles (client, gérant, livreur, admin), validation.
Module Produits & Boutique	Permet la gestion des produits et des boutiques par le gérant (ajout, modification, suppression).

Module Commandes	Permet aux clients de passer commande, suivre le statut, liaison avec le module de livraison.
Module Livraison	Assure l'assignation intelligente des livreurs (IA) et le suivi en temps réel.
Module Statistiques	Produit des tableaux de bord interactifs et des rapports de performance.
Module Notifications	Gère l'envoi automatique de notifications (confirmation, changement de statut, etc.).

Tableau 7: Description des principaux modules fonctionnels du système.

IV.2.3. Communication entre les composants

La communication entre les différentes couches de l'application suit une logique descendante et ascendante :

1. L'utilisateur initie une action via l'interface (ex. passer une commande).
2. Le contrôleur (View Django) traite la requête et applique la logique appropriée.
3. Le modèle interagit avec la base de données pour récupérer ou enregistrer les données nécessaires.
4. La vue retourne la réponse à l'utilisateur, sous forme d'une page web actualisée ou d'un message de confirmation.

Cette circulation structurée assure une cohérence dans le fonctionnement du système et facilite le débogage en cas d'anomalies.

IV.3. Fonctionnalités développées

L'implémentation du système a été réalisée de manière progressive, en suivant les spécifications fonctionnelles établies lors de la phase d'analyse. Chaque fonctionnalité a été conçue pour répondre à un besoin métier réel, tout en respectant les principes de l'architecture MVC adoptée.

Le tableau suivant présente les principales fonctionnalités développées dans le cadre de ce projet :

Fonctionnalité	Description	Acteurs concernés
Inscription et authentification	Création de compte avec rôles distincts (client, gérant, livreur) + système de connexion sécurisé.	Tous les utilisateurs
Demande de rôle	Permet à un client de demander à devenir gérant ou livreur, avec justificatif à l'appui.	Client
Tableau de bord personnalisé	Affichage dynamique du tableau de bord en fonction du rôle : client, gérant ou livreur.	Tous les utilisateurs
Gestion des produits	Ajout, modification, suppression de produits par le gérant, avec affichage structuré.	Gérant
Consultation du catalogue	Accès aux produits disponibles avec filtres et tri (par catégorie, prix, etc.).	Client
Système de panier et commande	Ajout au panier, validation de commande, enregistrement automatique, décrémentation du stock.	Client
Suivi des commandes	Interface permettant au gérant de visualiser les commandes reçues et modifier leur statut.	Gérant
Livraison intelligente (IA)	Assignment automatique des livreurs aux commandes à l'aide d'un algorithme génétique.	Livreurs / Système
Suivi de livraison	Mise à jour du statut par le livreur et visualisation en temps réel par le client.	Client / Livreur
Notifications	Envoi de messages automatiques (confirmation de commande, statut de livraison, etc.).	Tous les utilisateurs
Recommandations personnalisées (IA)	Suggestions de produits basées sur l'historique d'achat du client.	Client
Gestion de la boutique	Création automatique de boutique lors de l'acceptation d'un gérant par l'admin.	Gérant / Admin

Tableau 8: Fonctionnalités clés et utilisateurs associés dans le système.

IV.4. Parcours utilisateur et démonstration fonctionnelle de l'application

Cette section présente une démonstration fonctionnelle de l'application à travers le parcours utilisateur, depuis la page d'accueil jusqu'aux opérations spécifiques à chaque rôle (client, gérant, livreur, administrateur).

À l'aide de captures d'écran annotées, nous illustrons les principales fonctionnalités développées et les interactions clés avec le système, dans un environnement simulé proche des conditions réelles d'utilisation.

Ce parcours permet de visualiser concrètement l'intégration des modules (commande, gestion des produits, livraison, etc.), la fluidité de l'expérience utilisateur, ainsi que la logique de navigation qui structure l'ensemble de l'application.

