

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION
AND SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES
- T L E M C E N -



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
- تلمسان -

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Génie industriel

Spécialité : Management industriel et logistique

Présenté par : Redouane Mohamed SAADAoui
et Kawther BENDAHOu

Thème

Développement d'une application mobile pour la gestion
des retours à vide dans le transport de marchandises

Soutenu publiquement, le 17 / 06 / 2026 , devant le jury composé de :

M. Mustapha Anwar BRAHAMI	MCA	ESSA. Tlemcen	Président
Mme. Imane NEDJAR	MCA	ESSA. Tlemcen	Encadrante
M. Fouad MALIKI	MCA	ESSA. Tlemcen	Encadrant
M. Akkacha BEKADDOUR	MCB	ESSA. Tlemcen	Examinateur
Mme. El Yasmine KADAoui	MCB	ESSA. Tlemcen	Représentante incubateur
M. Anes Abdelwadoud BELAID	Ingénieur	Sarl Agrobros	Représentant sect. Socio-Eco

Année universitaire : 2025 / 2026

Dédicaces

Je dédie ce travail,

À la mémoire de ma chère grand-mère, qui nous a quittés mais dont l'amour, la sagesse et les valeurs continueront de m'accompagner tout au long de ma vie. Son souvenir restera à jamais gravé dans mon cœur. Que Dieu lui accorde Sa miséricorde et l'accueille dans Son vaste paradis.

À ma famille, pour son soutien inconditionnel, ses sacrifices, ses encouragements constants et sa confiance durant tout mon parcours.

À mes frères et sœurs, pour leur présence, leurs conseils et tous les moments partagés qui m'ont donné la force d'avancer.

À mes amis, pour leur soutien, leur aide, leurs encouragements et tous les souvenirs qui ont rendu ce parcours plus agréable.

À mon binôme, qui a été une véritable source de motivation et une raison essentielle qui m'a poussé à donner le meilleur de moi-même tout au long de ce projet. Merci pour ton engagement, ton sérieux et ton accompagnement.

À mes encadrants, pour leur disponibilité, leur patience, leurs conseils précieux et leur accompagnement tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Merci.

Dédicaces

« Le succès, c'est d'aller d'échec en échec sans perdre son enthousiasme. »

— Winston Churchill

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers **parents**, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices et leur soutien tout au long de mon parcours. Que Dieu vous accorde santé et longue vie.

À mes chères sœurs **Nihel et Bouchra**, pour leur tendresse et leurs mots réconfortants dans les moments de doute.

À mon **fiancé**, pour ta patience, ton soutien constant et ta confiance en moi.

À ma chère amie **Rym Taleb**, pour ta fidélité, ta générosité et tous les moments partagés.

À mes précieuses amies **Hind, Ghizlène et Sara**, pour les fous rires, les longues discussions et votre soutien au quotidien.

À toute ma **famille**, pour leurs encouragements et leur bienveillance tout au long de mes études.

Kawther

Remerciements

Avant tout, nous rendons grâce à **Allah Soubhanou Wa Ta'ala**, le Tout-Puissant, qui nous a accordé la santé, la patience et la force nécessaires pour mener à bien ce travail. C'est grâce à Sa volonté et Sa bénédiction que nous avons pu franchir chacune des étapes de ce mémoire.

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à **Monsieur Fouad MALIKI**, Chef de la filière Génie Industriel, pour son accompagnement exceptionnel tout au long de ces trois années. Qu'il soit encadrant, enseignant ou responsable pédagogique, il a su être présent à chaque étape de notre parcours avec rigueur, bienveillance et disponibilité. Ses conseils avisés et sa confiance ont été un véritable pilier dans la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions également **Madame Imane NEDJAR**, notre encadrante pour le cycle ingénieur, pour son soutien précieux, ses orientations éclairées et son implication dans le suivi de ce travail. Son encadrement attentif et ses remarques constructives ont grandement contribué à la qualité de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'ensemble du **corps enseignant et aux responsables pédagogiques de l'École Supérieure des Sciences Appliquées de Tlemcen**, que nous avons eu l'honneur de côtoyer durant notre parcours universitaire. À travers la qualité de leur enseignement, leur rigueur et leur engagement, chacun d'entre eux a contribué à façonner notre savoir et à nourrir notre esprit critique.

Nous exprimons également notre gratitude envers les **membres du jury** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, leurs remarques constructives et le temps qu'ils nous ont consacré.

Enfin, nous remercions nos **familles, nos amis** et toutes les personnes qui nous ont soutenus moralement, de près ou de loin, tout au long de cette aventure. Leur confiance et leur présence ont été pour nous une source essentielle de motivation.

À tous, nous adressons nos plus vifs remerciements.

Remerciements

Au terme de ce travail, il nous est agréable de nous acquitter d'un devoir de reconnaissance envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent en premier lieu à nos deux encadreurs,

Monsieur Fouad MALIKI et Madame Imane NEDJAR,

pour la confiance qu'ils nous ont accordée en acceptant de diriger ce travail. Leur disponibilité permanente, leurs conseils avisés, et leur rigueur scientifique ont été une source d'inspiration et un repère tout au long de cette aventure académique. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude et de notre respect.

Nous tenons également à exprimer notre reconnaissance à l'ensemble du corps enseignant du département, dont l'engagement pédagogique et la qualité des enseignements dispensés tout au long de notre formation ont constitué le socle sur lequel ce travail a pu s'ériger. Chaque cours, chaque échange, chaque correction a contribué à forger les compétences qui nous ont permis de mener ce projet à son terme.

Nous adressons nos vifs remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu consacrer une partie de leur temps à l'évaluation de ce mémoire. Leurs lectures attentives et leurs remarques constructives, loin d'être de simples formalités, constituent pour nous une opportunité précieuse de perfectionnement. Les critiques formulées enrichissent ce travail et ouvrent des perspectives que nous ne manquerons pas d'explorer dans nos recherches futures.

Enfin, un remerciement particulier à nos familles et à nos proches, dont le soutien indéfectible et les encouragements constants nous ont permis de traverser les moments difficiles avec sérénité et détermination.

À toutes et à tous : merci.

Résumé

Les retours à vide — situation dans laquelle un véhicule de transport circule sans chargement après une livraison — constituent l'une des inefficacités les plus persistantes du secteur du transport de marchandises en Algérie. Ce phénomène, amplifié par l'absence d'outils numériques adaptés, entraîne des pertes économiques considérables pour les transporteurs et les chauffeurs indépendants. Ce mémoire présente la conception, le développement et l'étude entrepreneuriale d'une application mobile mettant en relation clients expéditeurs, chauffeurs indépendants et propriétaires de flottes au sein d'une plateforme unique. La solution repose sur une architecture à double marché et intègre un moteur d'optimisation des tournées (VRP) pour réduire les kilomètres à vide. Le projet comprend une analyse entrepreneuriale complète.

Mots-clés : Retours à vide, transport de marchandises, application mobile, optimisation des tournées, VRP, logistique, Algérie.

Abstract

Empty return trips — a situation where a transport vehicle travels without a cargo load after a delivery — constitute one of the most persistent inefficiencies in the freight transport sector in Algeria. This phenomenon, amplified by the absence of adapted digital tools, leads to considerable economic losses for carriers and independent drivers. This thesis presents the design, development, and entrepreneurial study of a mobile application connecting freight clients, independent drivers, and fleet owners within a single platform. The solution relies on a dual-market architecture and integrates a route optimization engine (VRP) to reduce empty kilometers. The project includes a complete entrepreneurial analysis.

Keywords : Empty returns, freight transport, mobile application, route optimization, VRP, logistics, Algeria.

تُعدّ رحلات العودة الفارغة وهي الحالة التي تنقل فيها شاحنة النقل دون حمولة عقب إتمام التوصيل من أبرز مظاهر الهدر الهيكلي المستمر في قطاع نقل البضائع في الجزائر. ويتفاقم هذا الوضع بفعل غياب الأدوات الرقمية الملائمة، مما يتسبب في خسائر اقتصادية كبيرة للناقلين والسائقين المستقلين. تقدم هذه المذكرة تصميم وتطوير دراسة ريادية لتطبيق جوال يربط بين العملاء المرسلين، السائقين المستقلين، وأصحاب الأساطيل في منصة موحدة. يعتمد الحل على نموذج بسوقين متميزين ويتضمن محرك تحسين للمسارات (VRP) يقلل الكيلومترات الفارغة. كما يشمل المشروع دراسة ريادية متكاملة.

الكلمات المفتاحية : الرحلات الفارغة، نقل البضائع، تطبيق جوال، تحسين المسارات، VRP، لوجستيك، الجزائر.

Table des matières

Dédicaces	2
Remerciements	4
List of Figures	10
List of Tables	12
Abbreviations list	12
Introduction	13
Introduction Générale	14
1 Étude du contexte et analyse des besoins	16
1.1 Problématique des retours à vide : causes, impacts économiques et environnementaux	16
1.1.1 Définition et causes des retours à vide	17
1.1.1.1 Les causes structurelles	17
1.1.1.2 L'ampleur du phénomène	18
1.1.2 Impacts économiques	18
1.1.2.1 Pour les transporteurs	18
1.1.2.2 Pour les expéditeurs et l'économie nationale	19
1.1.2.3 Pour les chauffeurs indépendants	19
1.1.3 Impacts environnementaux	19
1.1.3.1 Émissions de gaz à effet de serre	19

1.1.3.2	Consommation de carburant et usure des infrastructures	20
1.1.4	Formulation de la problématique	20
1.2	Revue des solutions existantes et leurs limites en Algérie	20
1.2.1	Les pratiques informelles : le statu quo algérien	20
1.2.1.1	Le modèle téléphonique	21
1.2.1.2	Les intermédiaires et commissionnaires	21
1.2.1.3	Les limites des pratiques informelles	21
1.2.2	Les TMS (Transport Management Systems) : une solution partielle	21
1.2.3	Uber Freight (États-Unis, 2017)	22
1.2.4	Kobo360 (Nigeria, 2017)	22
1.2.5	Lori Systems (Kenya, 2016)	23
1.3	Conclusion	24
2	Analyse des Besoins et Conception	25
2.1	Identification des parties prenantes	26
2.2	Méthode de capture des exigences : MoSCoW	26
2.3	Définition des spécifications fonctionnelles et non-fonctionnelles . . .	28
2.3.1	Spécifications Fonctionnels	28
2.3.1.1	Module Authentification et Profil	28
2.3.1.2	Module Gestion des Demandes de Transport (Client)	29
2.3.1.3	Module Matching et Offres	30
2.3.1.4	Module Gestion de Flotte (Propriétaire de Flotte)	31
2.3.1.5	Module Exécution de Mission (Chauffeurs)	32
2.3.1.6	Module Suivi, Paiement et Facturation (Client)	33
2.3.2	Spécifications Non-Fonctionnels	33
2.3.3	Synthèse des exigences	34
2.3.4	Diagrammes des Cas d'Utilisation	35
2.3.4.1	Vue Client	35
2.3.4.2	Vue Chauffeur Indépendant	36
2.3.4.3	Vue Propriétaire de Flotte & Chauffeur de Flotte	38
2.4	Diagramme de Séquence — Marché Ouvert	40
2.5	Diagramme de Séquence — Marché Flotte	40
2.6	Diagramme de Séquence — Suivi GPS Temps Réel	41
2.7	Diagramme de Séquence —le processus d'intégration par Code d'Invitation	42
2.8	Diagramme de Classes	43
2.9	Architecture Technique	45

2.9.1	Séparation de marché — décision architecturale centrale . . .	45
2.10	Conclusion	45
3	Réalisation et Validation	47
3.1	Environnement de Développement	47
3.1.1	Matériel et Système d'Exploitation	47
3.1.2	Langages, Frameworks et Bibliothèques	48
3.1.3	Structure des Répertoires	48
3.2	Implémentation Backend	50
3.2.1	API RESTful — Endpoints Principaux	50
3.2.2	Gestion des Rôles (RBAC)	52
3.2.3	Moteur d'Optimisation VRP	53
3.2.3.1	Modèle d'optimisation PLNE	53
3.2.3.1.1	Variables de décision	53
3.2.3.1.2	Fonction objectif	53
3.2.3.1.3	Contraintes	54
3.2.3.2	Métriques produites	54
3.2.4	Système de Notifications WebSocket	55
3.3	Interfaces Utilisateur	55
3.3.1	Flux Authentification	55
3.3.2	Flux Client (Expéditeur)	56
3.3.2.1	Accueil et Publication d'une Demande	56
3.3.2.2	Consultation et Gestion des Offres	57
3.3.2.3	Suivi des Missions en Temps Réel	58
3.3.2.4	Historique et Téléchargement de Facture	59
3.3.3	Flux Chauffeur Indépendant	60
3.3.3.1	Carte du Marché Ouvert	60
3.3.3.2	Exécution de Mission et GPS	62
3.3.4	Flux Propriétaire de Flotte	63
3.3.4.1	Tableau de Bord et Gestion de Flotte	63
3.3.4.2	Optimisation VRP et Assignment	65
3.3.5	Système de Notifications	66
3.4	Tests et Validation	67
3.4.1	Tests d'Intégration — Scénarios Complets	67
3.4.2	Validation des Performances	68
3.4.3	Bugs Majeurs Rencontrés et Solutions	68
3.4.4	Limites Identifiées	69
3.5	Comparaison avec les Solutions Existantes	70
3.6	Conclusion	70

4 Étude Entrepreneuriale du Projet Transport DZ	72
4.1 Proposition de Valeur	72
4.2 Segments de Clientèle	73
4.3 Relations Clients	74
4.4 Canaux	75
4.5 Partenaires Clés	75
4.6 Activités Clés	76
4.7 Ressources Clés	77
4.8 Structure des Coûts	78
4.9 Sources de Revenus	79
4.10 Analyse SWOT	79
4.11 Modèle Économique BMC	82
4.12 Besoins en Ressources Humaines et Lieu d'Implantation	83
4.12.1 Besoins du projet en ressources humaines	83
4.12.2 Choix du lieu d'implantation	83
4.13 Démarches Administratives et Réglementaires	84
4.13.1 Codes d'activité CNRC	84
4.13.2 Autorisation préalable de la Direction des Transports	85
4.13.3 Frais de création de l'EURL	85
4.13.4 Autres obligations administratives	85
4.14 Estimation des Coûts du Projet	86
4.14.1 Estimation du montant total de l'investissement initial	86
4.14.2 Estimation des coûts de la main-d'oeuvre sur 3 ans	86
4.14.3 Estimation des coûts externes du projet sur 3 ans	87
4.14.4 Estimation des coûts d'amortissement des investissements	87
4.15 Estimation des Revenus du Projet	88
4.15.1 Estimation du volume des ventes annuelles sur 3 ans	88
4.15.2 Calcul du résultat annuel prévisionnel	88
Conclusion Générale	90
Apendix	92

Table des figures

2.1	Diagramme des cas d'utilisation — Client (TransportDZ)	36
2.2	Diagramme des cas d'utilisation — Chauffeur Indépendant (TransportDZ)	37
2.3	Diagramme des cas d'utilisation — Propriétaire de Flotte & Chauffeur de Flotte (TransportDZ)	39
2.4	Diagramme de séquence simplifié — Marché ouvert : publication et matching par offres	40
2.5	Diagramme de séquence simplifié — Marché flotte : assignation directe et optimisation VRP	41
2.6	Diagramme de séquence simplifié — Suivi GPS en temps réel et mise à jour interface	42
2.7	Diagramme de séquence simplifié — Processus d'intégration par code d'invitation	43
2.8	Diagramme de classes principal du système TransportDZ	44
3.1	Les étapes d'authentification	56
3.2	Flux client — accueil, publication de demande et sélection d'adresse	57
3.3	Flux client — Consultation des offres reçues en accordéon	58
3.4	Flux client — suivi des missions actives et carte temps réel	59
3.5	Flux client — Historique des trajets et téléchargement de facture PDF	60
3.6	Flux Chauffeur Indépendant — Marché ouvert	61
3.7	Flux Chauffeur Indépendant — Soumission d'offre	62
3.8	Flux chauffeur — exécution de mission et partage GPS	63
3.9	Flux Propriétaire de Flotte — Tableau de bord et liste des chauffeurs	64
3.10	Flux Propriétaire de Flotte — Invitations	65
3.11	Flux Propriétaire de Flotte — Optimisation VRP et assignation directe	66
3.12	Système de notifications — cloche temps réel et liste avec navigation	67

Liste des tableaux

1.1	Limites des pratiques informelles de mise en relation	21
1.3	Analyse comparative des solutions de fret numérique	23
2.1	Parties prenantes et leurs objectifs	26
2.3	Définition des fonctionnalités selon la méthode MoSCoW	27
2.4	BF – Authentification et Profil	29
2.5	BF – Gestion des Demandes de Transport	30
2.6	BF – Matching et Offres	31
2.7	BF – Gestion de Flotte	31
2.8	BF – Exécution de Mission	32
2.9	BF – Paiement et Facturation	33
2.10	Besoins non-fonctionnels du système	34
2.12	Récapitulatif quantitatif des besoins fonctionnels	35
3.1	Technologies retenues et justification	48
3.3	Structure des répertoires backend (FastAPI)	49
3.4	Structure des répertoires frontend (React Native / Expo)	49
3.5	Principaux endpoints de l’API	51
3.8	Validation des critères de performance	68
3.10	Principaux bugs rencontrés et corrections appliquées	69
3.12	Positionnement final de la solution développée	70
4.1	Coûts fixes mensuels — Transport DZ	78
4.2	Coûts variables mensuels — Transport DZ	78
4.3	Analyse SWOT — Transport DZ	80
4.4	Analyse SWOT (suite) — Transport DZ	81
4.5	Business Model Canvas — Transport DZ	82
4.6	Besoins du projet en ressources humaines	83
4.7	Codes d’activité CNRC — Transport DZ	84

4.8	Détail des frais de création de l'EURL Transport DZ	85
4.9	Coût total de l'investissement initial — Transport DZ	86
4.10	Estimation des coûts de la main-d'oeuvre sur 3 ans	86
4.11	Estimation des charges externes sur 3 ans	87
4.12	Amortissement linéaire des investissements	87
4.13	Estimation du chiffre d'affaires sur 3 ans — Transport DZ	88
4.14	Compte de résultat prévisionnel sur 3 ans — Transport DZ	89

Liste d'abreviations

API	Interface de Programmation Applicative
BF	Besoin Fonctionnel
BNF	Besoin Non-Fonctionnel
ETA	Temps d'Arrivée Estimé
GPS	Système de Positionnement Global
JWT	Jeton Web JSON
NoSQL	Pas Seulement SQL
ORS	OpenRouteService
RBAC	Contrôle d'Accès Basé sur les Rôles
REST	Transfert d'État Représentationnel
SDK	Kit de Développement Logiciel
TLS	Sécurité de la Couche de Transport
TMS	Système de Gestion du Transport
TTL	Durée de Vie
TVA	Taxe sur la Valeur Ajoutée
UML	Langage de Modélisation Unifié
VRP	Problème de Tournées de Véhicules
WS	WebSocket

Introduction Générale

Le transport routier de marchandises constitue l'épine dorsale de l'économie algérienne. Avec un réseau routier dépassant 141 500 km et près de 745 000 camions exploités par environ 480 000 transporteurs privés opérant sans coordination numérique, ce secteur assure l'essentiel de la circulation des biens sur l'ensemble du territoire national [4]. Pourtant, derrière ce volume considérable d'activité se cache une inefficacité structurelle majeure : les retours à vide. On désigne ainsi tout trajet effectué par un camion sans marchandise à bord, généralement lors du retour au dépôt ou vers une nouvelle destination de chargement. Ce phénomène engendre des coûts directs considérables — carburant, usure des véhicules, rémunération des chauffeurs — sans générer aucune valeur ajoutée pour la chaîne logistique.

À l'échelle mondiale, une part importante des kilomètres parcourus par les camions est effectuée à vide. Selon une étude d'Uber Freight, ces trajets à vide représentent environ 20 à 35% des kilomètres parcourus par les poids lourds, et une optimisation globale du réseau logistique pourrait théoriquement réduire jusqu'à 64% de ces kilomètres non productifs. [14]. En Algérie, où la mise en relation entre expéditeurs et transporteurs repose encore quasi exclusivement sur des appels téléphoniques et des réseaux informels de connaissance, l'ampleur du phénomène est structurellement plus prononcée. Les systèmes de gestion du transport (TMS) demeurent principalement adoptés par les grandes entreprises en raison de leur coût d'implémentation et de leur complexité opérationnelle. Par ailleurs, des plateformes numériques de fret telles qu'Uber Freight, Kobo360 et Lori Systems ont démontré l'intérêt de la digitalisation du transport routier en facilitant la mise en relation entre chargeurs et transporteurs. Toutefois, ces solutions ont été développées pour des marchés spécifiques et ne prennent pas pleinement en compte les contraintes réglementaires, linguistiques et opérationnelles du contexte algérien [2, 3, 12].

C'est dans ce vide numérique que s'inscrit le présent mémoire, dont l'objectif est de concevoir et de développer **TransportDZ**, une plateforme mobile de mise en relation

en temps réel des expéditeurs de marchandises avec les chauffeurs et propriétaires de flotte en Algérie. La solution proposée intègre un système de matching par offres pour le marché ouvert, une gestion complète de flotte privée avec optimisation des assignations par algorithme VRP, un suivi GPS temps réel via WebSocket, et une génération de factures PDF conformes à la réglementation fiscale algérienne.