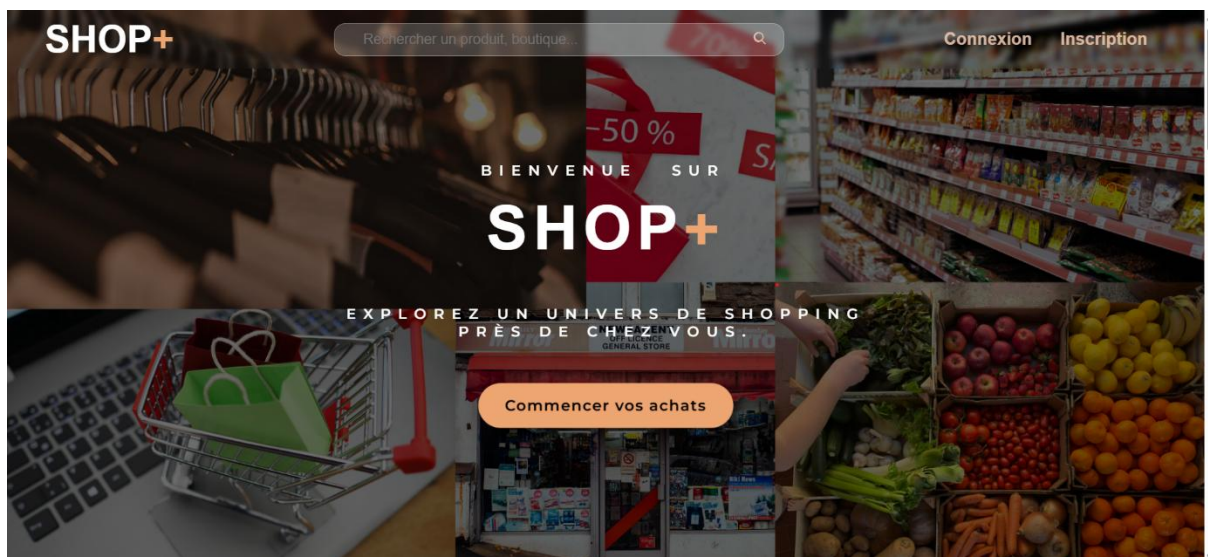


Figure 41: Page d'accueil de l'application SHOP+

Cette interface constitue le point d'entrée principal pour tous les visiteurs. Elle présente un aperçu visuel attractif des différentes thématiques commerciales (mode, épicerie, promotions...), tout en proposant un moteur de recherche intégré.

Le bouton "Commencer vos achats" permet de diriger l'utilisateur vers la suite de son parcours, tandis que les options Connexion et Inscription en haut à droite assurent l'accès sécurisé aux espaces personnels.

Figure 42: Formulaire d'inscription sur la plateforme SHOP+

Cette interface permet aux nouveaux utilisateurs de créer un compte personnel sur la plateforme. Le formulaire recueille les informations essentielles telles que le prénom, le nom, l'email, la région, la ville (sélectionnée via un menu déroulant), et le mot de passe.

Ce système d'inscription permet d'identifier l'utilisateur dès sa première connexion, tout en associant son profil à une localisation géographique, élément clé pour filtrer les boutiques disponibles dans sa zone.

```

39
40 class CustomUser(AbstractUser):
41     username = None
42     email = models.EmailField(unique=True)
43
44     nom = models.CharField(max_length=100)
45     prenom = models.CharField(max_length=100)
46     role = models.CharField(max_length=20, default='client')
47     adresse = models.CharField(max_length=255, blank=True, null=True)
48     region = models.CharField(max_length=100, blank=True, null=True)
49     ville = models.CharField(max_length=20, choices=VILLE_CHOICES, blank=True, null=True)
50
51     USERNAME_FIELD = 'email'
52     REQUIRED_FIELDS = ['nom', 'prenom']
53
54     objects = CustomUserManager()
55
56     def __str__(self):
57         return f"{self.nom} {self.prenom} ({self.role})"
58
59     def save(self, *args, **kwargs):
60         if self.is_superuser and not self.role:
61             self.role = 'admin'
62         super().save(*args, **kwargs)
63
64
65 class Categorie(models.Model):
66     nom = models.CharField(max_length=100)
67

```

Figure 43: Code source du modèle utilisateur (CustomUser).

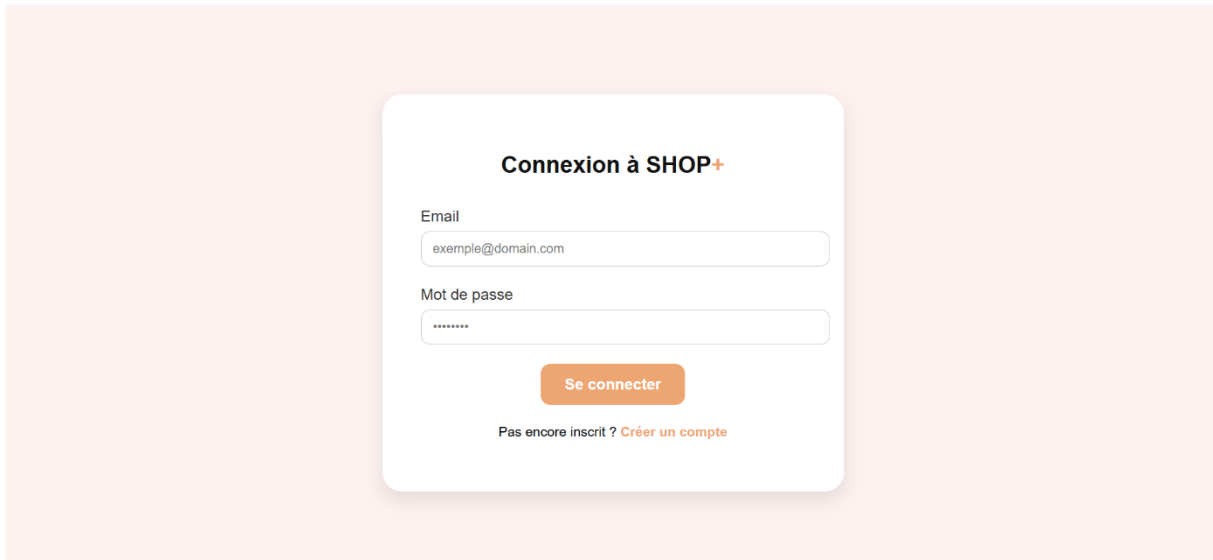


Figure 44: Interface de connexion des utilisateurs.

Cette page permet aux utilisateurs déjà inscrits de se connecter à leur compte en saisissant leur adresse email et leur mot de passe.

Elle constitue une étape essentielle pour accéder aux fonctionnalités personnalisées, telles que la gestion des commandes, des produits, ou encore le tableau de bord selon le rôle attribué (client, gérant, livreur ou administrateur).

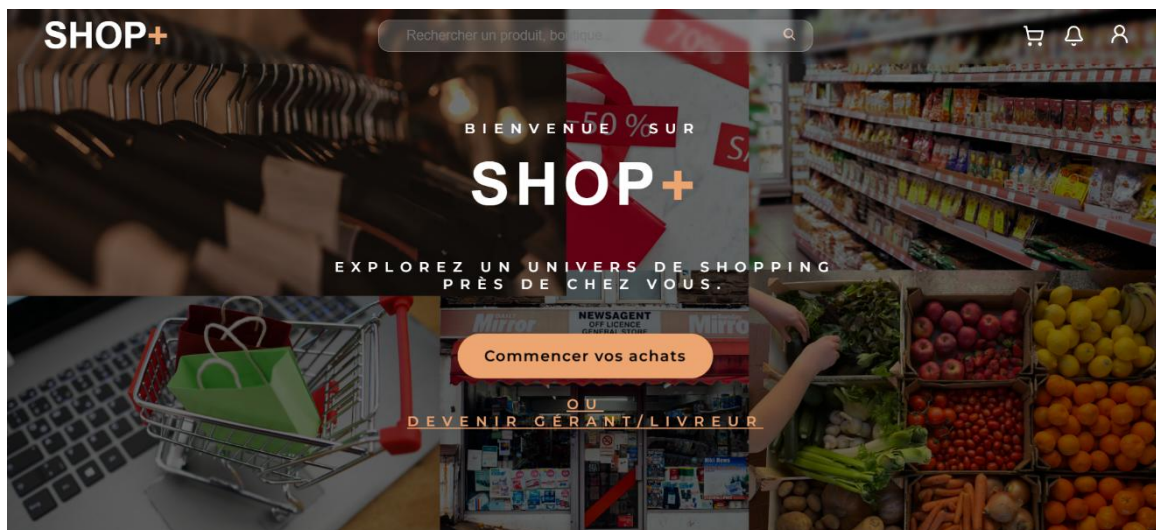


Figure 45: Tableau de bord du client après authentification.