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres. Le **Chapitre 1** analyse le phénomène des retours à vide dans le transport routier algérien, en identifie les causes structurelles et les impacts économiques et environnementaux, puis dresse un panorama critique des solutions numériques existantes à l'échelle mondiale et africaine. Le **Chapitre 2** présente l'analyse formelle des besoins et la conception du système : identification des parties prenantes, priorisation des fonctionnalités via la méthode MoSCoW, formalisation des 28 besoins fonctionnels et 12 besoins non-fonctionnels, et modélisation UML complète. Le **Chapitre 3** est consacré à la réalisation et à la validation du système, décrivant l'environnement de développement, les choix d'implémentation backend, les interfaces utilisateur réalisées et les résultats de validation des critères de performance. Enfin, le **Chapitre 4** présente l'étude entrepreneuriale du projet TransportDZ, couvrant le Business Model Canvas, l'analyse SWOT, les démarches administratives et réglementaires, ainsi que les projections financières sur trois ans.

Étude du contexte et analyse des besoins

« Le transport est le fondement du développement économique. Sans des systèmes de transport efficaces, les marchés restent fragmentés, les coûts logistiques explosent, et la compétitivité nationale s'érode. »

— Banque Mondiale, *Transport for Development*, 2023 [5]

Ce premier chapitre pose les fondations du projet en analysant le phénomène des retours à vide dans le secteur du transport routier algérien. Il commence par dresser un état des lieux du secteur, identifie les causes structurelles et les impacts économiques et environnementaux des trajets non productifs, puis présente un panorama critique des solutions numériques existantes à l'échelle mondiale et africaine, en mettant en évidence leurs limites dans le contexte algérien. Il se conclut par la formulation de la problématique qui justifie le développement de la solution proposée dans ce mémoire.

1.1 Problématique des retours à vide : causes, impacts économiques et environnementaux

Le transport routier constitue l'artère principale de l'économie algérienne, assurant plus de 90 % du fret intérieur [10]. Avec un réseau routier de plus de **141 500 km**, dont 8 900 km d'autoroutes et de voies express, l'Algérie dispose d'une infrastructure significative pour la circulation des marchandises.

Ces chiffres témoignent du volume considérable d'activité du secteur, mais dissimulent une inefficacité structurelle majeure : un nombre important de ces kilomètres

sont parcourus à vide. Des mesures effectuées sur le parc de la Société Nationale de Transport Routier (SNTR) montrent que les kilomètres parcourus à vide sont quasi-équivalents aux kilomètres chargés [10], confirmant une tendance observée dans de nombreux pays en développement où la part des trajets à vide dépasse en moyenne 29 % [16].

Le secteur est par ailleurs dominé par les opérateurs privés et caractérisé par une extrême atomisation : plus de 448 000 opérateurs étaient enregistrés en 2016 pour un parc de 758 000 véhicules, soit une moyenne de 1,69 véhicule par opérateur [10]. Cette multitude d'acteurs sans coordination numérique commune est précisément la condition d'émergence du phénomène des retours à vide [8].

1.1.1 Définition et causes des retours à vide

On appelle **retour à vide** (ou *deadhead* en anglais) tout trajet effectué par un camion sans marchandise à bord, généralement lors du retour au dépôt ou vers une nouvelle destination de chargement. Ce phénomène est universel dans le transport routier, mais son ampleur varie considérablement selon le degré de digitalisation du marché.

1.1.1.1 Les causes structurelles

Plusieurs facteurs expliquent la persistance des retours à vide dans le contexte algérien :

- **L'asymétrie géographique des flux** : les marchandises circulent principalement des zones de production (Nord-Est industriel, zones portuaires d'Alger et d'Oran) vers les zones de consommation (wilayas de l'intérieur, Grand Sud). Le flux retour est structurellement plus faible, laissant les camions sans fret pour le trajet inverse.
- **L'informalité de la mise en relation** : le processus de recherche de fret repose quasi exclusivement sur des appels téléphoniques, des réseaux de connaissance personnels et le bouche-à-oreille. Un chauffeur ayant livré à Sétif depuis Oran n'a aucun outil pour identifier rapidement une charge disponible à Sétif avant de repartir [1].
- **La rigidité des contrats** : la majorité des contrats de transport sont unidirectionnels : un donneur d'ordre commande un transport d'un point A à un point B sans engagement pour le retour. Le transporteur supporte donc le coût intégral du trajet retour.
- **L'absence de visibilité sur l'offre et la demande** : les chargeurs qui ont des marchandises à expédier depuis une ville de province n'ont aucun moyen

simple de signaler leur besoin aux camions déjà présents sur place. L'information est fragmentée et localisée dans des réseaux humains opaques.

- **La spécialisation des équipements** : certains types de camions (citernes, frigorifiques, porte-engins) ne peuvent transporter qu'une catégorie spécifique de marchandises, ce qui réduit mécaniquement les possibilités de fret retour même quand la demande existe.

1.1.1.2 L'ampleur du phénomène

À l'échelle mondiale, la situation est préoccupante : une étude de l'équipe de data science d'Uber Freight établit qu'à tout instant, environ **25 à 35% des camions** circulant sur les routes américaines roulent à vide [14]. Cette même étude, publiée en juin 2023, démontre que l'optimisation de réseau pourrait théoriquement éliminer jusqu'à **64%** de ces kilomètres à vide, représentant une réduction de **23%** du kilométrage total parcouru par le secteur [14].

En Afrique, la situation est encore plus prononcée du fait de la moindre organisation du marché. Lori Systems, plateforme kényane active dans plusieurs pays africains, a documenté dans ses études opérationnelles que la mise en relation digitale permet de réduire de **17 à 18%** le coût direct du transport de céréales en vrac en Ouganda [9]. Cette réduction découle en grande partie de l'élimination de trajets à vide grâce à une meilleure coordination.

Le World Economic Forum, dans un article publié en janvier 2023, rapporte que **51%** des camions présentés comme pleins transportent en réalité des chargements partiels, et que l'industrie américaine du transport routier émettait **423 millions de tonnes métriques de CO₂** en 2022 [13].

1.1.2 Impacts économiques

Les retours à vide génèrent des coûts directs et indirects à plusieurs niveaux de la chaîne logistique.

1.1.2.1 Pour les transporteurs

Au coût du carburant diesel en Algérie (**47 DA/litre** en mars 2026, pour une consommation moyenne de **340 litres aux 1 000 km** constatée sur le parc de camions lourds), le coût carburant seul atteint environ **16 DA/km**. Pour 35 000 km non productifs, cela représente **560 000 DA de pertes directes en carburant** par véhicule et par an, sans compter l'amortissement et la rémunération du chauffeur.

Pour un propriétaire de flotte de 10 camions, la perte annuelle liée aux retours à vide peut dépasser **6 millions de DA**, soit une ponction significative sur la rentabilité d'exploitation.

1.1.2.2 Pour les expéditeurs et l'économie nationale

Les transporteurs répercutent inévitablement le coût des kilomètres non productifs dans leurs tarifs. Une étude d'Uber Freight montre que jusqu'à deux tiers des kilomètres à vide pourraient être éliminés grâce à une meilleure planification et un meilleur appariement de l'offre et de la demande [14]. Cette inefficacité, répercutée sur les prix du fret, pénalise directement la compétitivité des entreprises algériennes et le pouvoir d'achat des consommateurs, dans un contexte où les coûts logistiques pèsent déjà plus lourdement sur les économies à faible revenu (15 à 30% du PIB) que sur les économies avancées (environ 8% du PIB) [5].

À l'échelle du secteur, les 480 000 transporteurs algériens avec leurs 745 000 camions [4] représentent un gisement d'optimisation considérable. Une réduction de seulement **10%** du taux de retour à vide national pourrait se traduire par des économies de plusieurs dizaines de milliards de dinars par an.

1.1.2.3 Pour les chauffeurs indépendants

Les chauffeurs indépendants, qui constituent la majorité des opérateurs du secteur [10], sont les plus exposés. Sans structure d'entreprise pour lisser les revenus sur une flotte, chaque trajet à vide se traduit directement par une perte nette sur leur revenu mensuel. Cette précarité les pousse à accepter des tarifs bas sur les trajets chargés pour compenser, alimentant une spirale de sous-rémunération structurelle [8].

1.1.3 Impacts environnementaux

Au-delà des coûts économiques, les retours à vide ont une empreinte environnementale significative.

1.1.3.1 Émissions de gaz à effet de serre

Un camion lourd diesel émet en moyenne entre **600 et 900 g de CO₂ par kilomètre** selon son état de charge et ses normes d'émissions, les véhicules anciens se situant

1. Données issues d'une observation terrain réalisée au sein de l'entreprise NUMILOG (Algérie) lors d'un stage effectué en 2025–2026. Prix du gazole relevé en mars 2026.

dans le haut de cette fourchette [7].

En Algérie, avec 745 000 camions [4] dont une fraction significative opère avec des retours à vide, l'impact climatique cumulé est substantiel, d'autant que le parc est relativement ancien et moins efficient que les standards européens.

1.1.3.2 Consommation de carburant et usure des infrastructures

Le gasoil est subventionné en Algérie, ce qui masque partiellement le signal prix pour les opérateurs. Néanmoins, chaque kilomètre supplémentaire parcouru à vide contribue à la fois à la consommation de carburant et à l'usure du réseau routier. Les coûts de maintenance et de réparation constituent d'ailleurs le premier poste de charges variables dans le transport routier algérien, aggravés par l'âge moyen élevé du parc [10]. Dans un pays où l'entretien du réseau représente déjà un poste budgétaire lourd, réduire les kilomètres non productifs constitue également un enjeu d'infrastructure publique.

1.1.4 Formulation de la problématique

L'ensemble de ces constats converge vers une problématique centrale :

Comment concevoir une solution numérique permettant de connecter en temps réel les expéditeurs de marchandises aux chauffeurs et propriétaires de camions en Algérie, afin de réduire les trajets à vide et d'optimiser l'utilisation du parc de transport ?

1.2 Revue des solutions existantes et leurs limites en Algérie

Cette section analyse les différentes catégories de solutions qui tentent de résoudre les inefficacités du transport de fret, depuis les approches informelles traditionnelles jusqu'aux plateformes numériques les plus avancées.

1.2.1 Les pratiques informelles : le statu quo algérien

Avant toute solution numérique, il convient de documenter le fonctionnement actuel du marché algérien du fret, car c'est précisément ce statu quo que notre solution cherche à remplacer.

1.2.1.1 Le modèle téléphonique

La mise en relation entre expéditeur et transporteur fonctionne principalement par appels téléphoniques directs. Un expéditeur qui a une marchandise à livrer à Sétif depuis Oran contacte un à un les chauffeurs qu'il connaît. Si aucun n'est disponible, il demande des références. Ce processus peut prendre plusieurs heures ou plusieurs jours, immobilise la marchandise, et n'offre aucune garantie de prix.

1.2.1.2 Les intermédiaires et commissionnaires

Des intermédiaires informels (localement appelés commissionnaires) servent de hub humain : ils connaissent les transporteurs disponibles et les besoins des expéditeurs. Leur valeur est réelle, mais leur commission opaque, leur fiabilité variable, et leur modèle ne passe pas à l'échelle. Ce phénomène d'intermédiation informelle est caractéristique des marchés de fret atomisés en Afrique subsaharienne [9, 10].

1.2.1.3 Les limites des pratiques informelles

Le tableau 1.1 synthétise les principales limites des pratiques informelles de mise en relation, du point de vue des deux parties prenantes.

TABLE 1.1 – Limites des pratiques informelles de mise en relation

Dimension	Impact pour l'expéditeur	Impact pour le transporteur
Opacité tarifaire	Prix négociés au cas par cas, sans référence marché	Difficulté à évaluer si le prix proposé est juste
Délais de mise en relation	Marchandise immobilisée plusieurs heures ou jours	Temps d'attente non rémunéré au dépôt
Absence de traçabilité	Aucun suivi de la position du camion	Aucune preuve de livraison numérique
Insécurité contractuelle	Aucun contrat formalisé, litiges difficiles à résoudre	Risque de non-paiement sans recours
Non-scalabilité	Impossible de comparer plusieurs offres simultanément	Réseau de clients limité aux contacts directs

1.2.2 Les TMS (Transport Management Systems) : une solution partielle

Les TMS sont des logiciels de gestion du transport utilisés principalement par les grandes entreprises et les groupes logistiques intégrés. Ils permettent de gérer les

ordres de transport, d'affecter les véhicules disponibles et de suivre les expéditions en interne.

Les TMS sont des outils intra-entreprise : ils gèrent la flotte propre d'une société mais ne permettent pas la mise en relation avec des transporteurs tiers. Un TMS ne résout donc pas le problème du retour à vide pour un transporteur indépendant. De plus, leur coût d'acquisition élevé les rend inaccessibles aux PME et aux chauffeurs indépendants.

1.2.3 Uber Freight (États-Unis, 2017)

Lancée en 2017 par Uber Technologies, Uber Freight est la référence mondiale du *Digital Freight Matching*. L'intelligence artificielle au cœur du système a permis de réduire les kilomètres à vide de **10 à 15%**, et la plateforme a retiré environ **4 millions de miles à vide** de son réseau en 2024 [15]. Cependant, Uber Freight est absent de l'Afrique du Nord, propose une interface uniquement en anglais et ne supporte pas les moyens de paiement locaux algériens.

1.2.4 Kobo360 (Nigeria, 2017)

Kobo360, fondée en 2017 au Nigeria, constitue l'une des principales initiatives africaines de digitalisation du transport de fret. La plateforme repose sur un modèle de mise en relation numérique entre expéditeurs et transporteurs, intégrant des fonctionnalités de suivi des cargaisons, d'optimisation des trajets et de gestion logistique centralisée. Son objectif principal est de réduire les inefficacités structurelles du transport routier en Afrique subsaharienne, notamment les retours à vide et les délais de mise en relation.

Cependant, malgré son positionnement innovant, le modèle de Kobo360 reste fortement orienté vers un environnement B2B structuré, impliquant principalement de grandes entreprises et des partenaires logistiques institutionnels. Cette orientation limite l'inclusion des chauffeurs indépendants et des petits transporteurs, qui constituent pourtant la majorité du tissu opérationnel dans de nombreux marchés africains.

De plus, la dépendance à des infrastructures logistiques relativement organisées et à une intégration progressive des systèmes financiers numériques rend son déploiement difficilement transférable vers des marchés où la fragmentation des acteurs et l'informalité dominant encore, comme c'est le cas en Algérie.

1.2.5 Lori Systems (Kenya, 2016)

Lori Systems, créée en 2016 au Kenya, est une plateforme logistique spécialisée dans l'optimisation du fret routier en Afrique de l'Est. Elle se distingue par l'utilisation de techniques d'optimisation algorithmique visant à améliorer le taux de remplissage des camions et à réduire les coûts de transport, notamment dans le secteur des matières premières et des marchandises en vrac.

Les études opérationnelles associées à Lori Systems montrent des gains significatifs en termes de réduction des coûts logistiques, atteignant jusqu'à environ 18

Néanmoins, le modèle de Lori Systems présente plusieurs limites dans une perspective de généralisation. D'une part, son implantation reste concentrée sur des corridors logistiques spécifiques en Afrique de l'Est, ce qui limite sa couverture géographique et sa capacité d'adaptation à des réseaux nationaux fragmentés. D'autre part, la plateforme cible principalement des flux B2B structurés, excluant largement les transporteurs indépendants et les petites exploitations, qui jouent un rôle central dans les marchés nord-africains.

Ainsi, bien que ces deux plateformes démontrent la faisabilité du *Digital Freight Matching* en contexte africain, leur architecture et leur modèle économique ne répondent pas entièrement aux contraintes spécifiques du marché algérien.

TABLE 1.3 – Analyse comparative des solutions de fret numérique

Critère	Informel	TMS	Uber Freight	Kobo360
Présence Algérie	Oui	Partiel	Non	Non
Accès chauffeurs indép.	Oui	Non	Oui	Non
Gestion de flotte	Non	Oui	Non	Partiel
Suivi GPS temps réel	Non	Partiel	Oui	Oui
Interface AR / FR	Oui	Partiel	Non	Non
Paiement local (DZ)	Oui	Non	Non	Non
Accessible PME	Oui	Non	Oui	Non
Réduction retours vide	Non	Partiel	Oui	Oui

L'analyse révèle un vide total : aucune solution numérique ne cible le marché algérien. Les pratiques informelles dominent par défaut, malgré leurs inefficacités documentées. Les TMS couvrent les grandes entreprises mais excluent les 480 000

transporteurs privés. Les plateformes africaines sont absentes du Maghreb et Uber Freight n'opère qu'en Amérique du Nord.

L'objectif de la solution proposée est de combler ce vide en combinant les meilleures pratiques de ces solutions existantes — algorithmes de mise en relation, géolocalisation en temps réel, optimisation VRP — avec une adaptation complète au contexte local en termes de langue, de moyens de paiement et de réglementation.

1.3 Conclusion

En Algérie, les retours à vide révèlent un problème structurel profond dans le secteur du transport routier. Avec environ 480 000 transporteurs et 745 000 camions opérant sans coordination numérique, une part significative des kilomètres parcourus génère des coûts sans revenus correspondants.

La revue des solutions existantes met en évidence l'absence d'une offre numérique adaptée au marché algérien. Les pratiques informelles demeurent prédominantes par défaut, tandis que les TMS se limitent principalement aux grandes structures. Les solutions africaines et mondiales ne sont ni présentes au Maghreb ni adaptées aux spécificités locales.

Dans ce contexte, le chapitre suivant présente l'analyse formelle des besoins, la conception du système et les choix architecturaux retenus pour répondre à la problématique identifiée.

Analyse des Besoins et Conception

« Un système bien spécifié est à moitié réalisé. »

— Grady Booch

La conception d'un système logiciel rigoureux exige une analyse approfondie des besoins avant toute implémentation. Ce chapitre identifie les cinq parties prenantes de la plateforme et leurs objectifs, priorise les fonctionnalités via la méthode **MoS-CoW**, puis formalise les **27 besoins fonctionnels** et **12 besoins non-fonctionnels** du système. Ces spécifications sont ensuite modélisées à travers des diagrammes UML : cas d'utilisation, séquences, machine à états et diagramme de classes. Le chapitre se conclut par la présentation de l'architecture trois tiers retenue et des choix technologiques qui la sous-tendent.

2.1 Identification des parties prenantes

Avant de formaliser les besoins, il est essentiel d'identifier précisément les acteurs concernés par la plateforme et leurs objectifs respectifs. Le tableau 2.1 présente les cinq profils d'utilisateurs de la plateforme, en précisant pour chacun le problème rencontré dans la pratique actuelle et l'objectif attendu avec la solution développée.

TABLE 2.1 – Parties prenantes et leurs objectifs

Acteur		Problème actuel	Objectif avec la plateforme
Client	(Expéditeur)	Trouver un camion prend du temps, pas de traçabilité.	Publier une demande, recevoir des offres en minutes, suivre sa livraison en direct.
Chauffeur	Indépendant	Retours à vide fréquents, manque de charges régulières.	Trouver du fret disponible, augmenter son taux de remplissage.
Propriétaire	de	Gestion manuelle dispersée, pas de visibilité en temps réel.	Gérer sa flotte depuis une interface unique, affecter les missions, optimiser les trajets.
Chauffeur	de	Reçoit ses missions par téléphone, pas de traçabilité.	Rejoindre la flotte via invitation sécurisée, recevoir ses missions et partager sa position GPS.
Administrateur		Maintenance et modération de la plateforme.	Superviser les inscriptions, gérer les litiges, monitorer les transactions.

2.2 Méthode de capture des exigences : MoSCoW

Dans notre projet, nous avons utilisé la méthode MoSCoW (Must Have, Should Have, Could Have, Won't Have) afin de définir les exigences de notre système. En effet, il s'agit d'une technique de priorisation des exigences largement utilisée dans la gestion de projets agiles. Elle permet de distinguer les fonctionnalités indispensables à la première version de l'application de celles qui peuvent être reportées à des versions ultérieures [6].

Elle est définie comme suit :

Must have : Fonctionnalités indispensables sans lesquelles l'application n'a aucune

valeur.

Should have : Fonctionnalités importantes mais non bloquantes pour le lancement.

Could have : Fonctionnalités souhaitables qui améliorent l'expérience utilisateur.

Won't have : Fonctionnalités explicitement exclues de la version actuelle et planifiées pour une version future.

Le tableau 2.3 présente l'application de cette méthode pour définir les fonctionnalités de notre système.

TABLE 2.3 – Définition des fonctionnalités selon la méthode MoSCoW

Priorité	Fonctionnalité	Justification
Must have	Inscription / Connexion	Sans authentification sécurisée, aucune action n'est possible
	Publication d'une demande de transport	Fonctionnalité cœur côté expéditeur
	Séparation marché ouvert / flotte privée	Fondement architectural du système de mise en relation
	Soumission et acceptation d'une offre	Mécanisme fondamental du matching
	Affichage de l'état du trajet	Visibilité minimale pour le client et le chauffeur
	Suivi GPS en temps réel	Différenciateur clé du système
	Gestion de flotte et assignation de mission	Nécessaire pour les propriétaires de flotte
	Invitation par code pour chauffeurs de flotte	Ajout sécurisé des chauffeurs employés
Should have	Notifications temps réel	Améliore la réactivité du système
	Optimisation des tournées (VRP)	Réduction des coûts logistiques
	Génération de facture PDF	Traçabilité financière et conformité légale

Suite page suivante...