Cette interface représente la page d'accueil personnalisée pour l'utilisateur de type **client** après connexion. Elle se distingue par :

- L'affichage dynamique du logo SHOP+ et du slogan principal,
- Une barre de recherche pour explorer les produits ou les boutiques,

- Des icônes interactives (panier, notifications, profil),
- Des appels à l'action centrés : *Commencer vos achats* ou *Devenir Gérant/Livreur*, selon l'intention de l'utilisateur.

Cette page constitue un point de départ intuitif vers toutes les fonctionnalités offertes aux clients, dans un univers graphique immersif et responsive.

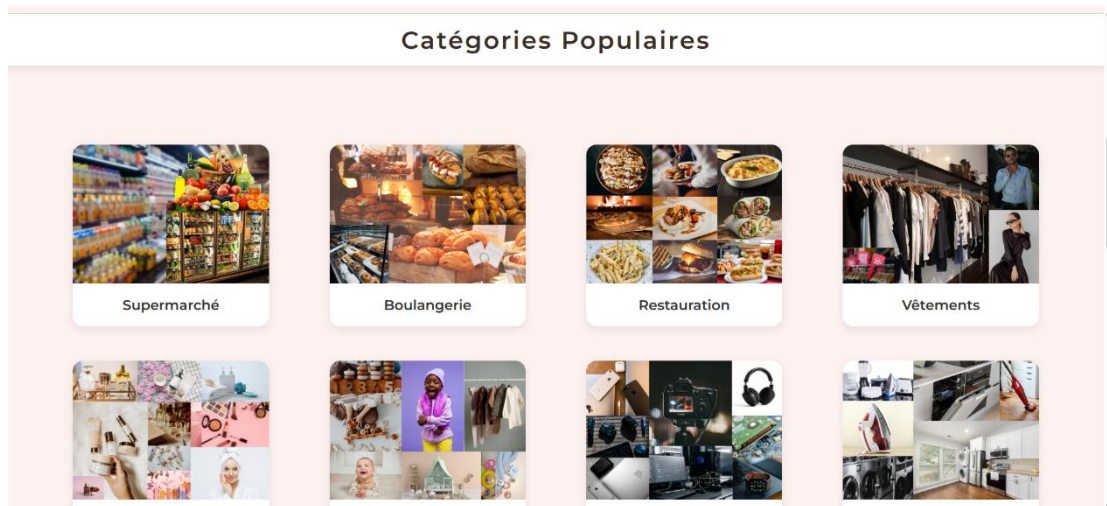


Figure 46: Affichage des catégories populaires.

Cette interface permet aux clients d'explorer visuellement les **catégories de commerces disponibles dans leur région**. Chaque carte représente un type de commerce spécifique (supermarché, boulangerie, restauration, vêtements, cosmétique, enfants, électronique, électroménager...).

En cliquant sur une catégorie, le système affiche automatiquement les boutiques correspondantes **disponibles dans la ville du client connecté**, grâce à un filtrage dynamique.

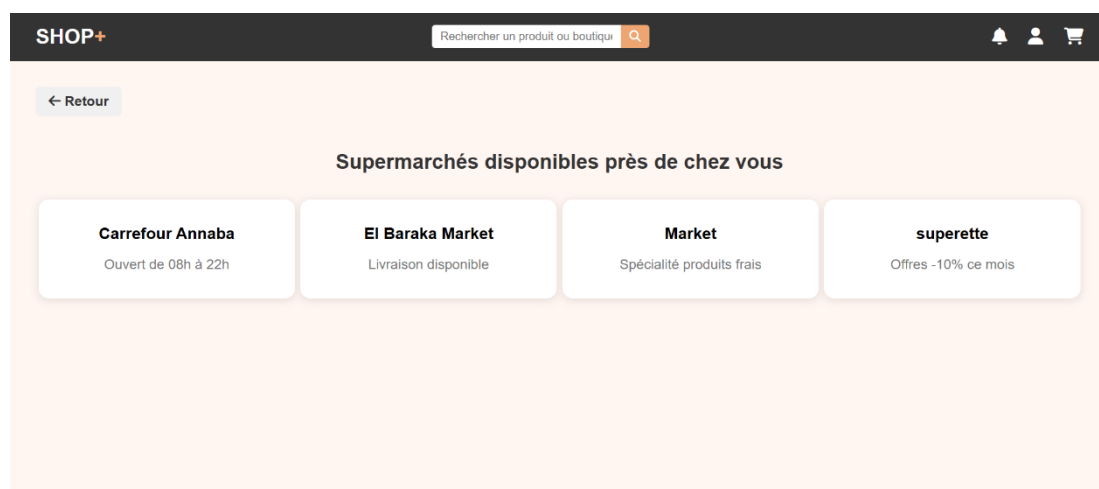


Figure 47: Affichage des boutiques filtrées par catégorie.

L'image ci-dessous illustre l'interface utilisateur affichée lorsqu'un client clique sur une catégorie de produits, par exemple « Supermarché ».

Le système affiche alors dynamiquement **les boutiques disponibles dans la ville de l'utilisateur**, filtrées selon la catégorie sélectionnée.

Dans cet exemple, l'utilisateur est enregistré dans la ville d'Annaba. Une fois la catégorie « Supermarché » sélectionnée, **quatre commerces locaux** lui sont proposés :

- **Carrefour Annaba** (plage horaire affichée),
- **El Baraka Market** (livraison disponible),
- **Market** (spécialité produits frais),
- **Superette** (offres promotionnelles du mois).

L'objectif de cette fonctionnalité est de permettre une **navigation intuitive et géolocalisée**, en ne montrant que les boutiques réellement accessibles pour le client, tout en conservant une expérience visuelle claire, structurée et fluide.



Figure 48: Produits disponibles dans Carrefour Annaba.

Cette capture d'écran illustre l'interface affichée lorsqu'un **client clique sur une boutique précise**, ici « Carrefour Annaba ».

L'utilisateur accède à une page dédiée où sont présentés **les produits commercialisés par ce magasin**.

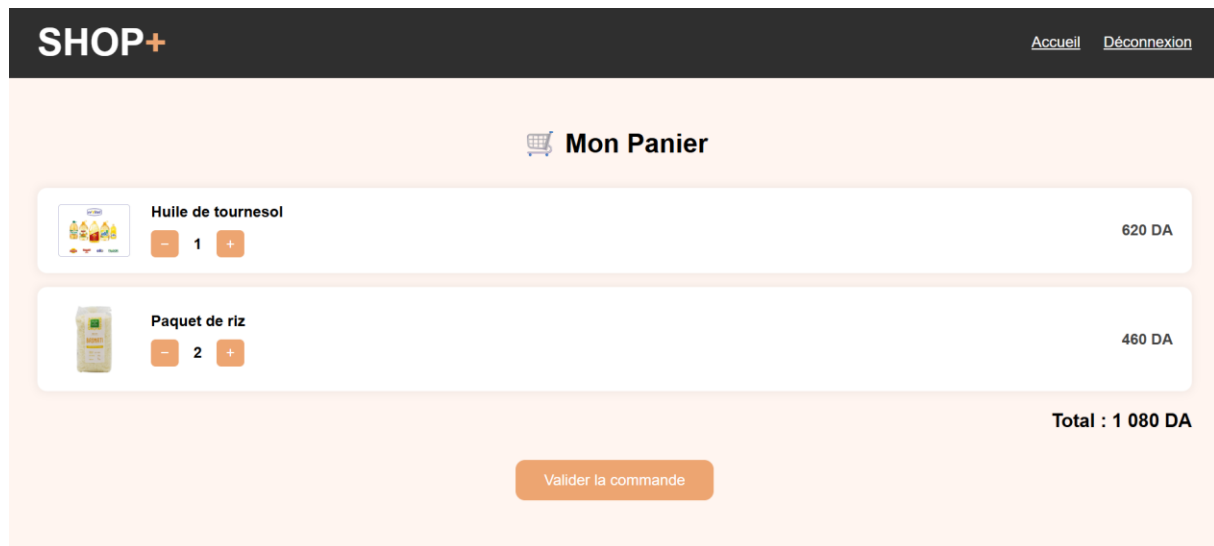


Figure 49: Interface du panier avec gestion des quantités.