Priorité	Fonctionnalité	Justification
	Confirmation de paiement	Suivi des transactions
Could have	Calcul d'ETA dynamique	Estimation du temps d'arrivée
	Historique des trajets	Analyse des anciennes missions
	Tableau de bord analytique	Statistiques pour les flottes
	Paie-ment mobile intégré	Complexité réglementaire
Won't have	Interface en multilingue	Reporté à une version future
	Application web dash-board	Version mobile prioritaire

2.3 Définition des spécifications fonctionnelles et non-fonctionnelles

2.3.1 Spécifications Fonctionnels

Les spécifications fonctionnelles décrivent l'ensemble des services et fonctionnalités qu'un système doit fournir afin de répondre aux besoins des utilisateurs. Elles précisent les actions que le système est capable d'exécuter, indépendamment de la manière dont elles sont implémentées. Elles traduisent les exigences des utilisateurs en comportements observables du système. Elles permettent de définir clairement le périmètre fonctionnel du projet.

Les tableaux suivants formalisent les 28 besoins fonctionnels répartis sur 6 modules.

2.3.1.1 Module Authentification et Profil

Tableau 2.4 présente les fonctionnalités du module d'authentification et de gestion du profil, couvrant l'ensemble des mécanismes d'accès à la plateforme, de l'inscription selon les différents rôles jusqu'à la déconnexion sécurisée.

TABLE 2.4 – BF – Authentification et Profil

ID	Intitulé	Description	Priorité
BF01	Inscription multi-rôle	Créer un compte avec téléphone, nom, email, mot de passe et rôle parmi : Client, Chauffeur Indépendant, Propriétaire de Flotte, Chauffeur de Flotte.	Élevée
BF02	Inscription par code d'invitation	Le Chauffeur de Flotte s'inscrit avec un code d'invitation à 6 caractères généré par son propriétaire de flotte. Code à usage unique, valide 24 heures.	Élevée
BF03	Connexion JWT	Se connecter avec numéro de téléphone et mot de passe. Recevoir un token JWT (24h). Token stocké de façon chiffrée (expo-secure-store).	Élevée
BF04	Gestion du profil	Consulter et modifier ses informations personnelles (nom, téléphone, email).	Moyenne
BF05	Déconnexion	Se déconnecter et supprimer le token du stockage sécurisé.	Moyenne

2.3.1.2 Module Gestion des Demandes de Transport (Client)

Tableau 2.5 présente les fonctionnalités associées au module de gestion des demandes de transport côté client, couvrant l'ensemble du cycle de vie d'une demande, de sa publication jusqu'à son historique.

TABLE 2.5 – BF – Gestion des Demandes de Transport

ID	Intitulé	Description	Priorité
BF06	Publication d'une demande	Créer une demande de transport avec : type de marchandise (GENERAL, PERISSABLE, DANGEREUX, FRAGILE, VOLUMINEUX, LIQUIDE), poids, adresses géolocalisées (sélection sur carte), prix proposé, et type de marché (OUVERT ou FLOTTE).	Élevée
BF07	Consultation des offres reçues	Voir en accordéon toutes les offres reçues par demande, triées par prix.	Élevée
BF08	Acceptation d'une offre	Accepter une offre déclenche la création du trajet et le rejet automatique de toutes les autres offres en attente.	Élevée
BF09	Annulation d'une demande	Annuler une demande dont le statut est DISPONIBLE.	Moyenne
BF10	Historique des demandes	Consulter toutes ses demandes triées par statut : DISPONIBLE en premier, EN MISSION après, LIVREE en dernier.	Faible

2.3.1.3 Module Matching et Offres

Tableau 2.6 présente les fonctionnalités du module de matching et d'offres, qui régissent la mise en relation entre les chauffeurs indépendants et les clients ayant publié des demandes de transport de type OUVERT.

TABLE 2.6 – BF – Matching et Offres

ID	Intitulé	Description	Priorité
BF11	Consultation du marché ouvert	Le Chauffeur Indépendant consulte uniquement les demandes DISPONIBLES de type OUVERT. Les demandes FLOTTE sont invisibles. Affichage sur carte avec épingles géolocalisées.	Élevée
BF12	Soumission d'une offre	Soumettre une offre tarifaire pour une demande OUVERT : prix proposé, véhicule sélectionné, délai de ramassage. Bloqué si le chauffeur est déjà en mission active.	Élevée
BF13	Consultation des offres soumises	Le chauffeur consulte l'historique de ses offres et leur statut (EN_ATTENTE, ACCEPTEE, REFUSEE).	Moyenne
BF14	Notification de nouvelle offre	Le client reçoit une notification temps réel dès qu'un chauffeur soumet une offre sur sa demande.	Élevée

2.3.1.4 Module Gestion de Flotte (Propriétaire de Flotte)

Tableau 2.7 présente les fonctionnalités du module de gestion de flotte réservé au propriétaire de flotte, couvrant le processus d'intégration des chauffeurs, l'assignation des véhicules et des missions, ainsi que l'optimisation logistique par algorithme VRP.

TABLE 2.7 – BF – Gestion de Flotte

ID	Intitulé	Description	Priorité
BF15	Génération de codes d'invitation	Générer un code d'invitation pour onboarder un chauffeur.	Élevée
BF16	Affectation de véhicule à un chauffeur	Ajouter un véhicule (type, capacité kg ou m3, immatriculation) et l'assigner à un chauffeur de la flotte via le champ assignedDriverId.	Élevée

BF17	Consultation des demandes FLOTTE	Voir uniquement les demandes de type FLOTTE disponibles. Les demandes OUVERT sont invisibles pour ce rôle.	Élevée
BF18	Assignation directe de mission	Assigner directement une demande FLOTTE à un chauffeur et son véhicule, sans passer par le système d'offres. Validation : le véhicule doit être assigné au chauffeur, le chauffeur doit être libre.	Élevée
BF19	Optimisation VRP des assignations	Lancer l'algorithme VRP (ORS Matrix) qui suggère les meilleures assignations pour minimiser les kilomètres à vide. Le propriétaire valide ou rejette chaque suggestion .	Élevée
BF20	Tableau de bord flotte	Visualiser : nombre de chauffeurs, véhicules disponibles/total, trajets actifs, trajets totaux. Métriques VRP : km à vide économisés, efficacité (%)	Moyenne

2.3.1.5 Module Exécution de Mission (Chauffeurs)

Tableau 2.8 présente les besoins fonctionnels relatifs à l'exécution des missions par les chauffeurs, couvrant l'avancement des statuts du trajet, le partage de position GPS et la réception de mission pour les chauffeurs de flotte.

TABLE 2.8 – BF – Exécution de Mission

ID	Intitulé	Description	Priorité
BF21	Affichage de l'états du trajet	Afficher le statut du trajet selon la séquence : PLANIFIE → EN_ROUTE_RAMASSAGE → CHARGEMENT → EN_ROUTE_LIVRAISON → LIVRE. Chaque transition met à jour le statut de la demande associée.	Élevée
BF22	Réception de mission (Chauffeur de Flotte)	Le Chauffeur de Flotte reçoit ses missions directement. Il ne consulte pas le marché ouvert.	Élevée

BF23	Suivi GPS temps réel multi-missions	Afficher toutes les missions actives sur un écran dédié (onglet Missions). Chaque mission affiche son statut et permet d'accéder à la carte temps réel avec la position du chauffeur.	Élevée
BF24	ETA dynamique	Calculer l'ETA via l'API ORS (route réelle) ou Haversine (fallback hors ligne). Recalcul à chaque mise à jour GPS.	Moyenne
BF25	Notification de mise à jour de statut	Le client reçoit une notification dès que le chauffeur avance le statut du trajet. L'onglet Missions se met à jour en temps réel sans re-chargement manuel.	Élevée

2.3.1.6 Module Suivi, Paiement et Facturation (Client)

Le tableau 2.9 présente les fonctionnalités du module de suivi, paiement et facturation côté client, couvrant le suivi GPS en temps réel des missions actives, le calcul dynamique de l'ETA, ainsi que la confirmation du paiement et la génération de factures PDF après livraison.

TABLE 2.9 – BF – Paiement et Facturation

ID	Intitulé	Description	Priorité
BF26	Confirmation de paiement	Confirmer le paiement (CASH, EDAHABIA, BARIDIMOB, VIREMENT) après livraison.	Élevée
BF27	Téléchargement de facture PDF	Générer et télécharger une facture PDF (format A4 après livraison. Disponible pour le client et le chauffeur.	Élevée

2.3.2 Spécifications Non-Fonctionnels

Les spécifications non fonctionnelles définissent les contraintes et les critères de qualité qu'un système doit respecter lors de son fonctionnement. Elles ne décrivent pas les fonctionnalités, mais la manière dont le système doit les exécuter. Elles concernent des aspects tels que la performance, la sécurité, et la disponibilité. Elles permettent d'évaluer la qualité globale du système et son efficacité en conditions réelles.

Le tableau 2.10 liste les 12 besoins non fonctionnels du système, ainsi que leurs métriques de validation que nous souhaitons intégrer dans notre système.

TABLE 2.10 – Besoins non-fonctionnels du système

ID	Catégorie	Exigence	Métrique
BNF01	Performance	Temps de réponse API rapide	≤ 500 ms
BNF02	Performance	Délai de mise à jour GPS côté client	≤ 5 s
BNF03	Performance	Calcul VRP (flotte 20 véhicules)	≤ 3 s
BNF04	Disponibilité	Disponibilité du système	$\geq 99\%$
BNF05	Sécurité	Chiffrement des communications	TLS 1.3
BNF06	Sécurité	Expiration des tokens JWT	24 heures
BNF07	Sécurité	Hachage des mots de passe	bcrypt-12
BNF08	Sécurité	Contrôle d'accès basé sur les rôles	RBAC serveur
BNF09	Scalabilité	Utilisateurs simultanés supportés	10 000
BNF10	Portabilité	Compatibilité mobile minimale	Android 8+
BNF11	Robustesse	Calcul de route hors connexion ORS	Haversine fallback
BNF12	Robustesse	Notifications non-bloquantes	try/except isolé

2.3.3 Synthèse des exigences

Le système comprend au total **27 besoins fonctionnels** répartis sur 6 modules, et **12 besoins non-fonctionnels**

Tableau 2.13 présente le récapitulatif quantitatif des besoins, organisés selon leur priorité.

TABLE 2.12 – Récapitulatif quantitatif des besoins fonctionnels

Module	Élevée	Moyenne	Faible	Total
Authentification & Profil	3	2	0	5
Gestion des Demandes (Client)	3	1	1	5
Matching & Offres	3	1	0	4
Gestion de Flotte (Propriétaire)	5	1	0	6
Exécution de Mission (Chauffeurs)	4	1	0	5
Suivi, Paiement & Facturation	2	0	0	2
Total	20	6	1	27

2.3.4 Diagrammes des Cas d'Utilisation

La plateforme **TransportDZ** repose sur une architecture fonctionnelle multi-acteurs, structurée autour de trois vues complémentaires. Le système distingue deux marchés fondamentaux : le **marché ouvert**, accessible uniquement aux Chauffeurs Indépendants, et le **marché flotte**, réservé exclusivement aux Propriétaires de Flotte et à leurs chauffeurs. Chaque acteur dispose d'un périmètre fonctionnel strictement délimité : le **Client** publie ses demandes et suit ses livraisons ; le **Chauffeur Indépendant** consulte le marché ouvert et soumet des offres de prix ; le **Propriétaire de Flotte** gère ses véhicules et chauffeurs et assigne les missions ; le **Chauffeur de Flotte** reçoit et exécute les missions qui lui sont assignées. Les cas d'utilisation *Connexion / Inscription* et *Gérer son profil* sont transversaux à tous les acteurs et apparaissent dans chacune des vues ci-dessous.

2.3.4.1 Vue Client

Ce diagramme (figure 2.1) décrit le parcours complet d'un client sur la plateforme. Après authentification, le client publie une demande de transport ; cette action déclenche la réception d'offres de la part des chauffeurs disponibles. Le client consulte ces offres, en accepte ou en refuse une, puis suit sa livraison en temps réel grâce au partage de position GPS du chauffeur. À la livraison, il confirme le paiement, évalue le chauffeur, et peut enfin télécharger la facture PDF correspondante. Le flux est entièrement séquentiel : chaque cas d'utilisation *étend* le précédent, matérialisant ainsi les étapes obligatoires du cycle de vie d'une commande.

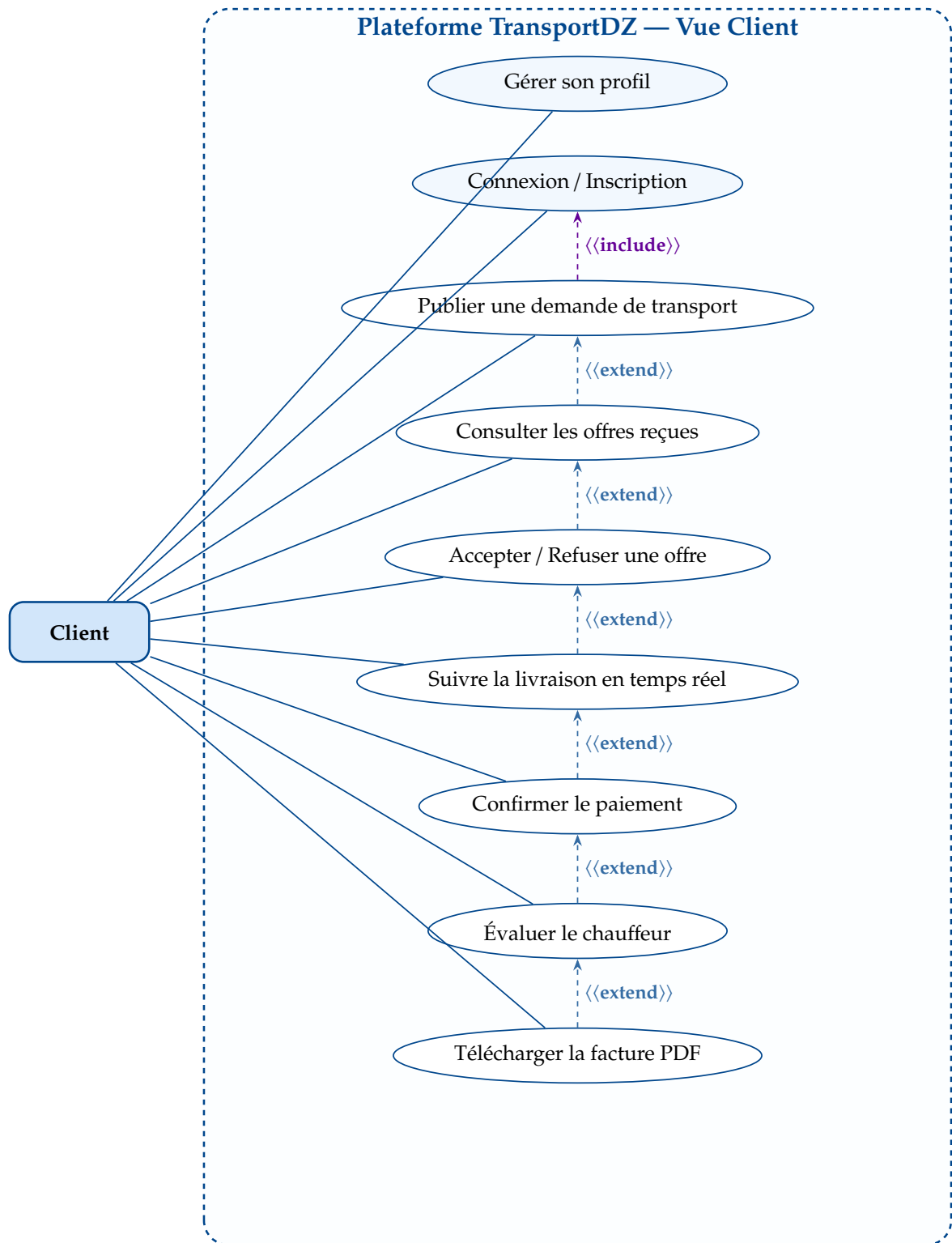


FIGURE 2.1 – Diagramme des cas d'utilisation — Client (TransportDZ)

2.3.4.2 Vue Chauffeur Indépendant

Ce diagramme (figure 2.2) représente le cycle d'activité d'un chauffeur opérant en totale autonomie sur le marché ouvert. Une fois connecté, il consulte les demandes de transport publiées par les clients et soumet une offre de prix compétitive. Si son offre est retenue,

il accède à la mission active : il partage obligatoirement sa position GPS et fait avancer le statut du trajet à chaque étape. À l'issue de la mission, il peut consulter son historique de courses. Les relations *include* entre *Gérer la mission*, *Partager sa position GPS* et *Avancer le statut* soulignent le caractère non optionnel de ces actions pendant l'exécution d'une mission.

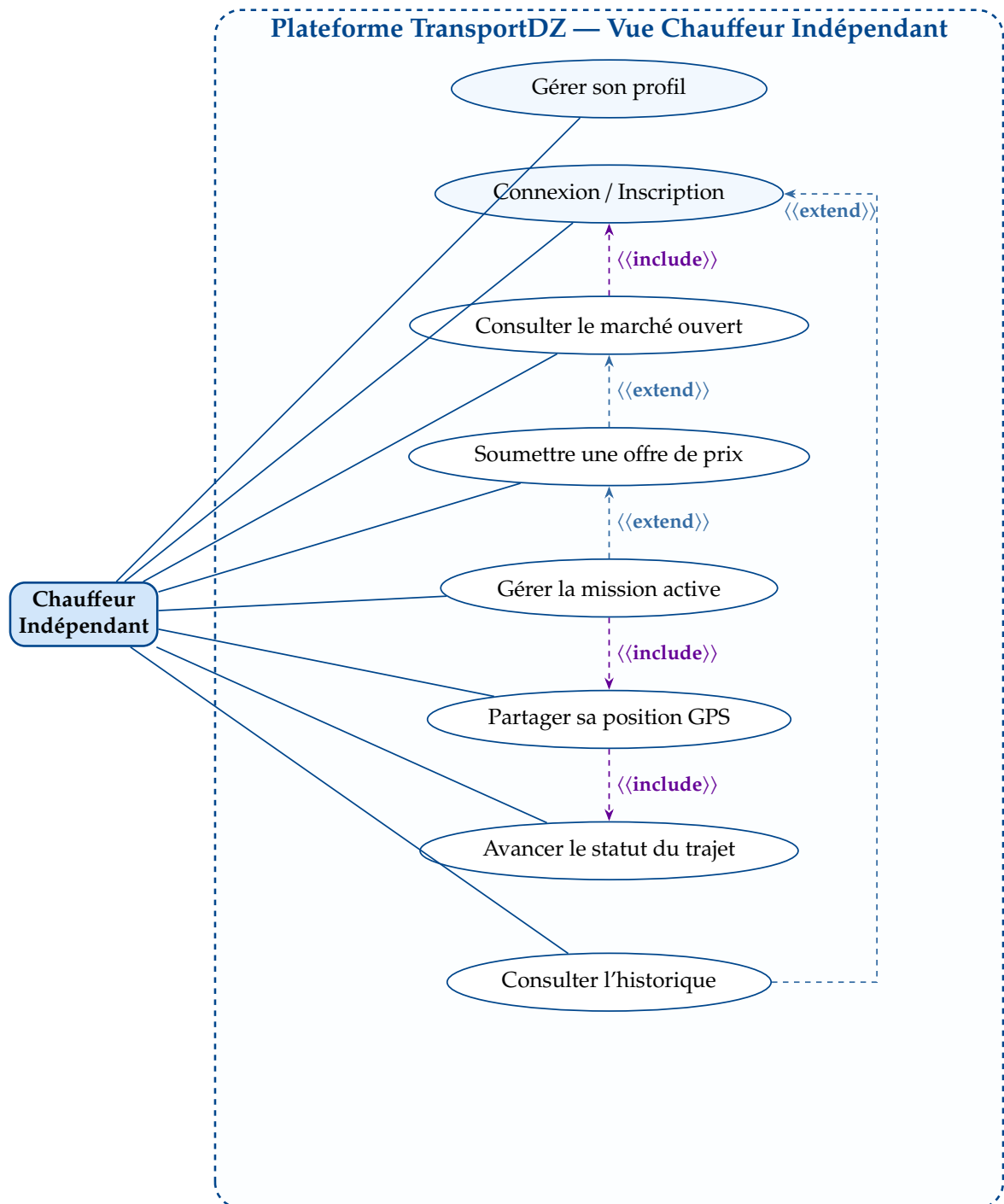


FIGURE 2.2 – Diagramme des cas d'utilisation — Chauffeur Indépendant (TransportDZ)

2.3.4.3 Vue Propriétaire de Flotte & Chauffeur de Flotte

Ce diagramme (figure 2.3) est le plus structuré des trois, car il met en jeu deux acteurs liés par une relation hiérarchique explicite (*emploie*). Le **Propriétaire de Flotte** consulte les demandes qui lui sont adressées via le marché flotte, puis peut assigner manuellement une mission à l'un de ses chauffeurs ou déléguer cette décision à un moteur d'optimisation VRP pour une affectation automatique. Il gère par ailleurs l'ensemble de ses véhicules et chauffeurs. Le **Chauffeur de Flotte**, quant à lui, rejoint la flotte en saisissant un code d'invitation, reçoit ses missions assignées, partage obligatoirement sa position GPS et fait avancer le statut du trajet. Le lien *mission assignée* entre *Assigner mission directement* et *Gérer la mission assignée* matérialise le canal de transmission entre les deux acteurs.

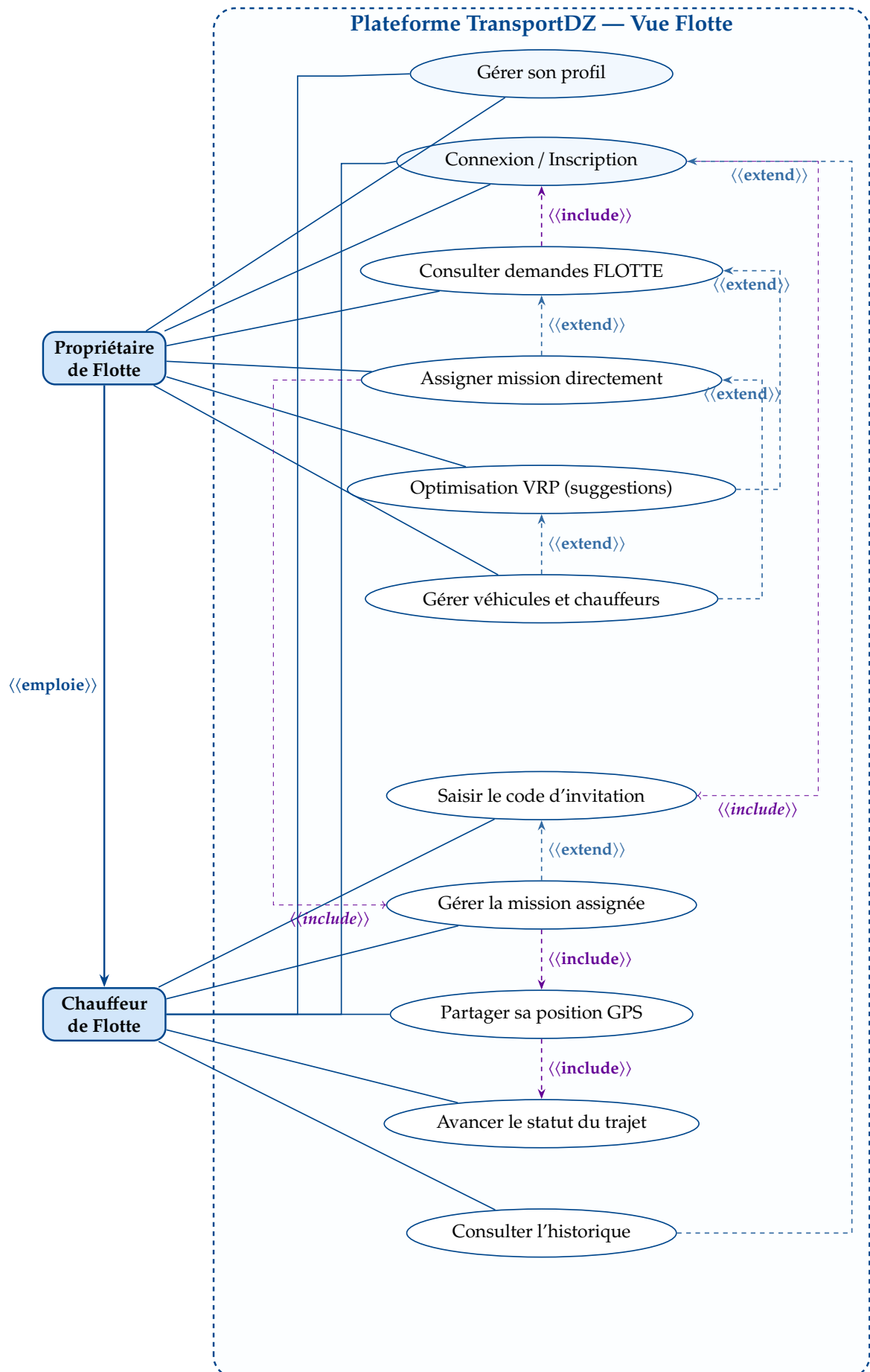


FIGURE 2.3 – Diagramme des cas d'utilisation — Propriétaire de Flotte & Chauffeur de Flotte (TransportDZ)

2.4 Diagramme de Séquence — Marché Ouvert

Figure ?? illustre le flux complet depuis la publication d'une demande de marché OUVERT par le client jusqu'à la création du trajet suite à l'acceptation d'une offre. Ce flux implique quatre acteurs : le Client, l'application mobile, l'API FastAPI et le Chauffeur Indépendant, et se déroule en trois phases : la publication de la demande, la consultation du marché et la soumission d'une offre, puis l'acceptation de l'offre et la création du trajet.

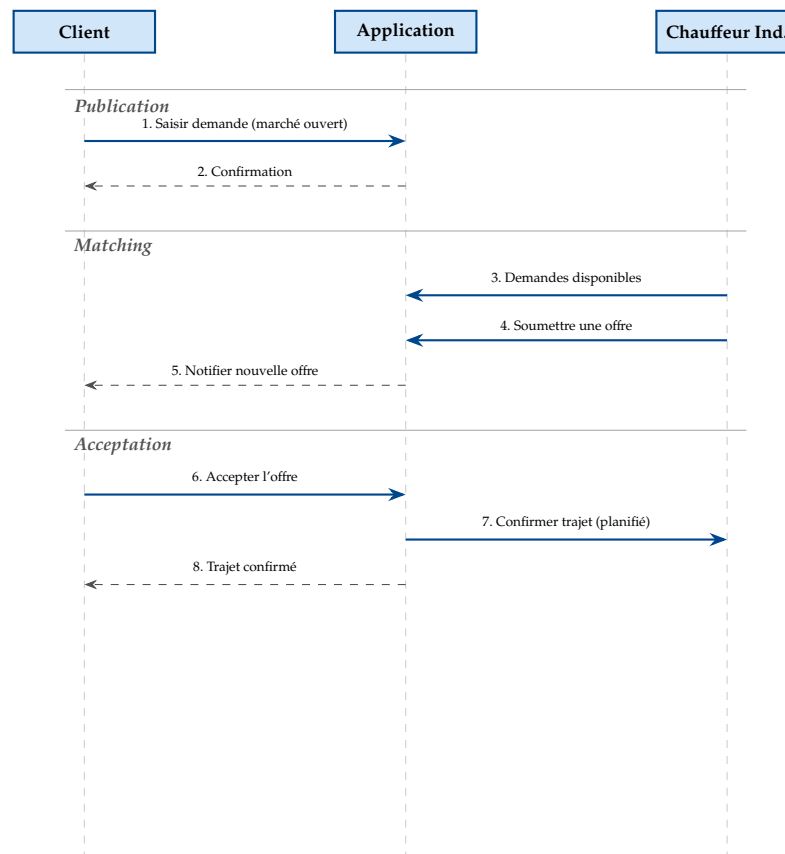


FIGURE 2.4 – Diagramme de séquence simplifié — Marché ouvert : publication et matching par offres

2.5 Diagramme de Séquence — Marché Flotte

Figure ?? illustre le flux spécifique au marché FLOTTE, qui se distingue fondamentalement du marché ouvert par l'absence du système d'offres. Ce flux implique quatre acteurs : le Propriétaire de Flotte, l'application mobile, l'API FastAPI et le Chauffeur de Flotte. Il présente deux options d'assignation exclusives : l'**Option A** correspond à une assignation directe par le propriétaire, tandis que l'**Option B** fait appel au moteur d'optimisation VRP qui calcule les meilleures assignations via l'API ORS Matrix et les soumet au propriétaire sous forme de suggestions qu'il valide individuellement avant toute création de trajet.

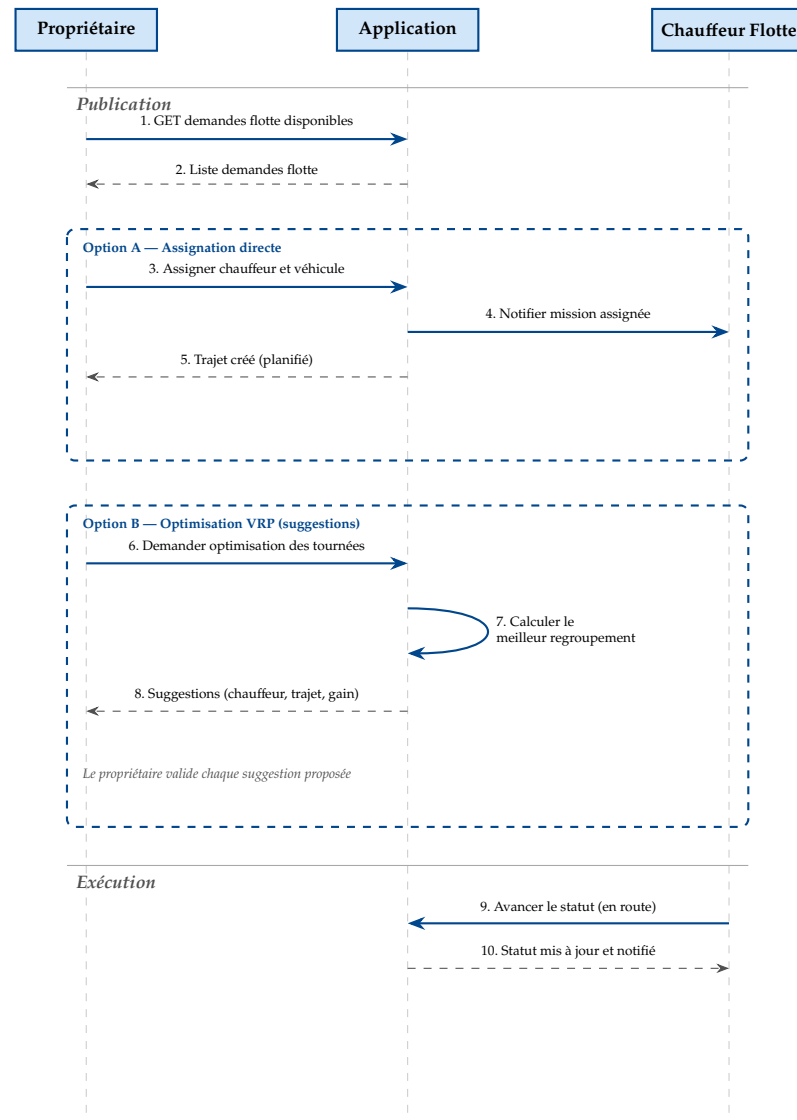


FIGURE 2.5 – Diagramme de séquence simplifié — Marché flotte : assignment directe et optimisation VRP

2.6 Diagramme de Séquence — Suivi GPS Temps Réel

Figure ?? illustre le mécanisme de suivi GPS en temps réel via WebSocket. Ce flux implique cinq acteurs : le Chauffeur, l'API FastAPI, Redis, MongoDB et le Client. Il se déroule en deux phases principales : une **boucle de mise à jour** (étapes 3 à 10) qui se répète toutes les 5 secondes durant les statuts `EN_ROUTE_RAMASSAGE` et `EN_ROUTE_LIVRAISON`, où chaque position GPS est stockée dans Redis avec un TTL de 300 secondes, persistée dans MongoDB et immédiatement poussée au client via WebSocket sans rechargement manuel de l'interface ; et une **phase de clôture** (étapes 11 à 15) déclenchée lorsque le chauffeur confirme la livraison, qui récupère la dernière position depuis Redis, met à jour la position du véhicule dans MongoDB, le remet au statut `DISPONIBLE` et notifie le client du statut `LIVRÉ`.

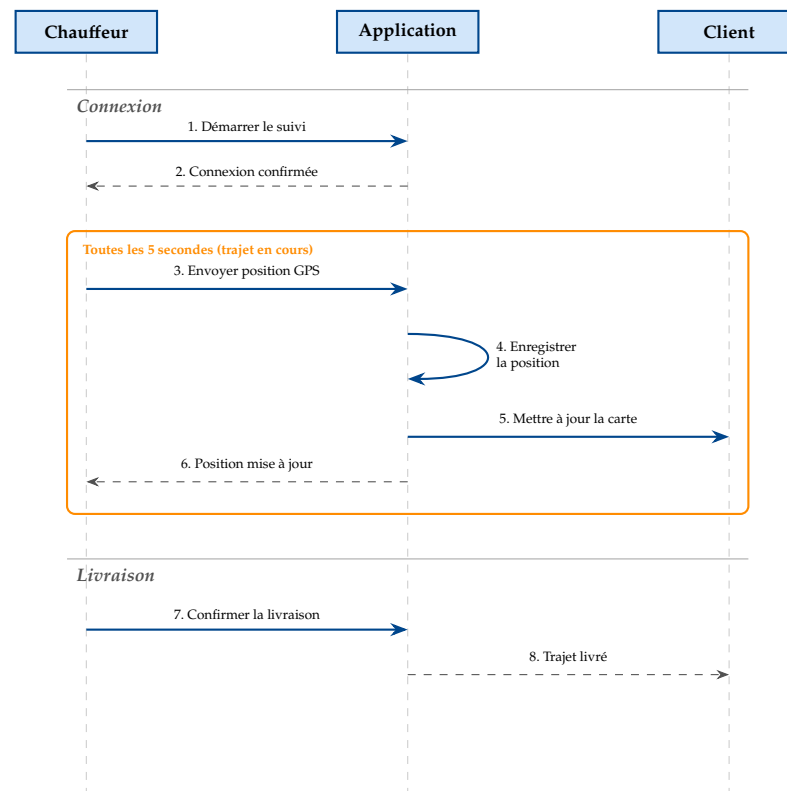


FIGURE 2.6 – Diagramme de séquence simplifié — Suivi GPS en temps réel et mise à jour interface

2.7 Diagramme de Séquence —le processus d’intégration par Code d’Invitation

Figure ?? illustre le mécanisme du processus d’intégration sécurisé des chauffeurs de flotte via un code d’invitation à usage unique. Ce flux implique quatre acteurs : le Propriétaire de Flotte, l’API FastAPI, MongoDB et le Chauffeur de Flotte. Il se déroule en trois phases : la **génération du code** (étapes 1 à 4) où le propriétaire génère un code à 6 caractères sans ambiguïté, valide 24 heures et stocké dans MongoDB ; l’**inscription du chauffeur** (étapes 5 à 10) où le chauffeur utilise ce code lors de son inscription, l’API vérifie sa validité et son expiration, le marque comme utilisé, puis crée le compte avec le rôle `CHAUFFEUR_FLOTTE` et l’attribut `employeurId` liant définitivement le chauffeur à la flotte du propriétaire ; et enfin la **consultation des invitations** (étapes 11 à 12) permettant au propriétaire de vérifier quels codes ont été utilisés et par quel numéro de téléphone.

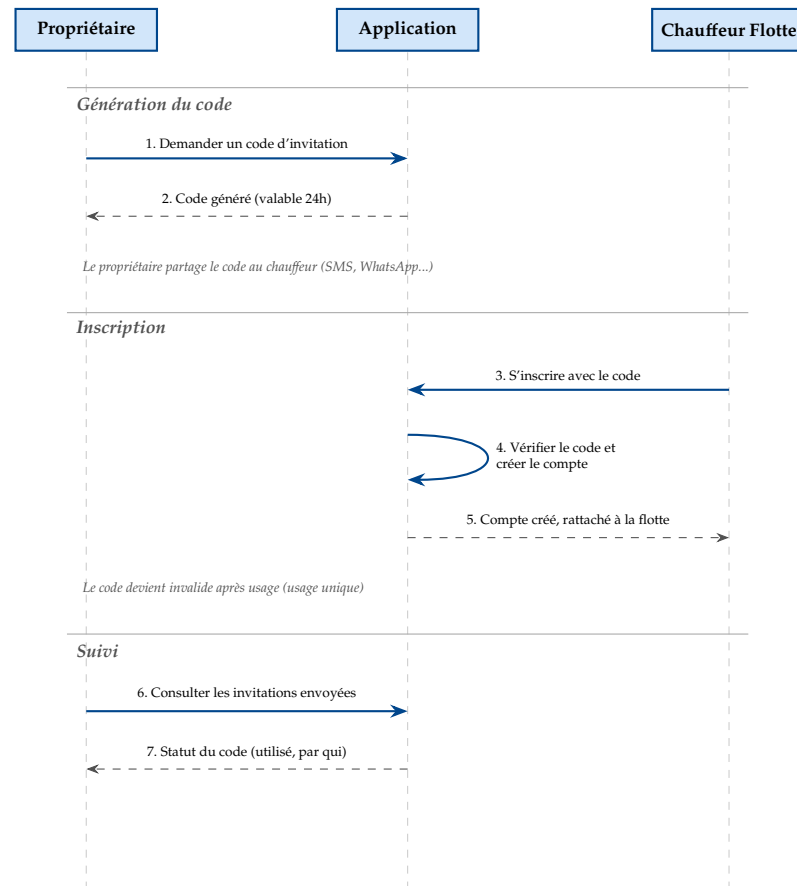


FIGURE 2.7 – Diagramme de séquence simplifié — Processus d'intégration par code d'invitation

2.8 Diagramme de Classes

Figure 2.8 présente le diagramme de classes du système TransportDZ, reflétant les sept collections MongoDB principales et leurs relations. On y distingue les entités centrales du système : **User** qui regroupe les cinq rôles de la plateforme, **Charge** qui représente les demandes de transport avec leur type de marché (OUVERT ou FLOTTE), **Offre** qui modélise les propositions tarifaires des chauffeurs indépendants, **Trajet** qui encapsule l'exécution d'une mission avec sa machine à états, **Vehicule** qui porte les informations du parc et la position GPS persistée, **InviteCode** qui gère les codes du processus d'intégration à usage unique, et **Notification** qui centralise les événements temps réel. Les relations entre ces entités traduisent les contraintes métier fondamentales : un trajet est lié à une seule charge et un seul chauffeur, un véhicule est assigné à un seul chauffeur de flotte, et un code d'invitation est rattaché à un seul propriétaire.

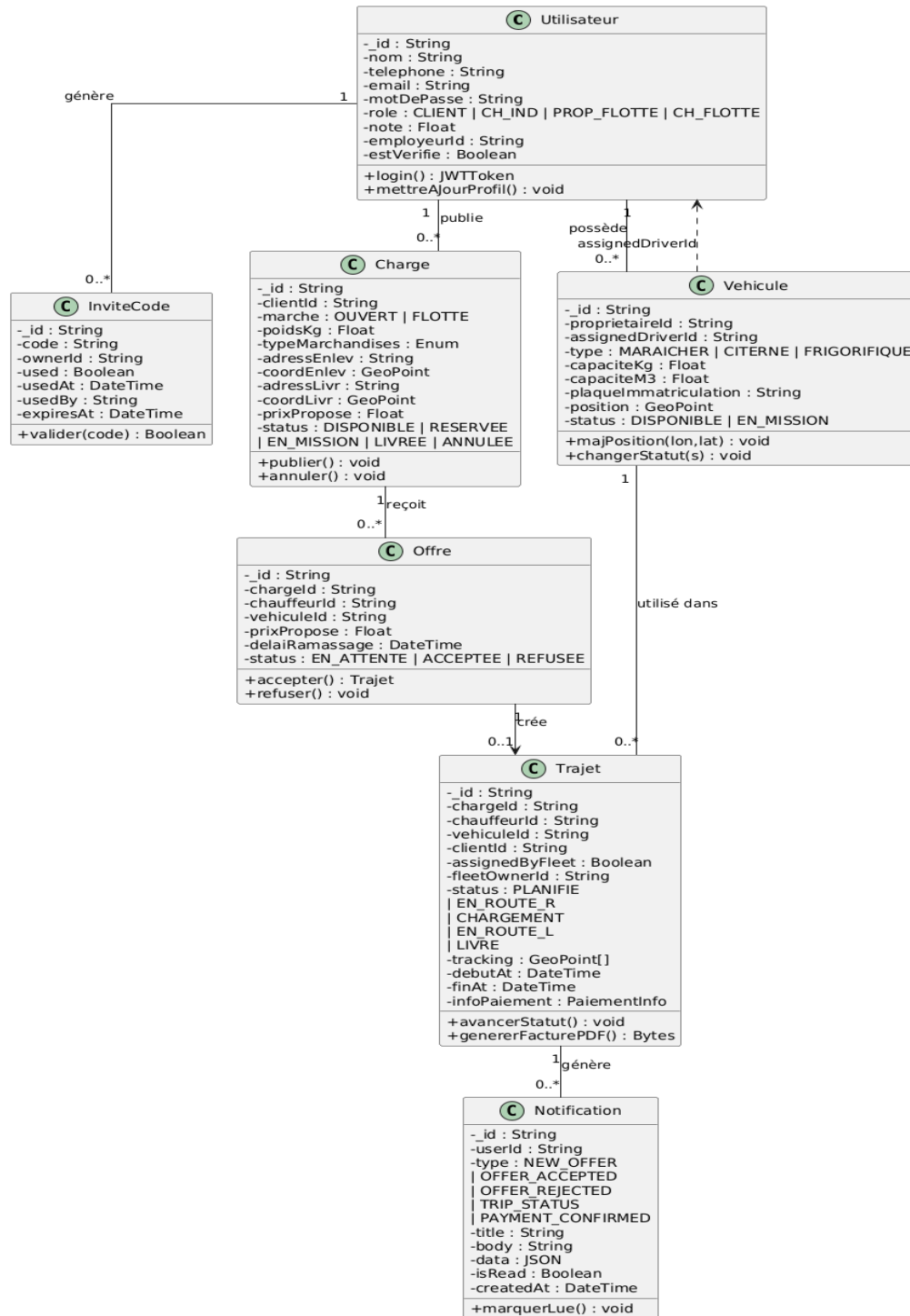


FIGURE 2.8 – Diagramme de classes principal du système TransportDZ

2.9 Architecture Technique

La plateforme repose sur une architecture trois tiers adaptée aux contraintes d’une application mobile temps réel :

- **Couche présentation** : Application mobile React Native avec Expo 54 et Expo Router (navigation basée sur le système de fichiers). Zustand pour la gestion d’état global.
- **Couche métier** : API RESTful FastAPI 0.110 (Python 3.12) avec serveur WebSocket intégré pour les notifications et le suivi GPS. L’algorithme VRP asynchrone tourne dans le même processus.
- **Couche données** : MongoDB (base `transport_db`) avec Motor (driver `asyncio`). Redis pour le cache GPS temps réel (TTL 300s).