Cette capture d'écran représente la page du panier d'un client. Elle permet à l'utilisateur de visualiser les produits sélectionnés, d'ajuster dynamiquement la quantité à l'aide de boutons + et -, et de consulter automatiquement le **total** actualisé. Cette fonctionnalité, bien qu'illustrative dans cette version, préfigure un système de panier interactif prêt à accueillir une logique complète de commande.



Figure 50: paiement par carte Edahabia.

Cette interface représente le **paiement sécurisé** par carte Edahabia, implémentée à titre démonstratif dans le cadre du projet. Après la validation du panier, l'utilisateur est redirigé vers cette page pour saisir les informations nécessaires à la transaction :

- Numéro de carte
- Date d'expiration

- Code de sécurité (CVV)

Bien que le paiement ne soit pas réellement traité dans cette version de démonstration, cette étape marque la **finalisation du processus de commande** côté client. Elle illustre également la possibilité d'une intégration future avec une API de paiement comme celle d'Algérie Poste.



Figure 51: Formulaire de demande de rôle.

Cette interface permet à un utilisateur client de soumettre une demande de rôle pour devenir **Gérant** ou **Livreur**. Il choisit le rôle souhaité, justifie sa demande à l'aide d'un fichier joint (PDF, image...), puis soumet le formulaire. Cette demande est ensuite transmise à l'administrateur qui pourra l'accepter ou la refuser après vérification.

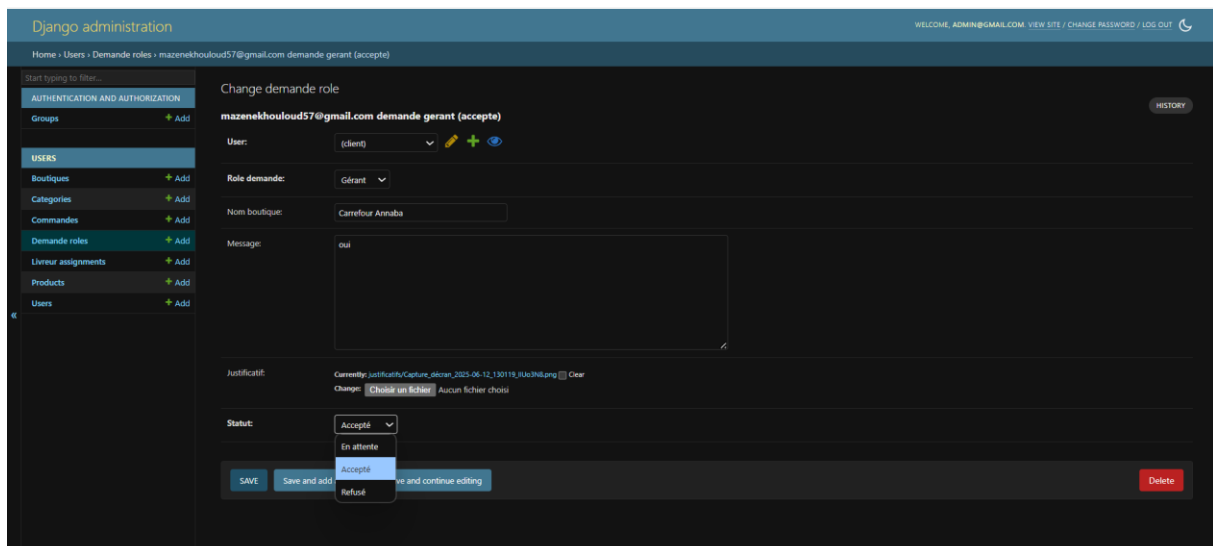


Figure 52: Interface Administrateur – Validation des rôles et création automatique de boutiques.

Cette capture d'écran représente l'espace d'administration Django où l'administrateur traite les demandes de changement de rôle envoyées par les utilisateurs. Dans cet exemple, une demande pour devenir **Gérant** a été acceptée. Une fois la validation effectuée:

- Le rôle de l'utilisateur est mis à jour automatiquement.
- Une **boutique** portant le nom saisi est automatiquement créée et liée à cet utilisateur.
- Un **justificatif** peut être joint à la demande pour vérification.
- Le statut peut être défini comme *En attente*, *Accepté* ou *Refusé*.