2.9.1 Séparation de marché — décision architecturale centrale

La distinction entre marché **OUVERT** et marché **FLOTTE** est appliquée exclusivement côté serveur. Cette séparation constitue le fondement architectural du système : aucune logique de filtrage n’est confiée au client mobile, garantissant ainsi qu’un acteur malveillant ne puisse pas contourner les restrictions en manipulant l’application. Les quatre endpoints suivants matérialisent cette séparation :

- GET `/api/v1/loads` : endpoint destiné aux Chauffeurs Indépendants. Il applique automatiquement le filtre `marche=OUVERT` sur la collection MongoDB, rendant les demandes de type FLOTTE totalement invisibles pour ce rôle.
- POST `/api/v1/offers` : endpoint de soumission d’offre. Il vérifie que la demande ciblée est bien de type OUVERT avant d’enregistrer l’offre. Toute tentative de soumission sur une charge FLOTTE est rejetée avec une erreur 403.
- GET `/api/v1/fleet/available-loads` : endpoint réservé aux Propriétaires de Flotte. Il applique le filtre inverse `marche=FLOTTE`, rendant les demandes du marché ouvert invisibles pour ce rôle.
- POST `/api/v1/fleet/optimize` : endpoint du moteur VRP. Il ne traite que les charges de type FLOTTE disponibles, garantissant que l’optimisation ne porte jamais sur des demandes du marché ouvert.

2.10 Conclusion

Ce chapitre a posé les bases formelles du système développé. La méthode MoSCoW a permis de structurer 28 besoins fonctionnels et 12 besoins non-fonctionnels en une feuille de route claire.

La distinction architecturale entre marché OUVERT et marché FLOTTE structure l’ensemble du modèle et se reflète dans chaque artefact produit : diagramme des cas d’utilisation, quatre diagrammes de séquence, machine à états et diagramme de classes.

L'architecture retenue (React Native + Expo Router, FastAPI, MongoDB, Redis, WebSocket) garantit les performances temps réel nécessaires au suivi GPS et à la notification instantanée. Le chapitre suivant présente la réalisation concrète : environnement de développement, implémentation technique, interfaces utilisateur et validation.

Réalisation et Validation

« *Le code est la seule vérité absolue du projet.* » [11]

— Robert C. Martin, *Clean Code*, 2008

Ce chapitre traduit les spécifications établies au chapitre précédent en un système mobile fonctionnel et testé. Nous commençons par décrire l’environnement de développement et la stack technologique utilisée, puis nous détaillons les choix d’implémentation côté backend : endpoints RESTful, contrôle d’accès RBAC, moteur VRP et notifications WebSocket. Les interfaces utilisateur de chaque profil sont ensuite présentées à travers des captures d’écran du système réel. Le chapitre se conclut par la validation des critères de performance, la documentation des bugs rencontrés, et un positionnement comparatif face aux solutions existantes.

3.1 Environnement de Développement

3.1.1 Matériel et Système d’Exploitation

Le développement de la plateforme TransportDZ a été réalisé sur un poste de travail équipé d’un processeur **Intel Core i5 (8^e génération)** et de **8 Go de RAM DDR4**, tournant sous **Windows 11**. L’éditeur de code utilisé est **Visual Studio Code 1.90**, reconnu pour sa légèreté et la richesse de ses extensions pour le développement Python et React Native. La gestion de version a été assurée via **Git 2.44** avec un dépôt distant hébergé sur **GitHub**. Les endpoints de l’API ont été testés directement depuis l’interface **Swagger UI** générée automatiquement par FastAPI à l’adresse /docs. Le déploiement et les tests mobiles ont été effectués via **Expo Go** sur deux appareils Android physiques, permettant de valider le comportement temps réel de l’application dans des conditions proches de la production.

3.1.2 Langages, Frameworks et Bibliothèques

tableau 3.1 présente l'ensemble des technologies retenues pour le développement de la plateforme TransportDZ. Pour chaque composant du système, la technologie choisie est justifiée par ses caractéristiques techniques et son adéquation aux contraintes du projet : performances temps réel, support natif des WebSockets, compatibilité mobile Android, sécurité des données et robustesse en cas d'indisponibilité des services externes.

TABLE 3.1 – Technologies retenues et justification

Composant	Technologie	Justification
Frontend mobile	React Native + Expo 54	Déploiement Android natif, accès GPS et stockage sécurisé natif.
Navigation	Expo Router	Groupes de routes par rôle : (client), (chauffeur), (flotte). Hydratation automatique des paramètres.
État global	Zustand	Stores légers sans Provider : auth.store, trips.store, notifications.store.
Backend API	Python FastAPI 0.110	Performances élevées, support natif WebSocket, documentation OpenAPI automatique.
Base de données	MongoDB (transport_db)	Schéma flexible, requêtes géospatiales (2dsphere), driver async Motor.
Cache GPS temps réel	Redis	Clés <code>driver:location:{id}</code> TTL 300s.
Calcul d'itinéraires	ORS API + Haversine	ORS (driving-hgv) pour routes réelles. Haversine silencieux si ORS indisponible.
Cartographie mobile	Leaflet.js via WebView	Protocole JSON bidirectionnel pour contrôle depuis React Native.
Stockage token	expo-secure-store	Chiffrement natif Keychain/Keystore. Jamais AsyncStorage pour les tokens JWT.
PDF factures	ReportLab (Python)	Génération A4 côté serveur.
Authentification	JWT (python-jose)	Tokens 24h, rôle encodé, vérification RBAC serveur.

3.1.3 Structure des Répertoires

tableau 3.3 présente l'organisation des répertoires du projet, structurée en deux parties : le backend développé avec FastAPI et le frontend développé avec React Native et Expo.

Chaque répertoire est accompagné d'une description de son rôle et de son contenu.

TABLE 3.3 – Structure des répertoires backend (FastAPI)

Chemin	Description
backend/main.py	Point d'entrée de l'API. Monte l'ensemble des routeurs et initialise la connexion aux bases de données.
backend/app/routers/	Neuf modules de routes : <code>auth</code> , <code>loads</code> , <code>offers</code> , <code>trips</code> , <code>payments</code> , <code>fleet</code> , <code>notifications</code> , <code>websocket</code> , <code>users</code> . Chaque module correspond à un domaine fonctionnel distinct.
backend/app/models/	Schémas Pydantic de validation des données pour chaque domaine. Garantit la cohérence des données échangées entre le client et le serveur.
backend/app/services/	Logique métier complexe : <code>notification.py</code> (envoi des notifications), <code>gps.py</code> (suivi GPS), <code>optimization.py</code> (moteur VRP), <code>invoice.py</code> (génération PDF).
backend/app/websocket/	Singleton <code>ConnectionManager</code> gérant l'ensemble des connexions <code>WebSocket</code> actives et le push des événements temps réel.
backend/app/database.py	Initialisation de la connexion MongoDB via le driver <code>asyncio Motor</code> .
backend/app/config.py	Paramètres de configuration chargés depuis le fichier <code>.env</code> via <code>Pydantic Settings</code> .

TABLE 3.4 – Structure des répertoires frontend (React Native / Expo)

Chemin	Description
frontend/app/_layout.tsx	Racine de l'application. Assure la vérification de l'authentification et initialise le hook <code>useNotifications</code> pour toute la session.
frontend/app/(client)/	Écrans du Client : accueil, offres, suivi des missions, détail de trajet avec carte GPS, historique et profil.

Chemin	Description
<code>frontend/app/(chauffeur)</code>	Écrans du Chauffeur Indépendant : accueil, mission active, mes offres, historique et profil.
<code>frontend/app/(flotte)/</code>	Écrans du Propriétaire de Flotte : tableau de bord, gestion des chauffeurs, demandes FLOTTE, trajets et profil.
<code>frontend/app/notifications</code>	Écran de notifications partagé entre tous les rôles. Navigue automatiquement vers l'écran pertinent selon le type de notification.
<code>frontend/src/components/</code>	Composants réutilisables organisés par domaine : <code>ui/</code> , <code>loads/</code> , <code>offers/</code> , <code>trips/</code> , <code>map/</code> , <code>notification/</code> .
<code>frontend/src/hooks/</code>	Hooks personnalisés : <code>useAuth</code> , <code>useLoads</code> , <code>useOffers</code> , <code>useTrips</code> , <code>useTracking</code> , <code>useNotification</code> , <code>useDriverTracking</code> .
<code>frontend/src/store/</code>	Stores Zustand pour l'état global : <code>auth.store</code> , <code>loads.store</code> , <code>trips.store</code> , <code>notifications.store</code> .
<code>frontend/src/services/</code>	Couche d'accès aux données : <code>api.ts</code> (Axios), services par domaine et <code>routing.service.ts</code> pour le calcul d'itinéraires.

3.2 Implémentation Backend

3.2.1 API RESTful — Endpoints Principaux

Le backend expose une API RESTful documentée automatiquement via OpenAPI (Swagger UI accessible à `/docs`).

TABLE 3.5 – Principaux endpoints de l’API

Méthode	Endpoint	Description
POST	/api/v1/auth/register	Inscription multi-rôle. Code d’invitation pour CHAUFFEUR_FLOTTE.
POST	/api/v1/auth/login	Connexion, retourne JWT 24h.
GET	/api/v1/auth/me	Profil utilisateur connecté (_id normalisé en id côté frontend).
POST	/api/v1/loads	Publier une demande (marche=OUVERT ou FLOTTE).
GET	/api/v1/loads	Demandes DISPONIBLE + marche=OUVERT uniquement.
GET	/api/v1/loads/my/loads	Toutes les demandes du client (tous statuts, tous marchés).
PUT	/api/v1/loads/{id}	Modifier une demande (statut DISPONIBLE seulement).
DELETE	/api/v1/loads/{id}	Annuler une demande (statut DISPONIBLE seulement).
POST	/api/v1/offers	Soumettre une offre. Bloqué si marche=FLOTTE.
POST	/api/v1/offers/{id}/accept	Accepter une offre, créer le trajet, rejeter les autres.
POST	/api/v1/offers/{id}/reject	Refuser une offre.
POST	/api/v1/trips/{id}/advance	Avancer le statut. Sur LIVRE : met à jour position véhicule.
POST	/api/v1/trips/{id}/location	Mise à jour GPS (EN_ROUTE_* seulement). Redis + MongoDB + WS.

Méthode	Endpoint	Description
POST	/api/v1/fleet/invite	Générer un code d'invitation 6 car., TTL 24h.
POST	/api/v1/fleet/assign	Assigner charge FLOTTE à un chauffeur (valide assignedDriverId).
POST	/api/v1/fleet/optimize	VRP suggère assignations. Ne crée pas de trajets.
POST	/api/v1/fleet/drivers/{id}/vehicles	Ajouter véhicule et définir assigned-DriverId.
GET	/api/v1/payments/trip/{id}/invoice	Générer et télécharger la facture PDF (LIVRE seulement).
POST	/api/v1/payments/trip/{id}/confirm	Confirmer le paiement (client uniquement).
GET	/api/v1/notifications	Inbox notifications (filtrable unread_only).
POST	/api/v1/notifications/read-all	Marquer toutes comme lues.
WS	/ws/{user_id}	WebSocket : notifications, GPS, statuts. Ping/pong 30s.

3.2.2 Gestion des Rôles (RBAC)

L'accès aux endpoints est contrôlé exclusivement côté serveur via le décorateur `require_role` :

```
# dependencies.py
def require_role(*roles: RoleUtilisateur):
    async def role_checker(
        current_user = Depends(get_current_user)
    ):
        if current_user.get("role") not in [r.value for r in roles]:
            raise HTTPException(403,
                "Vous n'avez pas les permissions nécessaires.")
        return current_user
    return role_checker

# Exemple d'utilisation
@router.post("/loads")
async def create_load(
    payload: ChargeModel,
    current_user: dict = Depends(require_role(RoleUtilisateur.CLIENT))
):
```

```

...

@router.post("/fleet/optimize")
async def optimize_fleet(
    current_user: dict = Depends(require_role(RoleUtilisateur.PROP_FLOTTE))
):
    ...

```

3.2.3 Moteur d'Optimisation VRP

Le moteur d'optimisation repose exclusivement sur un modèle de **programmation linéaire en nombres mixtes** (PLNE) pour résoudre le problème de tournées de véhicules (*Vehicle Routing Problem – VRP*) et déterminer l'affectation optimale des camions aux missions.

Avant l'exécution du modèle, les données de distance nécessaires sont construites à partir de deux requêtes vers le service ORS Matrix :

- positions chauffeurs → points de ramassage : calcul des distances à vide d_{kr}^{vide} ;
- points de ramassage → points de livraison : calcul des distances chargées.

En cas d'indisponibilité de l'API ORS, un mécanisme de repli basé sur la formule de **Haversine** est appliqué automatiquement afin d'assurer la continuité du calcul des distances.

Le modèle prend uniquement en compte les demandes appartenant au marché `marche=FLOTTE` ainsi que les véhicules dont la capacité est supérieure ou égale au poids de la demande. L'ensemble des affectations admissibles est défini par :

$$[P \subseteq K \times R].$$

3.2.3.1 Modèle d'optimisation PLNE

L'affectation finale est résolue par le modèle suivant. Soient K l'ensemble des chauffeurs disponibles, R l'ensemble des demandes filtrées, et $P \subseteq K \times R$ l'ensemble des paires admissibles.

3.2.3.1.1 Variables de décision

- $x_{kr} \in \{0, 1\}$: vaut 1 si le chauffeur k est affecté à la demande r
- $t_r \in [0, H]$: heure de début de ramassage pour la demande r

3.2.3.1.2 Fonction objectif

$$\min Z = \sum_{(k,r) \in P} d_{kr}^{\text{vide}} \cdot x_{kr} \quad (3.1)$$

Minimiser la distance totale parcourue à vide par l'ensemble de la flotte.

3.2.3.1.3 Contraintes

- (C1) $\sum_{k \in K} x_{kr} = 1 \quad \forall r \in R$ (Couverture des demandes)
- (C2) $\sum_{r \in R} x_{kr} \leq 1 \quad \forall k \in K$ (Unicité par chauffeur)
- (C3) $t_r \geq T_r^{\text{dep}} \quad \forall r \in R$ (Respect des horaires)
- (C4) $t_r \geq T_k^{\text{dispo}} + T_{kr}^{\text{vide}} - M(1 - x_{kr}) \quad \forall (k, r) \in P$ (Cohérence temporelle)

La contrainte (C4) est une contrainte de *big-M* : inactive lorsque $x_{kr} = 0$, elle garantit que le ramassage ne peut débuter avant l'arrivée effective du chauffeur au point de ramassage.

3.2.3.2 Métriques produites

Une fois le modèle résolu et les variables x_{kr} et t_r déterminées, les métriques suivantes sont calculées pour chaque affectation :

- **Kilomètres à vide** (`empty_km`) : distance parcourue par le chauffeur depuis sa position jusqu'au point de ramassage.

$$\text{empty_km} = d_{kr}^{\text{vide}} = d(\text{position_chauffeur}, \text{point_ramassage}) \quad (3.1)$$

- **Kilomètres chargés** (`loaded_km`) : distance du trajet effectué avec la marchandise.

$$\text{loaded_km} = d(\text{point_ramassage}, \text{point_livraison}) \quad (3.2)$$

- **Efficacité** (`efficiency_pct`) : part des kilomètres productifs sur la distance totale.

$$\text{efficiency_pct} = \frac{\text{loaded_km}}{\text{empty_km} + \text{loaded_km}} \times 100 \quad (3.3)$$

- **ETA ramassage** (`eta_pickup_min`) : temps estimé avant arrivée au point de ramassage.

$$\text{eta_pickup_min} = \frac{\text{empty_km}}{v_{\text{moy}}} \times 60 \quad (3.4)$$

- **Indicateurs temporels post-résolution** : la chronologie complète de chaque affectation est reconstituée :

$$H_{kr}^{\text{dep_vide}} = T_k^{\text{dispo}} \quad (3.2)$$

$$H_{kr}^{\text{arr_ramassage}} = T_k^{\text{dispo}} + T_{kr}^{\text{vide}} \quad (3.3)$$

$$H_r^{\text{dep_mission}} = t_r + T^{\text{ch}} \quad (3.4)$$

$$H_r^{\text{arr_livraison}} = t_r + T^{\text{ch}} + T_r^{\text{mission}} \quad (3.5)$$

$$H_r^{\text{dispo_suiv}} = t_r + T^{\text{ch}} + T_r^{\text{mission}} + T^{\text{dech}} \quad (3.6)$$

La valeur $H_r^{\text{dispo_suiv}}$ est persistée en base et réinjectée comme T_k^{dispo} au cycle suivant, assurant la **cohérence temporelle inter-cycles** de la flotte.

- **Source des distances** (distance_source) : indique si les distances d_{kr}^{vide} ont été calculées via l'API **ORS** (distances routières réelles) ou via la formule de **Haversine** (fallback hors connexion).

Note importante : le moteur retourne uniquement des *suggestions*. Aucun trajet n'est créé avant validation explicite par le propriétaire de flotte via POST `/api/v1/fleet/assign`.

3.2.4 Système de Notifications WebSocket

Toutes les notifications sont :

- **Persistées** dans MongoDB (collection notifications)
- **Poussées** en temps réel si l'utilisateur est connecté
- **Non-bloquantes** : les échecs de notification sont toujours dans un try/except — ils ne bloquent jamais l'avancement d'un trajet

3.3 Interfaces Utilisateur

Cette section présente les interfaces principales de chaque profil utilisateur. Les captures d'écran illustrent les fonctionnalités clés du système tel qu'il a été réalisé.

3.3.1 Flux Authentification

L'authentification est commune à tous les rôles. L'écran d'inscription guide l'utilisateur en deux étapes : informations personnelles, puis sélection du rôle. Pour le Chauffeur de Flotte, un champ de code d'invitation (6 caractères, auto-majuscule) remplace le champ d'identifiant employeur (voir Figure 3.2).

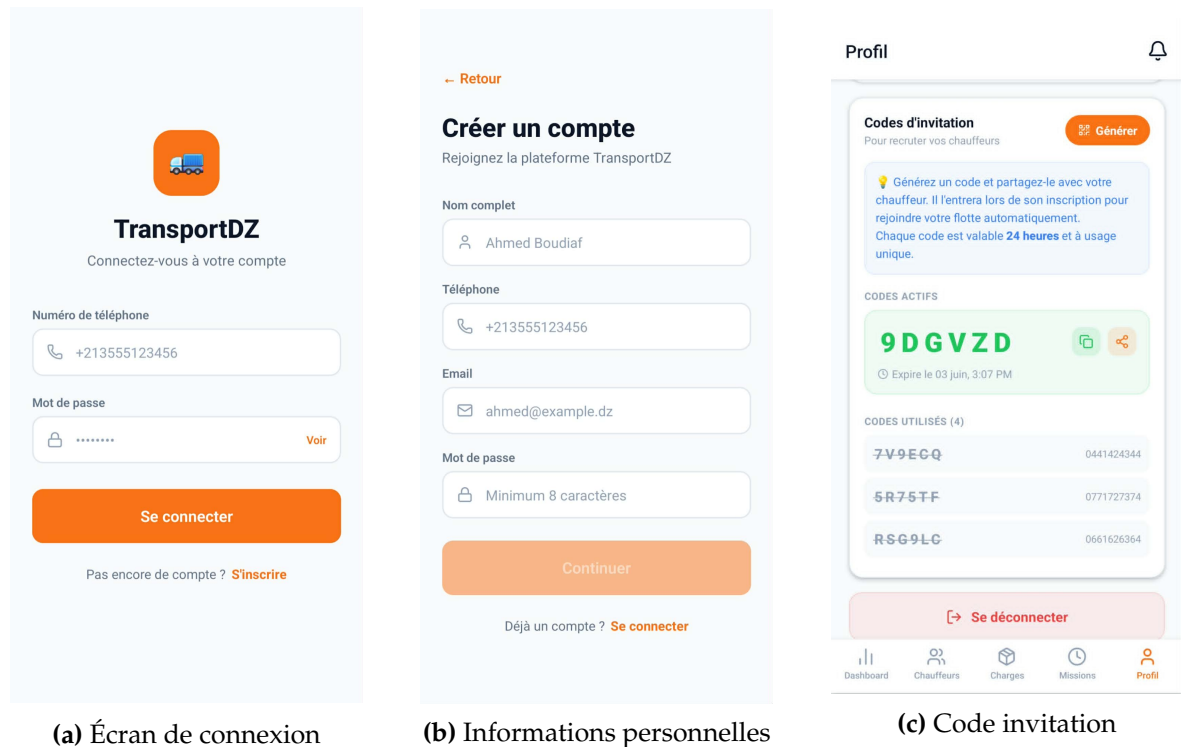


FIGURE 3.1 – Les étapes d'authentification

3.3.2 Flux Client (Expéditeur)

3.3.2.1 Accueil et Publication d'une Demande

L'écran d'accueil du Client présente un tableau de bord synthétique affichant les statistiques de ses demandes de transport : nombre total de demandes, demandes actives, demandes en cours de mission et demandes livrées. La liste des demandes est triée par priorité de statut, les demandes DISPONIBLE apparaissant en premier et les demandes LIVREE en dernier, permettant au client de se concentrer sur les actions urgentes.

La publication d'une nouvelle demande se fait via un formulaire structuré permettant de renseigner le type de marchandise, le poids, les adresses géolocalisées de ramassage et de livraison, ainsi que le prix proposé. Le client choisit également le type de marché : **Marché Ouvert**, accessible à tous les Chauffeurs Indépendants, ou **Flotte Privée**, réservé aux propriétaires de flotte partenaires.

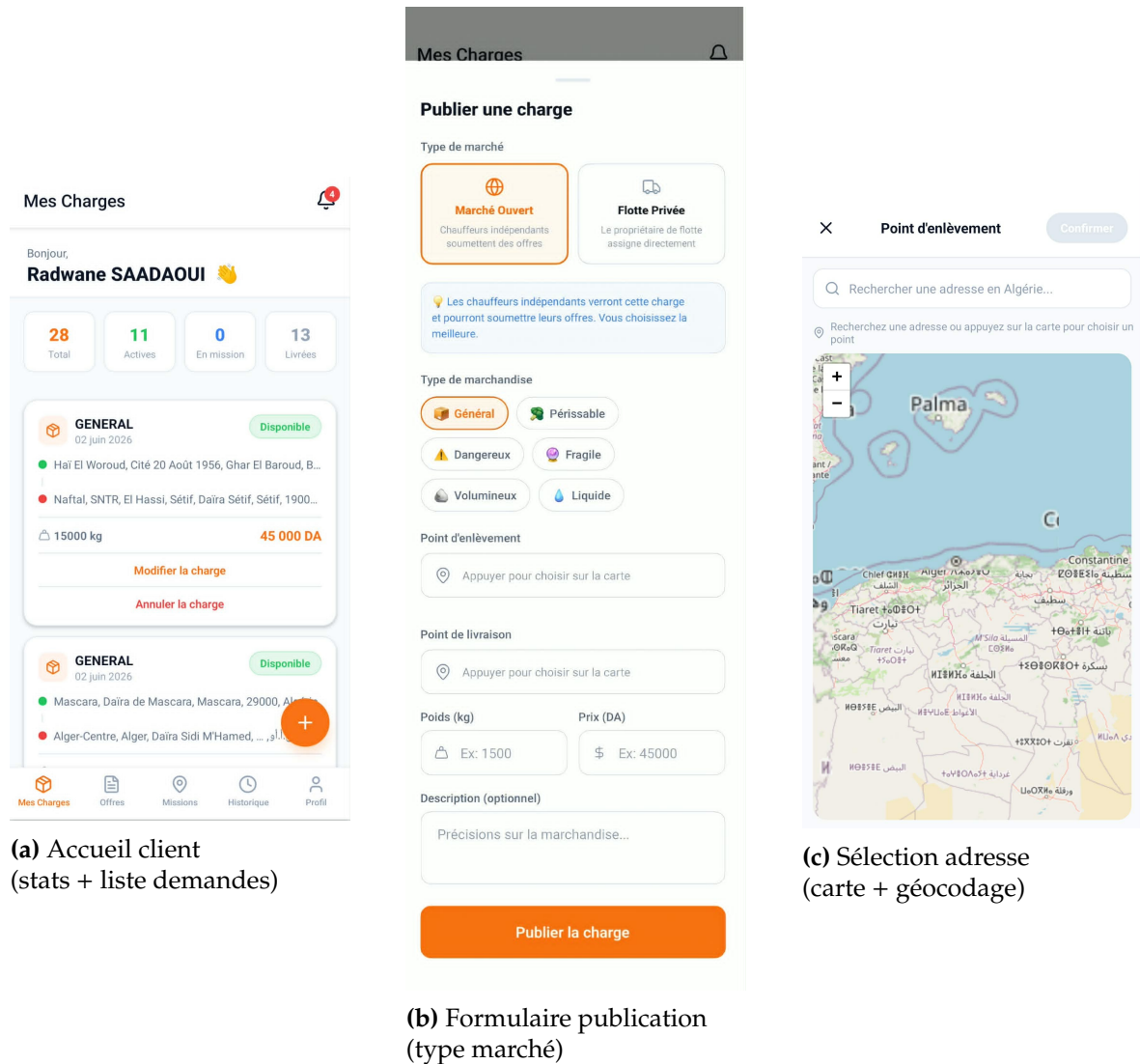
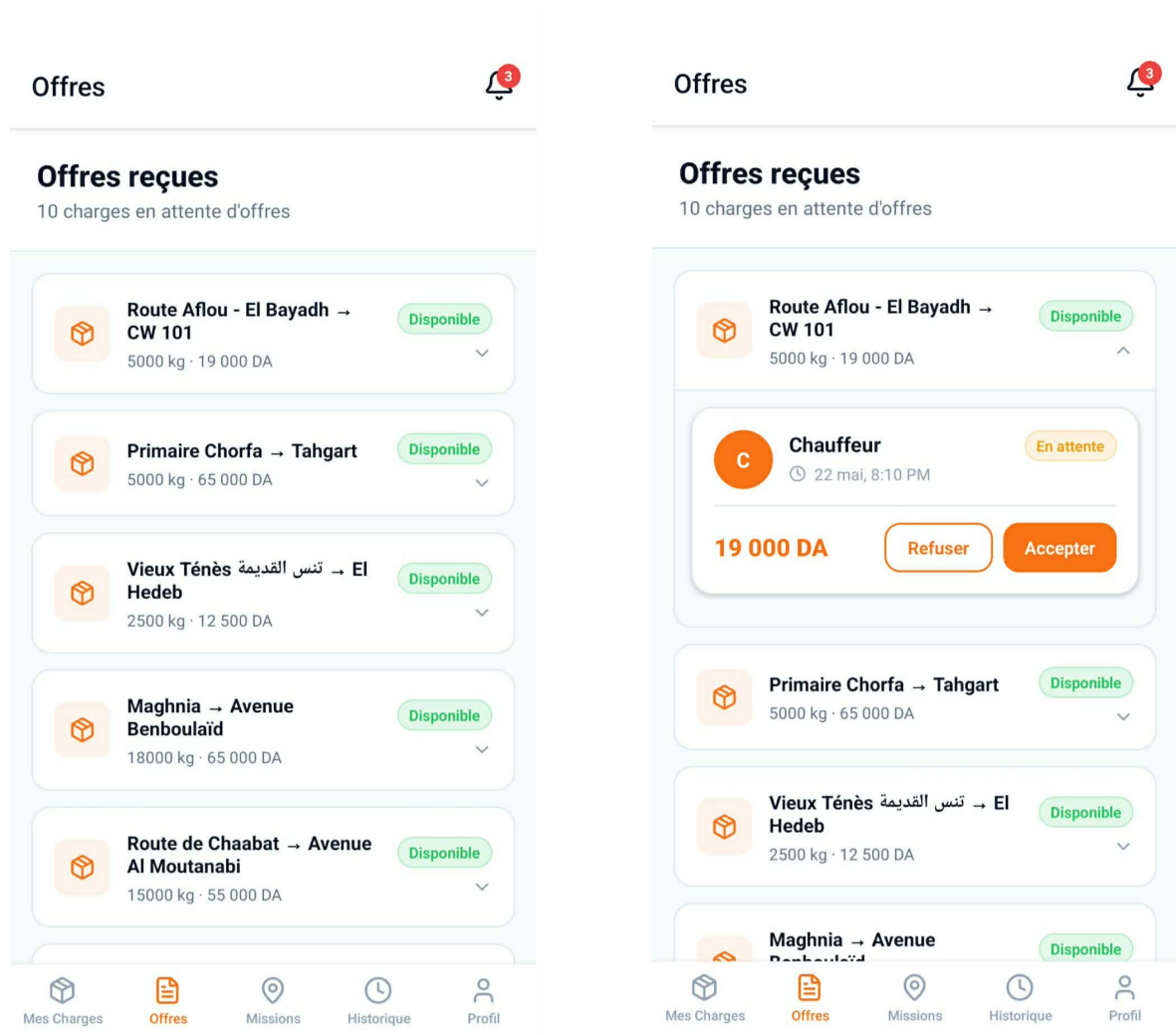


FIGURE 3.2 – Flux client — accueil, publication de demande et sélection d'adresse

3.3.2.2 Consultation et Gestion des Offres

L'onglet Offres présente un accordéon par demande : chaque demande peut être déployée pour révéler les offres reçues avec les informations du chauffeur, le prix proposé et les boutons Accepter / Refuser. Cette interface fonctionne sans paramètre de navigation : toutes les offres de toutes les demandes sont accessibles directement depuis l'onglet.



(a) Onglet Offres
(accordéon par demande)

(b) Détail des offres
(prix, chauffeur, actions)

FIGURE 3.3 – Flux client — Consultation des offres reçues en accordéon

3.3.2.3 Suivi des Missions en Temps Réel

L'onglet Missions liste toutes les livraisons actives simultanément. Chaque carte de mission affiche une barre de couleur indiquant le statut, un badge EN DIRECT pour les trajets en route, et le montant. La sélection d'une mission ouvre l'écran de détail avec la carte Leaflet (la carte interactive), les cartes ETA (le temps estimé d'arrivée affiché sur la carte), le stepper de progression et les informations de paiement.

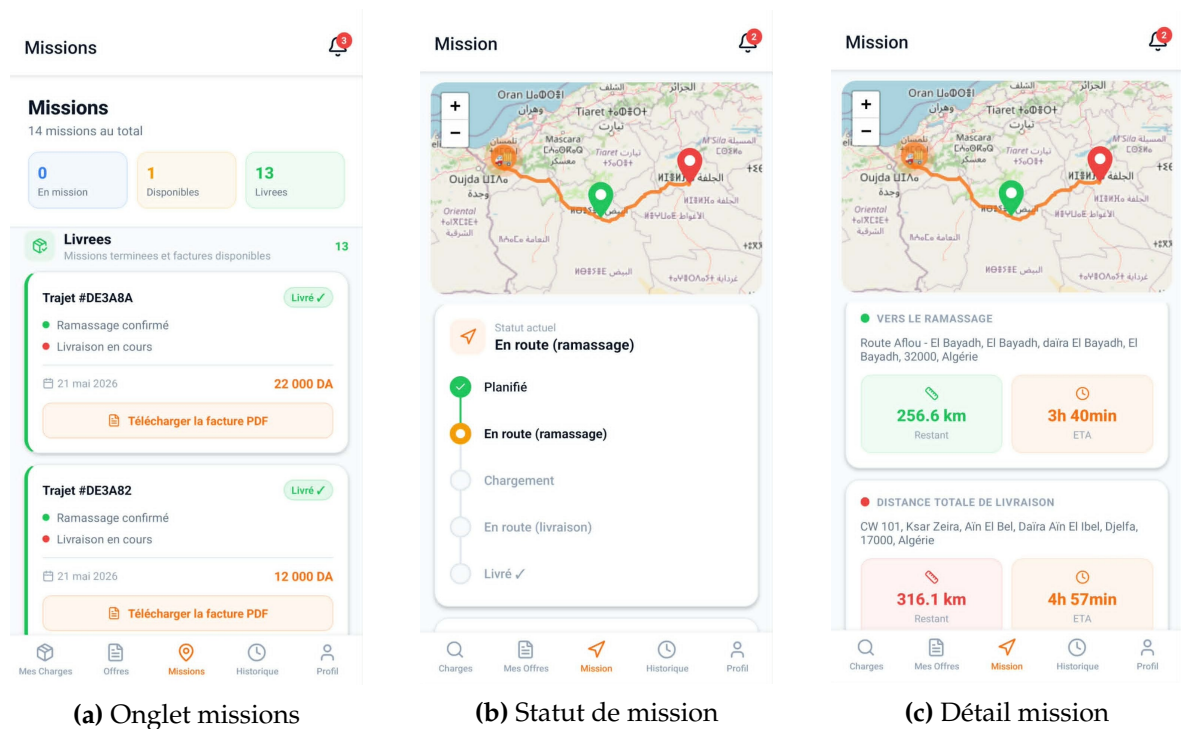


FIGURE 3.4 – Flux client — suivi des missions actives et carte temps réel

3.3.2.4 Historique et Téléchargement de Facture

L'onglet Historique présente tous les trajets terminés. Pour chaque trajet avec statut LIVRE, un bouton *Télécharger la facture PDF* est affiché. La facture générée contient : en-tête TransportDZ, badge de statut paiement, informations client et chauffeur, tableau de la charge, décompte financier (HT / TVA 19% / TTC) et bloc de paiement.

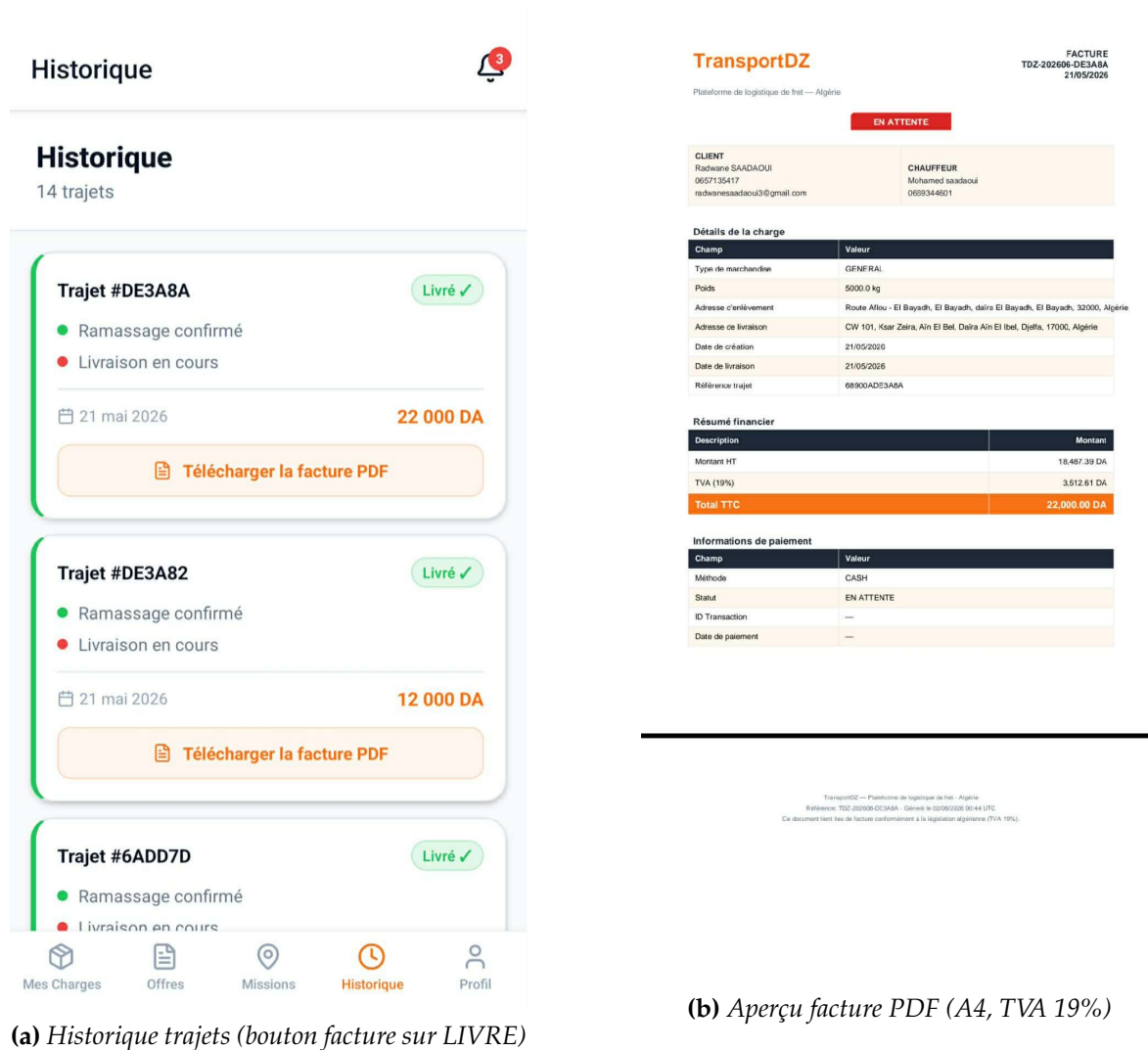
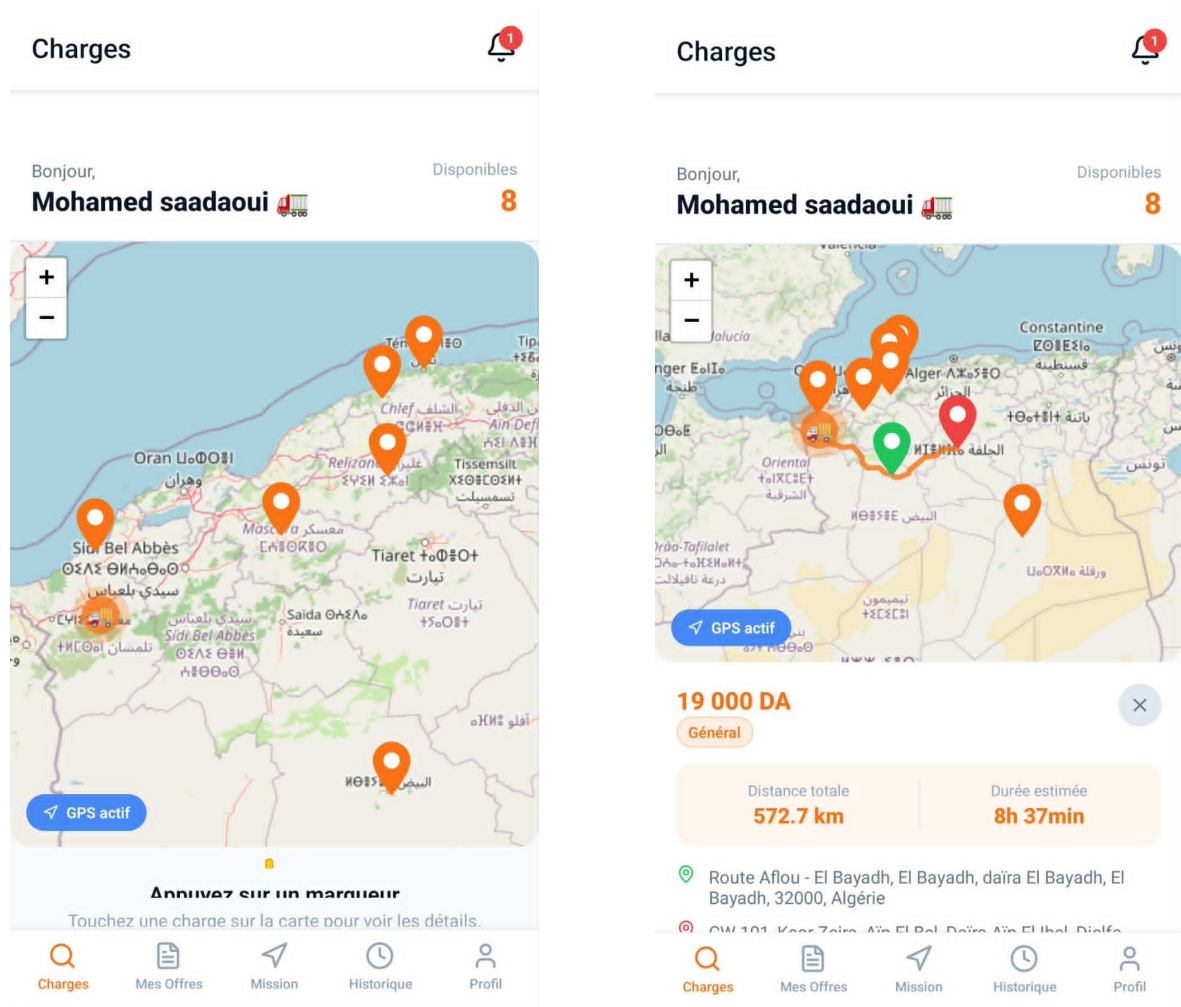


FIGURE 3.5 – Flux client — Historique des trajets et téléchargement de facture PDF

3.3.3 Flux Chauffeur Indépendant

3.3.3.1 Carte du Marché Ouvert

L'écran d'accueil du Chauffeur Indépendant affiche une carte Leaflet avec des épingles représentant les demandes OUVERT disponibles. L'application bloque la soumission d'offres si le chauffeur est en mission active (bannière jaune avec redirection ??).