Figure 53: Tableau de bord du Gérant – Carrefour Annaba

Une fois la demande acceptée, le client devient Gérant et accède à son espace personnalisé. Ce tableau de bord lui permet de gérer sa boutique : consulter les **statistiques de vente**, visualiser les **commandes reçues**, et **gérer ses produits** (ajouter, modifier, supprimer). Dans cet exemple, le gérant gère la boutique "Carrefour Annaba" avec 10 produits disponibles et 1 commande reçue.

La commande affichée est celle qui a été passée auparavant par le client sur l'interface d'achat. Elle s'affiche automatiquement dans l'espace du gérant, lui permettant d'en assurer le suivi et le traitement.

Commandes assignées

Voici les livraisons que vous devez effectuer aujourd'hui.

Client : Sarah B.

Adresse : Rue Didouche Mourad, Annaba
Produits : Huile de tournesol, Paquet de riz
Heure estimée : 13h00

Marquer comme livré

Client : Amine K.

Adresse : Cité 5 juillet, Annaba
Produits : Paquet de riz, Pâtes alimentaires
Heure estimée : 15h30

Marquer comme livré

Figure 54: Interface du livreur et visualisation des commandes assignées automatiquement.

Cette interface représente l'espace de travail du livreur, affichant les commandes qui lui ont été automatiquement attribuées par l'algorithme génétique intégré.

Dès qu'un gérant marque une commande comme "en livraison", elle est automatiquement assignée à un livreur disponible et adapté selon sa localisation et sa charge actuelle.

Chaque carte contient les détails de la livraison : nom du client, adresse, produits à livrer, ainsi qu'une heure estimée. Le livreur peut ensuite cliquer sur "Marquer comme livré" pour valider la commande.

Cette approche intelligente permet une meilleure répartition des tâches, tout en assurant une traçabilité et une expérience fluide du côté livreur.

Conclusion Générale

Ce travail de fin d'études s'inscrit dans une démarche à la fois technique et stratégique visant à répondre aux besoins croissants des commerces de proximité en matière de digitalisation, d'optimisation logistique et de personnalisation des services. En partant d'une analyse approfondie des exigences métier et des attentes des utilisateurs (clients, gérants, livreurs et administrateurs), nous avons conçu puis implémenté une application web intelligente capable d'offrir une expérience fluide, cohérente et adaptée à chaque rôle.

Le développement du système a été mené de manière itérative et modulaire, en s'appuyant sur une architecture solide (basée sur Django et le modèle MVC), une interface moderne et responsive, ainsi qu'une couche d'intelligence artificielle permettant notamment l'assignation automatisée des livreurs grâce à un algorithme génétique. Chaque fonctionnalité a été pensée pour répondre à un besoin réel, en assurant à la fois simplicité d'usage, efficacité opérationnelle et évolutivité future.

À travers cette réalisation, nous avons non seulement traduit des concepts abstraits (UML, architecture logicielle, optimisation) en un produit fonctionnel, mais aussi démontré la capacité des technologies web et de l'IA à transformer les processus commerciaux classiques. Le projet constitue ainsi une base concrète pouvant être enrichie à l'avenir par des fonctionnalités avancées telles que le paiement en ligne sécurisé via API nationale, le suivi GPS en temps réel, ou encore des recommandations intelligentes basées sur les préférences du client.

Ce travail représente bien plus qu'un simple projet académique : il incarne une vision d'avenir pour le commerce local, ancrée dans l'innovation, la proximité et la transformation digitale. Il a également été une formidable opportunité de renforcer nos compétences en ingénierie logicielle, en gestion de projet, et en résolution de problématiques complexes — tant sur le plan technique que fonctionnel.