(a) Carte marché ouvert
(épingle demandes)

(b) Détail demande
(itinéraire + ETA + prix)

FIGURE 3.6 – Flux Chauffeur Indépendant — Marché ouvert

The screenshot shows a mobile application interface titled 'Charges' with a notification bell icon. Below the title bar, there is a section titled 'Soumettre une offre'. The form contains the following fields and options:

- Véhicule:** A text input field containing 'MARAICHER' and a phone number '363636 263 26'.
- Prix proposé (DA):** A text input field containing '22000'.
- Date de ramassage:** A series of buttons for time intervals: 'Dans 1h', 'Dans 2h', 'Dans 4h', 'Demain', and 'Dans 2j'. Below these is a date and time input field showing '02/06/2026 20:03'.
- Buttons:** An orange button labeled 'Accepter l'offre (19000 DA)' and another orange button labeled 'Soumettre l'offre'.

(a) Formulaire offre
(Véhicule + Prix + Délai)

FIGURE 3.7 – Flux Chauffeur Indépendant — Soumission d’offre

3.3.3.2 Exécution de Mission et GPS

Une fois la mission confirmée, le chauffeur dispose d’un écran de mission active : carte avec itinéraire, boutons d’avancement du statut, calcul ETA et partage GPS automatique toutes les 5 secondes pendant les statuts EN_ROUTE.

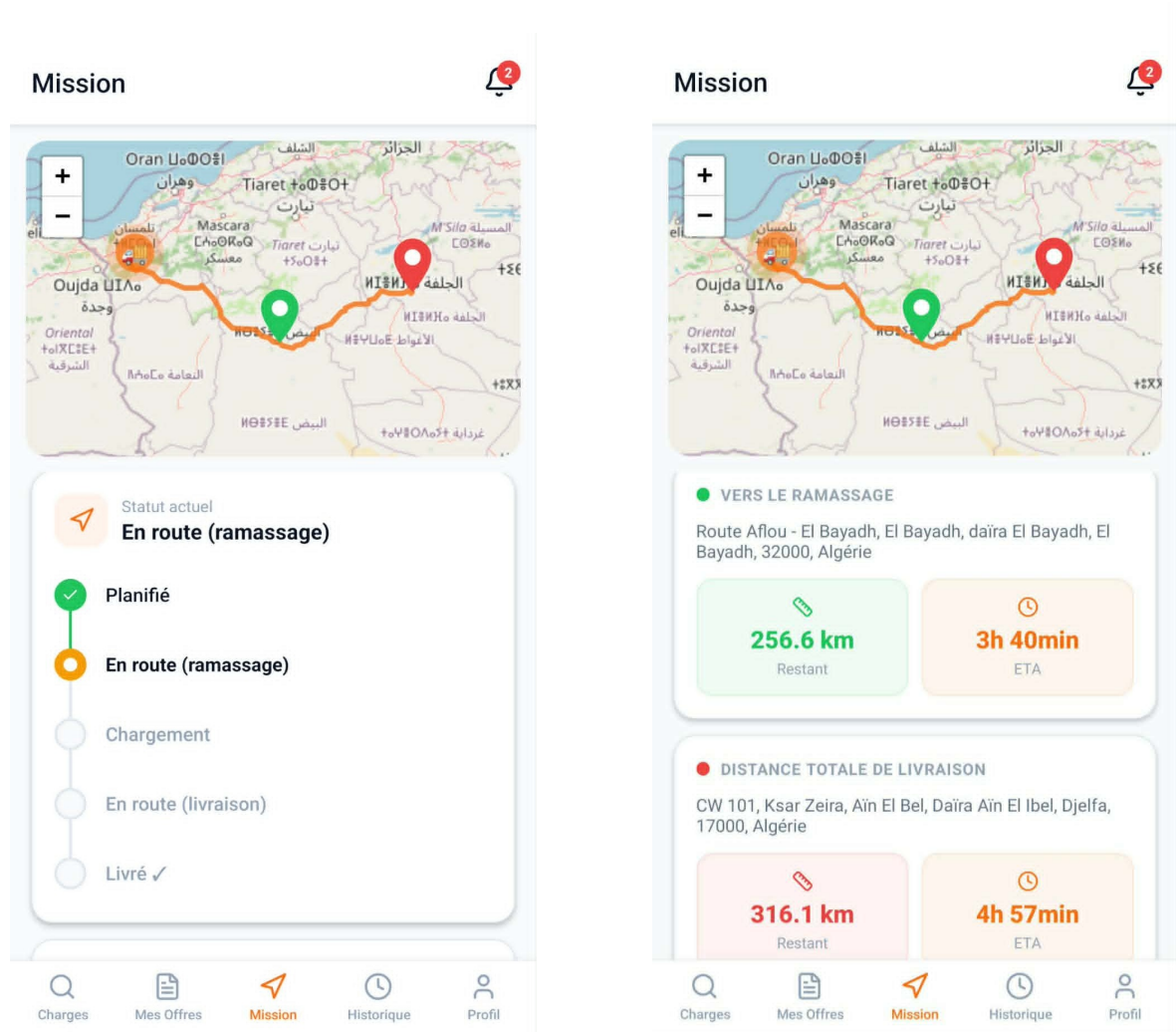
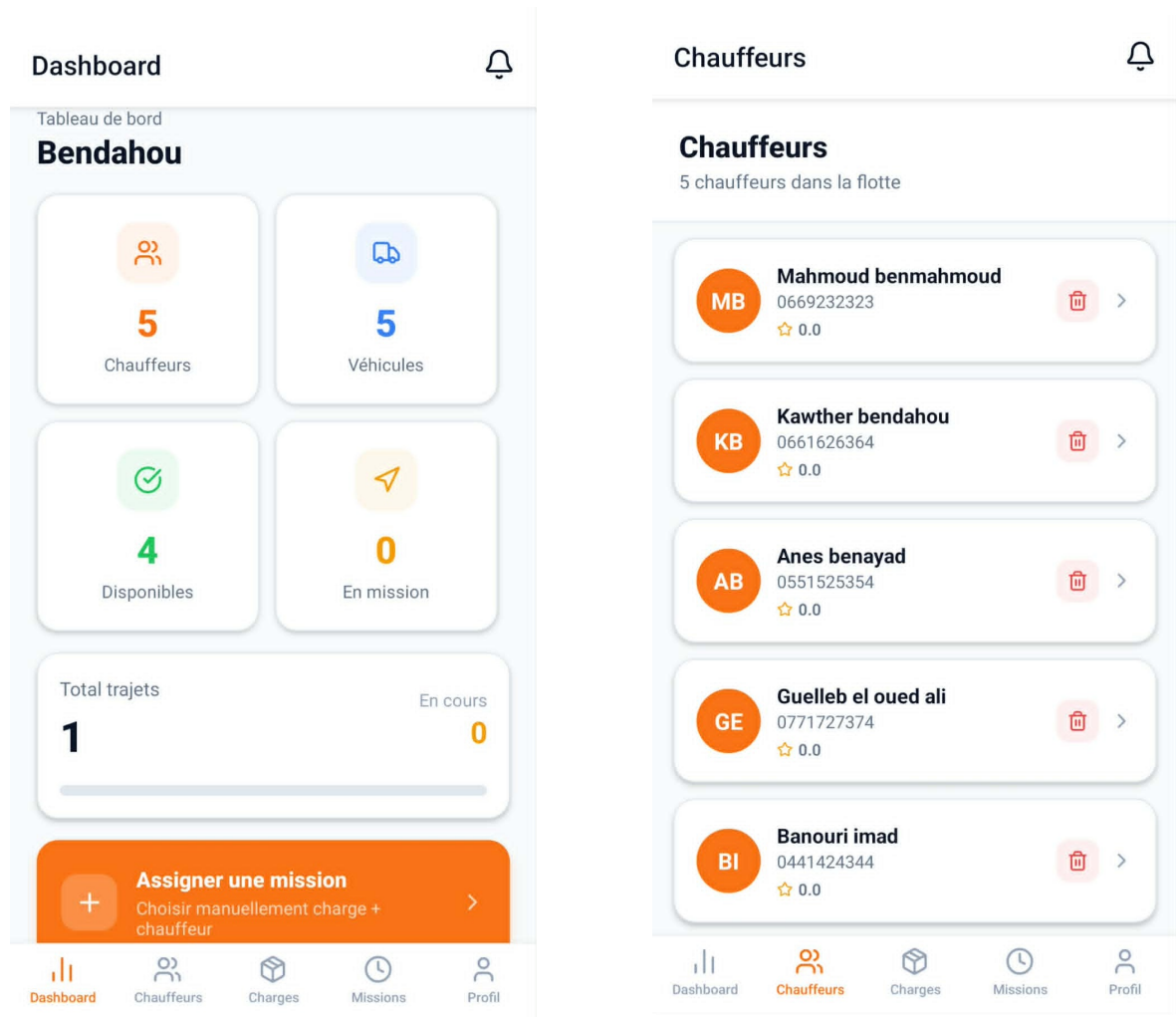


FIGURE 3.8 – Flux chauffeur — exécution de mission et partage GPS

3.3.4 Flux Propriétaire de Flotte

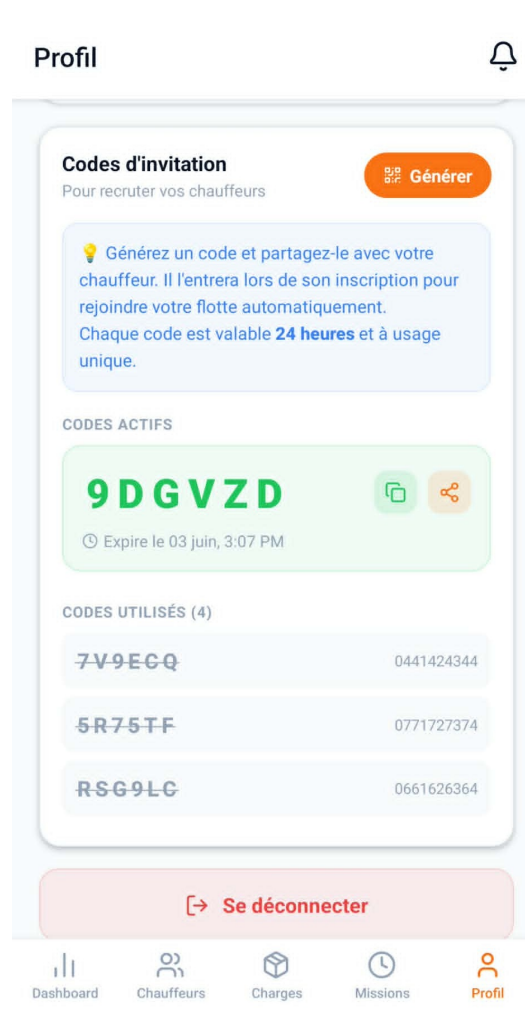
3.3.4.1 Tableau de Bord et Gestion de Flotte

Le tableau de bord flotte affiche les statistiques clés : nombre de chauffeurs, véhicules disponibles, trajets en cours et trajets totaux. L'écran de gestion des chauffeurs permet d'ajouter des véhicules directement assignés à un chauffeur (champ `assignedDriverId`).



(a) Tableau de bord (stats flotte) (b) Liste chauffeurs

FIGURE 3.9 – Flux Propriétaire de Flotte — Tableau de bord et liste des chauffeurs



(a) Envoi des codes d'invitation aux chauffeurs

FIGURE 3.10 – Flux Propriétaire de Flotte — Invitations

3.3.4.2 Optimisation VRP et Assignment

L'écran d'optimisation affiche les suggestions du moteur VRP pour chaque demande FLOTTE disponible : chauffeur suggéré, kilomètres à vide, kilométrage chargé, efficacité (%) et source des distances (ORS ou Haversine). Le propriétaire valide chaque suggestion individuellement avant création du trajet.

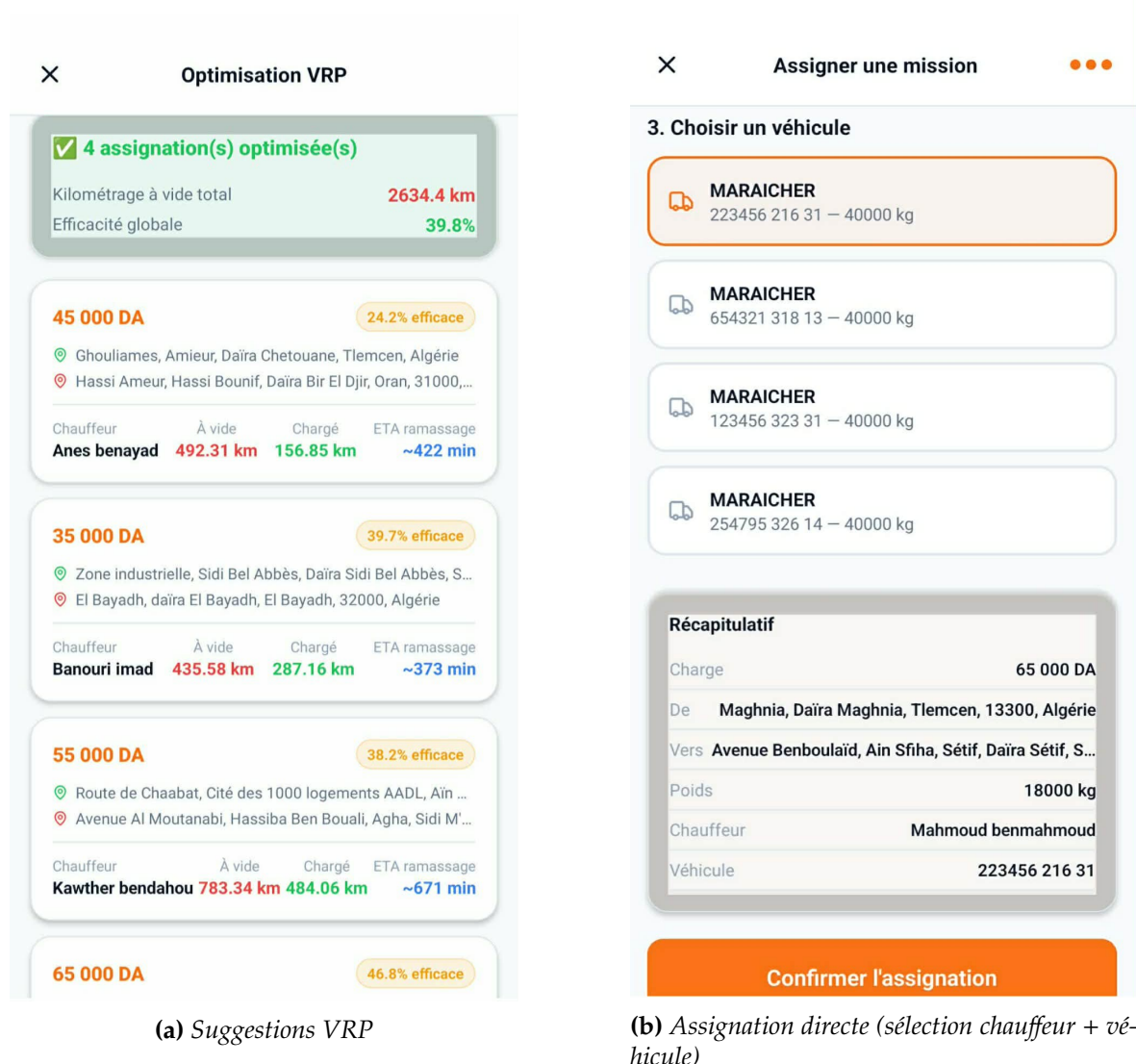


FIGURE 3.11 – Flux Propriétaire de Flotte — Optimisation VRP et assignation directe

3.3.5 Système de Notifications

La cloche de notifications est présente dans l'en-tête de tous les rôles. Elle affiche le compte des notifications non lues en temps réel. L'écran de notifications liste toutes les notifications avec horodatage relatif (*il y a 5 min*). La sélection d'une notification navigue automatiquement vers l'écran pertinent selon le type et le rôle.

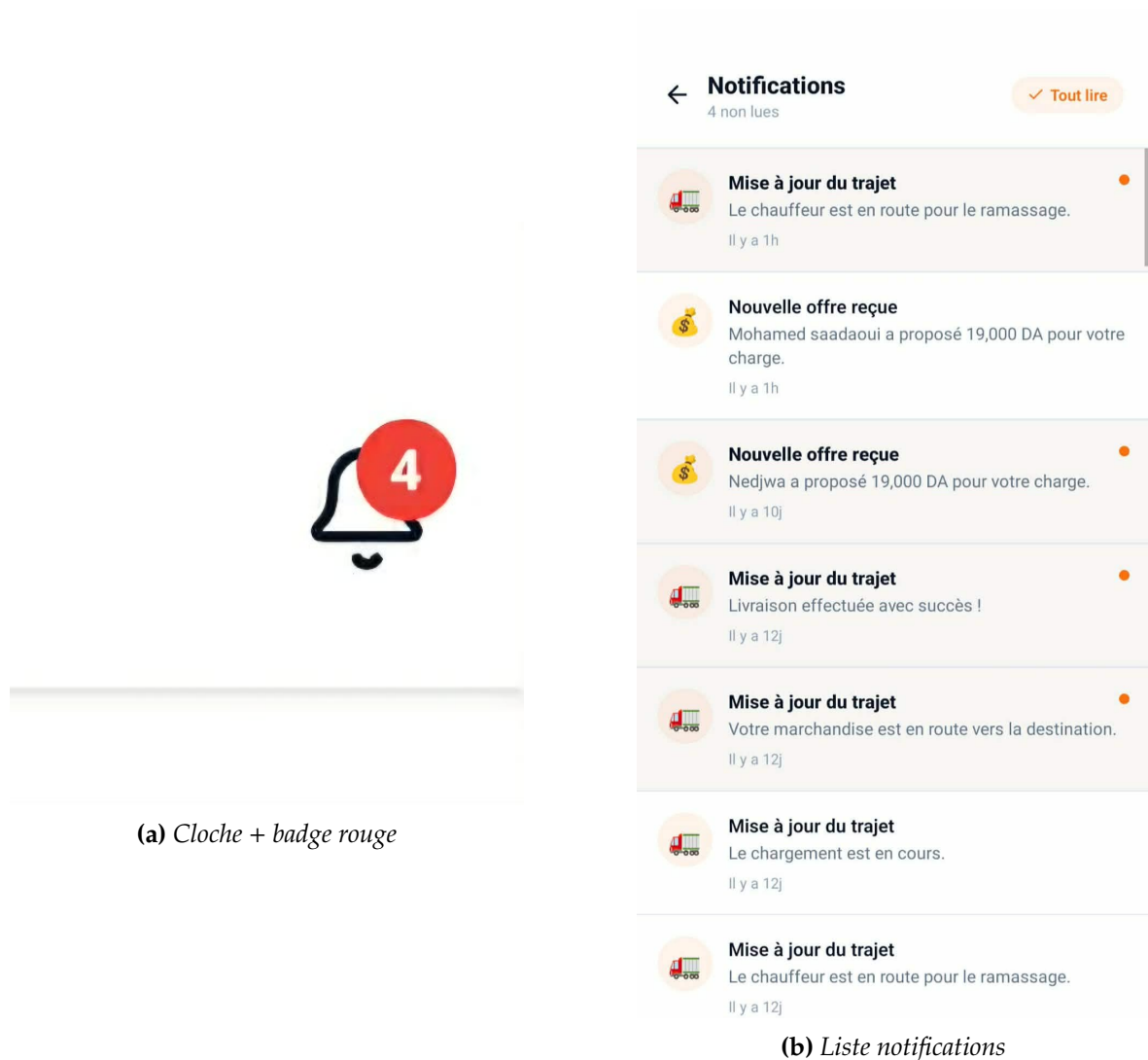


FIGURE 3.12 – Système de notifications — cloche temps réel et liste avec navigation

3.4 Tests et Validation

3.4.1 Tests d’Intégration — Scénarios Complets

Trois scénarios d’intégration ont été validés de bout en bout sur deux appareils physiques :

1. **Flux marché ouvert** : publication (CLIENT) → consultation et offre (CHAUF-FEUR_IND) → acceptation (CLIENT) → avancement statuts → GPS temps réel → LIVRE → paiement → facture PDF.
2. **Flux flotte — assignation directe** : intégration chauffeur (code d’invitation) → publication demande FLOTTE → consultation charges FLOTTE (PROP_FLOTTE) → assignation directe (validation assignedDriverId) → exécution par CHAUF-FEUR_FLOTTE.
3. **Flux flotte — optimisation VRP** : plusieurs demandes FLOTTE + plusieurs chauffeurs → optimisation VRP (ORS Matrix) → suggestions affichées avec métriques →

confirmation → trajets créés.

Les trois scénarios se sont déroulés sans erreur. Les notifications WebSocket ont été reçues en temps réel sur le deuxième appareil dans tous les cas testés.