Perspective

Le projet présenté dans ce mémoire constitue une base fonctionnelle solide, mais il ouvre également la voie à de nombreuses perspectives d'amélioration et d'enrichissement. Dans un souci de continuité et d'innovation, plusieurs évolutions peuvent être envisagées à court et moyen terme :

- **Intégration d'une API de paiement sécurisé** : La mise en place d'un système de paiement en ligne via des passerelles nationales (comme celle d'Algérie Poste pour la carte Edahabia) permettrait de finaliser le processus d'achat directement depuis l'application, tout en assurant sécurité et traçabilité des transactions.
- **Suivi GPS en temps réel des livreurs** : L'ajout d'un module de géolocalisation dynamique permettrait non seulement au client de suivre l'état de sa livraison en direct, mais aussi d'optimiser davantage les itinéraires du livreur selon le trafic et la distance.
- **Module de gestion des retours et réclamations** : Pour offrir une expérience utilisateur complète, l'intégration d'un espace dédié à la gestion des retours de produits ou aux réclamations pourrait renforcer la fiabilité de la plateforme.
- **Amélioration de l'algorithme d'optimisation** : L'algorithme génétique actuel peut être enrichi par des variantes hybrides (AG + colonies de fourmis, ou AG + apprentissage automatique) pour une assignation encore plus efficace des livreurs.
- **Extension multi-régionale** : Adapter le système à l'échelle nationale, voire internationale, en gérant de multiples villes et régions avec des particularités propres (fuseaux horaires, moyens de transport, fiscalité...) serait une avancée majeure vers la généralisation de la solution.
- **Application mobile native** : Le développement d'une version mobile native pour Android/iOS améliorerait l'accessibilité et l'adoption de la plateforme par un plus grand nombre d'utilisateurs, notamment les livreurs en déplacement.

Ces perspectives s'inscrivent dans une démarche d'amélioration continue et visent à faire de cette plateforme un véritable levier de transformation numérique pour le commerce local.

Liste des abréviations

B2B	Business to Business
B2C	Business to Consumer
C2C	Consumer to Consumer
C2B	Consumer to Business
B2A	Business to Administration
C2A	Consumer to Administration
M-commerce	Mobile Commerce
S-commerce	Social Commerce
E-commerce	Commerce de proximité digitalisé
Dropshipping	Vente sans stock propre
AG	Algorithme Génétique
IA	Intelligence Artificielle
UML	Unified Modeling Language
HTML	HyperText Markup Language
CSS	Cascading Style Sheets
JS	JavaScript
HTTP	HyperText Transfer Protocol
SQL	Structured Query Language
SQLite	Base de données légère
PostgreSQL	Base de données relationnelle avancée
VS Code	Visual Studio Code
Django	Framework Python pour le web
pandas	Bibliothèque de traitement de données

NumPy	Bibliothèque de calcul numérique
random	Bibliothèque de génération aléatoire
Chart.js	Graphiques interactifs en JavaScript
Leaflet.js	Cartes interactives
Animate.css	Bibliothèque d'animations CSS
GPS	Global Positioning System
PDF	Portable Document Format
API	Application Programming Interface

Références

- [1] Ministère des Finances. (2022). *Revue de presse du 17 mars 2022*. [PDF]. Disponible sur : https://www.mf.gov.dz/images/pdf/Revue_de_presse/Mars22/revue_de_presse_du_17_Mars_2022.pdf
- [2] WEBSERVICES.DZ. *E-commerce en Algérie : tout savoir en 2024*. Disponible sur : <https://webservices.dz/actualites-dz/211-ecommerce-algerie-tout-savoir-2024>
- [3] BENBRAHIM Meriem. *Chapitre 1 – Introduction à l’intelligence artificielle*. Université Batna 2. Disponible sur : https://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/benbrahim_meriem/files/chapitre_1_introduction_a_l_intelligence_artificielle.pdf
- [4] Wikipédia. *Test de Turing*. Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Test_de_Turing
- [5] EDUSCOL. *Dossier : Intelligence artificielle*. Disponible sur : https://sti.eduscol.education.fr/si-ens-paris-saclay/ressources_pedagogiques/dossier-intelligence-artificielle
- [6] Wikipédia. *Apprentissage par renforcement*. Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_par_renforcement
- [7] DataKeel. *3 Deep Learning Architectures Explained in Human Language*. Disponible sur : <https://www.datakeen.co/3-deep-learning-architectures-explained-in-human-language-2/>
- [8] Leroux T. *Algorithme génétique – Fonctionnement*. Université Gustave Eiffel. Disponible sur : https://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2013/tleroux_genetic_algorithm/fonctionnement.html