3.4.2 Validation des Performances

Tableau 3.8 présente les résultats de la validation des critères de performance non-fonctionnels définis au chapitre précédent. Pour chaque critère, la valeur objectif fixée lors de la conception est confrontée à la valeur réellement mesurée lors des tests, et un indicateur de statut confirme si le critère est atteint. L'ensemble des neuf critères mesurables ont été validés avec succès sur l'environnement de développement local

TABLE 3.8 – Validation des critères de performance

ID	Critère	Objectif	Mesuré	Statut
BNF01	Temps de réponse API (p95)	≤ 500 ms	≈ 180 ms	
BNF02	Délai mise à jour GPS client	≤ 5 s	$\approx 1,2$ s	
BNF03	Calcul VRP (10 chauffeurs, 15 demandes)	≤ 3 s	$\approx 1,8$ s (ORS)	
BNF06	Expiration JWT	24 heures	24 heures	
BNF07	Hachage mot de passe	bcrypt-12	bcrypt-12	
BNF08	Contrôle RBAC serveur	Tous endpoints	100% via <code>require_role()</code>	
BNF10	Compatibilité Android	Android 8+	Android 10–14	
BNF11	Fallback hors connexion (ORS)	Haversine actif	Haversine activé	
BNF12	Notifications non-bloquantes	try/except isolé	100% des points	

3.4.3 Bugs Majeurs Rencontrés et Solutions

Tableau 3.10 recense les neuf bugs majeurs rencontrés au cours du développement de la plateforme. Pour chaque anomalie, la cause technique identifiée est présentée ainsi que la solution appliquée. Ces bugs couvrent des problèmes de compatibilité entre bibliothèques, des erreurs de configuration réseau, des incohérences entre le backend et le frontend, ainsi que des dysfonctionnements liés aux API externes.

TABLE 3.10 – Principaux bugs rencontrés et corrections appliquées

Bug	Cause	Solution
passlib + bcrypt crash	bcrypt 5.0 incompatible avec passlib 1.7.4	Pinned passlib==1.7.4 + bcrypt==4.2.1
Expo Reanimated crash	Reanimated v4 nécessite New Architecture	Remplacé par Modal natif React Native
Backend non joignable depuis téléphone	uvicorn sur 127.0.0.1 par défaut	Démarrage avec <code>--host 0.0.0.0</code> – port 8000
user.id toujours undefined	Backend retourne <code>_id</code> , frontend lit <code>id</code>	<code>normalizeUser()</code> dans <code>auth.store.ts</code>
Notifications jamais reçues	Router notifications non enregistré dans <code>main.py</code> + WebSocket endpoint manquant	Ajout <code>notifications_router</code> + <code>websocket_router</code>
return dans le except (advance endpoint)	Indentation incorrecte du <code>return</code>	Dédentation du <code>return</code> hors du bloc <code>except</code>
expo-file-system documentDirectory absent	Expo SDK 50+ breaking change	Import depuis <code>expo-file-system/legacy</code>
Distances VRP 3900 km (fausses)	Positions véhicules à <code>[0,0]</code> (valeur par défaut)	Mise à jour position véhicule à la fin de chaque trajet (LIVRE)
ORS route échouant sur Algeria	radiuses : <code>[1000]</code> trop petit	Augmenté à radiuses : <code>[5000]</code> (5 km de tolérance)

3.4.4 Limites Identifiées

Plusieurs limites ont été identifiées au cours du développement :

- **Tests de charge non réalisés** : les objectifs de scalabilité (BNF09 : 10 000 utilisateurs simultanés) n'ont pas pu être validés en environnement de développement local.
- **Paiement hors plateforme** : la confirmation de paiement repose sur la bonne foi des deux parties. Aucun flux financier réel ne transite par le système dans cette version.
- **WebSocket en mémoire** : le `ConnectionManager` est un singleton en mémoire du processus `FastAPI`. Il ne supporte pas le déploiement multi-workers (`Gunicorn`). Une migration vers un broker dédié (`Redis Pub/Sub`, `Ably`) sera nécessaire à l'échelle.
- **Admin non implémenté** : les écrans et routes d'administration (`/api/v1/admin/*`) n'ont pas été développés dans cette version.
- **Interface arabe** : différée à la version 2.

3.5 Comparaison avec les Solutions Existantes

Tableau 3.12 présente le positionnement comparatif de la solution développée face aux trois principales plateformes internationales de transport de fret : Uber Freight, Kobo360 et Lori Systems. La comparaison porte sur dix critères fonctionnels clés, évalués selon trois niveaux : **Oui** (fonctionnalité pleinement disponible), **Partiel** (fonctionnalité partiellement implémentée), et **Non** (fonctionnalité absente). Cette comparaison met en évidence que la solution développée est la seule à répondre simultanément aux spécificités du marché algérien : présence locale, interface en français, facturation avec TVA à 19%, gestion combinée des chauffeurs indépendants et des flottes privées, et onboarding sécurisé par code d'invitation.

TABLE 3.12 – Positionnement final de la solution développée

Critère	Uber Freight	Kobo360	Lori Systems	Notre solution
Présence Algérie	Non	Non	Non	Oui
Chauffeurs indépendants	Oui	Partiel	Non	Oui
Gestion flotte + chauffeurs employés	Non	Partiel	Non	Oui
Optimisation VRP (distances réelles)	Oui (IA)	Partiel	Non	Oui (ORS Matrix)
Suivi GPS WebSocket temps réel	Oui	Oui	Oui	Oui
Notifications temps réel	Oui	Partiel	Partiel	Oui (WebSocket)
Interface en français	Non	Non	Non	Oui
Paieement local algérien	Non	Non	Non	V2 prévu
Facture PDF + TVA 19%	Partiel	Non	Non	Oui
Onboarding par code d'invitation	Non	Non	Non	Oui

3.6 Conclusion

Ce chapitre a présenté la réalisation complète de la plateforme TransportDZ. L'implémentation repose sur une architecture moderne (React Native + Expo Router, FastAPI, MongoDB, Redis, WebSocket) qui garantit les performances temps réel nécessaires au suivi GPS et à la notification instantanée, tout en restant maintenable et évolutive.

Les tests réalisés confirment le bon fonctionnement des trois flux principaux : marché ouvert

(Client / Chauffeur Indépendant), marché flotte (Propriétaire / Chauffeur de Flotte), et optimisation VRP avec distances ORS réelles. Tous les critères de performance mesurables ont été atteints.

Les limites identifiées — notamment l’absence de paiement intégré, le WebSocket en mémoire non scalable, et l’administration non implémentée — constituent des axes d’amélioration clairs et documentés pour les versions futures de la plateforme.

Étude Entrepreneuriale du Projet Transport DZ

4.1 Proposition de Valeur

Transport DZ est une application mobile qui met en relation directe les transporteurs routiers (camions disponibles ou en retour à vide) avec les entreprises ayant un besoin de transport de marchandises, en temps réel. Elle apporte les avantages suivants :

- **Réduction des retours à vide** : un camion qui termine une livraison trouve immédiatement une nouvelle mission de transport sur son trajet de retour, évitant ainsi les kilomètres improductifs et les pertes financières pour le transporteur.
- **Affectation automatique des entreprises** : les entreprises ayant besoin de transport publient leur demande sur l'application, et l'algorithme affecte automatiquement le transporteur le plus proche, le plus disponible et le plus adapté au type de marchandise, sans aucune intervention manuelle.
- **Mise en relation intelligente** : l'algorithme de l'application analyse en temps réel la position des camions disponibles et les besoins des expéditeurs pour proposer la meilleure correspondance possible.
- **Optimisation des itinéraires** : grâce au moteur OSRM (Open Source Routing Machine) et aux cartes OpenStreetMap, l'application calcule le meilleur trajet adapté aux poids lourds et semi-remorques (hauteur des ponts, routes interdites aux camions, vitesses réelles) en temps réel.
- **Suivi en temps réel** : les entreprises suivent leurs marchandises en direct via géolocalisation GPS. La position du camion est transmise toutes les 30 secondes via une connexion WebSocket, sans coût supplémentaire.
- **Gain de temps** : les entreprises n'ont plus besoin de chercher manuellement un transporteur par téléphone ou bouche à oreille — elles publient leur besoin et reçoivent une proposition en quelques minutes.

- **Transparence et confiance** : un système de notation mutuelle permet aux expéditeurs d'évaluer les transporteurs et aux transporteurs d'évaluer les expéditeurs, garantissant une qualité de service croissante sur la plateforme.
- **Spécialisation grands camions et semi-remorques** : contrairement aux applications généralistes, Transport DZ est conçue exclusivement pour les véhicules de grande capacité (camions, semi-remorques, camions-bennes), répondant aux besoins spécifiques du transport industriel et logistique en Algérie.

4.2 Segments de Clientèle

Transport DZ s'adresse à deux grandes catégories de clients, en adoptant une approche à la fois B2B (entreprise à entreprise) et B2C (entreprise à particulier).

B2B (Business to Business)

Côté demande — Expéditeurs (entreprises ayant besoin de transport) :

- **Entreprises industrielles** : usines et fabricants de produits finis ou semi-finis ayant besoin d'acheminer leurs productions vers leurs clients ou distributeurs (ex : industries métallurgiques, cimenteries, industries plastiques).
- **Entreprises agroalimentaires** : producteurs agricoles et transformateurs ayant besoin de transporter leurs produits vers les marchés, grossistes ou grandes surfaces (ex : laiteries, minoteries, conserveries).
- **Commerçants et grossistes** : négociants ayant besoin d'acheminer régulièrement des marchandises en grandes quantités vers leurs points de vente ou clients.
- **Entreprises de distribution et de grande distribution** : sociétés spécialisées dans la distribution de produits à l'échelle régionale ou nationale, nécessitant des camions de grande capacité de manière régulière.

Côté offre — Transporteurs (entreprises proposant le transport) :

- **Transporteurs indépendants** : propriétaires d'un seul camion ou semi-remorque cherchant à optimiser leurs trajets et réduire leurs retours à vide pour maximiser leurs revenus.
- **Sociétés de transport routier** : entreprises disposant d'une flotte de camions souhaitant optimiser la gestion de leurs véhicules et augmenter leur taux d'occupation.

B2C (Business to Consumer)

- **Particuliers** : personnes ayant besoin de transporter des marchandises volumineuses ou lourdes nécessitant un grand camion (déménagement, transport de matériaux de construction, transport d'équipements agricoles ou industriels).

4.3 Relations Clients

La relation client est différenciée selon le profil de chaque utilisateur afin de répondre précisément à leurs besoins spécifiques.

Avec les entreprises expéditrices (B2B demande)

- **Accompagnement à l'inscription** : guide de prise en main complet intégré dans l'application, permettant à l'entreprise de publier son premier besoin de transport en moins de 5 minutes.
- **Assistance téléphonique dédiée** : un numéro de téléphone professionnel Djezzy est disponible pour résoudre tout problème technique ou opérationnel rapidement.
- **Notifications en temps réel** : l'entreprise reçoit une notification à chaque étape de la mission (transporteur affecté, départ du camion, arrivée estimée, livraison confirmée).
- **Système de confiance** : avant de confirmer une mission, l'entreprise consulte le profil complet du transporteur (note moyenne, nombre de missions effectuées, avis des autres expéditeurs).
- **Historique des missions** : toutes les livraisons passées et les factures associées sont accessibles directement dans l'application pour faciliter la comptabilité et le suivi administratif.

Avec les transporteurs (B2B offre)

- **Accompagnement à l'inscription** : vérification rigoureuse du profil du transporteur, incluant les documents du véhicule (carte grise, assurance, contrôle technique) et les documents du chauffeur (permis de conduire, carte professionnelle).
- **Notifications de missions disponibles** : le transporteur reçoit une alerte instantanée dès qu'une mission correspond à sa position géographique, sa disponibilité et le type de son véhicule.
- **Support technique téléphonique** : assistance disponible en cas de problème avec l'application pendant une mission en cours.
- **Système de notation** : les transporteurs construisent progressivement leur réputation grâce aux avis laissés par les expéditeurs, ce qui leur permet d'obtenir plus de missions et de meilleures opportunités.
- **Tableau de bord personnel** : chaque transporteur dispose d'un espace personnel dans l'application pour consulter ses missions en cours, son historique, ses revenus générés et gérer ses disponibilités.

Avec les particuliers (B2C)

- **Interface simple et intuitive** : expérience utilisateur fluide et simplifiée permettant à un particulier de publier un besoin de transport en quelques clics, sans formation

préalable.

- **Suivi en temps réel** : notification à chaque étape de la livraison pour rassurer le particulier sur l'état de sa marchandise.
- **Assistance téléphonique** : support disponible en cas de problème ou de question durant la mission.

4.4 Canaux

Canaux digitaux

- **Google Play Store** : canal principal de téléchargement de l'application mobile par les transporteurs et les expéditeurs sur Android. L'application est disponible gratuitement au téléchargement.
- **Facebook et Instagram** : campagnes publicitaires ciblées (Meta Ads) pour toucher les particuliers, les petits commerçants et les transporteurs indépendants. Budget : 27 000 DA/mois.
- **LinkedIn** : campagnes publicitaires B2B (LinkedIn Ads) pour cibler directement les directeurs logistiques, responsables achats et gérants d'entreprises industrielles à l'échelle nationale. Budget : 15 000 DA/mois.

Canaux physiques

- **Démarchage direct** : visites commerciales auprès des entreprises industrielles, agroalimentaires et des sociétés de transport dans la wilaya de Tlemcen et les wilayas voisines (Oran, Sidi Bel Abbès, Mascara, Aïn Témouchent) pour présenter l'application, démontrer son fonctionnement et convaincre les premiers utilisateurs.
- **Bouche à oreille professionnel** : les premiers transporteurs et expéditeurs satisfaits recommandent naturellement l'application à leurs réseaux professionnels, constituant un levier de croissance organique et gratuit.
- **Salons professionnels** : participation aux événements tech et logistique algériens pour gagner en visibilité, nouer des partenariats et attirer les premiers clients institutionnels :
 - Algeria 2.0
 - ECSEL Expo
 - DestiMob
 - ConstanTIC
 - WebExpo ElDjazair

4.5 Partenaires Clés

- **Incubateur de l'ESSAT (Tlemcen)** : accompagnement institutionnel dans le lancement du projet, accès aux ressources pédagogiques et au réseau professionnel de l'école.

- **Transporteurs partenaires** : premiers transporteurs qui adoptent l'application dès le lancement. Ils constituent la base initiale de l'offre de transport, indispensable pour attirer les premiers expéditeurs et valider le modèle économique.
- **Entreprises logistiques et industrielles partenaires** : premiers clients expéditeurs qui testent et valident l'application en conditions réelles, fournissant des retours précieux pour améliorer le service et servant de références commerciales pour convaincre de nouveaux clients.
- **Fournisseurs de services GPS et cartographie (Google Maps API + OpenStreetMap)** : Google Maps API est utilisée pour l'affichage de la carte sur mobile. OpenStreetMap fournit les données cartographiques gratuites utilisées par le moteur OSRM pour le calcul des itinéraires adaptés aux camions.
- **AYRAD (hébergeur VPS algérien)** : fournit l'infrastructure d'hébergement locale sur serveur VPS pour garantir la disponibilité, la sécurité et la rapidité de l'application sur le territoire algérien, avec un support technique en langue arabe et française.
- **Direction des Transports de la Wilaya de Tlemcen** : partenaire administratif incontournable. L'obtention de l'agrément de la Direction des Transports est une condition préalable obligatoire à l'inscription au CNRC pour le code d'activité 604616 (Commissionnaire de transport de marchandises).

4.6 Activités Clés

- **Développement de l'application mobile** : conception et développement continu de toutes les fonctionnalités de l'application (inscription et vérification des profils, publication de missions, algorithme d'affectation automatique, suivi GPS en temps réel via WebSocket, système de notation, tableau de bord).
- **Maintenance et mise à jour de l'application** : correction régulière des bugs, déploiement de mises à jour sur le Google Play Store et amélioration continue des performances pour garantir une expérience utilisateur fluide et sans interruption.
- **Gestion et validation des annonces de transport** : vérification des besoins publiés par les expéditeurs (nature de la marchandise, tonnage, destination) avant leur diffusion aux transporteurs disponibles.
- **Affectation automatique des missions** : l'algorithme analyse en temps réel la position des camions disponibles via OSRM et attribue automatiquement la mission au transporteur le plus adapté selon la distance, la disponibilité et le type de véhicule.
- **Optimisation des itinéraires via OSRM** : le moteur OSRM hébergé sur le serveur VPS calcule les meilleures routes pour poids lourds en utilisant un profil de configuration spécifique aux camions (vitesses réelles, restrictions de hauteur et de poids sur les ponts, routes interdites aux poids lourds).
- **Gestion des données logistiques** : collecte et analyse des données générées par les missions (distances parcourues, taux de retours à vide, temps de livraison, zones géo-

graphiques actives) pour améliorer l'algorithme d'affectation et proposer des rapports analytiques aux entreprises abonnées.

- **Support technique et assistance client** : accompagnement téléphonique des transporteurs et expéditeurs en cas de problème technique ou opérationnel survenant avant, pendant ou après une mission.
- **Gestion administrative et réglementaire** : suivi des obligations légales (renouvellement du registre de commerce, déclarations fiscales IFU, cotisations CASNOS, mise à jour des agréments administratifs).

4.7 Ressources Clés

Ressources humaines

- **Co-fondatrice — Ingénieure en Génie Industriel** (Bendahou Kawther) : responsable de la gestion des opérations, de l'optimisation logistique, de la relation client et de la coordination administrative. Future ingénieure diplômée de l'ESSAIA Tlemcen en Management Industriel et Logistique.
- **Co-fondateur — Ingénieur en Génie Industriel** (Saadaoui Redouane) : responsable du développement informatique de l'application mobile, de la gestion des serveurs, de l'intégration OSRM et du suivi GPS via WebSocket. Futur ingénieur diplômé de l'ESSAIA Tlemcen.
- **Community Manager** : responsable de la gestion des réseaux sociaux (Facebook, Instagram, LinkedIn), de la création de contenu, des campagnes publicitaires Meta Ads et LinkedIn Ads, et de l'animation de la communauté d'utilisateurs.

Ressources techniques

- **Application mobile Transport DZ** : application Android développée en React Native, disponible sur le Google Play Store, constituant le cœur du service.
- **Serveur VPS AYRAD** : infrastructure d'hébergement algérienne (700 000 DA/an) hébergeant le backend FastAPI, la base de données MongoDB, le système de cache Redis et le moteur de routage OSRM.
- **Moteur OSRM + OpenStreetMap Algérie** : moteur de calcul d'itinéraires open source hébergé sur le VPS, utilisant les cartes gratuites d'OpenStreetMap avec un profil de configuration spécifique aux camions et semi-remorques algériens. Coût : 0 DA (open source).
- **Système WebSocket** : technologie de communication en temps réel permettant la transmission de la position GPS du chauffeur toutes les 30 secondes vers le serveur et vers l'écran du client. Coût : 0 DA (intégré au serveur).
- **Google Maps SDK Android** : utilisé pour l'affichage visuel de la carte et la géolocalisation sur l'écran des utilisateurs.

Ressources physiques

- Bureau loué à Tlemcen (30 000 DA/mois) comprenant 3 postes de travail
- 3 ordinateurs de travail (PC)
- 1 téléphone professionnel dédié au support client
- Mobilier de bureau (3 bureaux, 9 chaises)

4.8 Structure des Coûts

Coûts fixes mensuels

TABLE 4.1 – Coûts fixes mensuels — Transport DZ

Désignation	Montant (DA/mois)
Salaire co-fondatrice (Bendahou Kawther)	60 000
Salaire co-fondateur (Saadaoui Redouane)	60 000
Salaire Community Manager	45 000
Loyer bureau (Tlemcen)	30 000
Hébergement VPS AYRAD (700 000 DA/an)	58 333
Abonnement téléphonique Djezzy (support client)	1 500
Total coûts fixes	254 833

Coûts variables mensuels

TABLE 4.2 – Coûts variables mensuels — Transport DZ

Désignation	Montant (DA/mois)
Publicité Meta Ads (Facebook/Instagram)	27 000
Publicité LinkedIn Ads (B2B entreprises)	15 000
Serveur OSRM/VPS supplémentaire (calcul itinéraires camions)	2 000
Électricité bureau	6 000
Google Maps API (affichage carte mobile)	13 400

Désignation	Montant (DA/mois)
Total coûts variables	63 400

4.9 Sources de Revenus

Transport DZ génère ses revenus à travers deux sources complémentaires :

- **Commission sur chaque transaction 10%** : pour chaque mission de transport réalisée via l'application, Transport DZ prélève une commission de 10% sur le montant total de la course. Le tarif kilométrique est fixé entre 150 DA et 300 DA par kilomètre selon le type de véhicule et la nature de la marchandise. Exemple : une mission de 100 km à 200 DA/km génère 20 000 DA de chiffre d'affaires, dont 2 000 DA de commission pour Transport DZ.
- **Abonnement premium entreprises (15 000 DA/mois)** : les entreprises expéditrices souhaitant bénéficier de fonctionnalités avancées souscrivent à un abonnement mensuel donnant accès à :
 - Tableau de bord analytique complet (statistiques des livraisons, coûts, délais)
 - Priorité dans l'affectation des transporteurs disponibles
 - Rapports mensuels détaillés sur les missions effectuées
 - Accès à un pool de transporteurs vérifiés et notés
 - Facturation automatique intégrée

4.10 Analyse SWOT

TABLE 4.3 – Analyse SWOT — Transport DZ

Forces (Strengths)	Faiblesses (Weaknesses)
1. Positionnement différencié : spécialisation exclusive sur les grands camions et semi-remorques B2B, segment non couvert par les concurrents existants comme CAMIO. 2. Réponse à un besoin économique réel : l'optimisation des retours à vide représente une économie substantielle pour les transporteurs algériens qui parcourent des centaines de kilomètres sans chargement. 3. Double expertise de l'équipe fondatrice : complémentarité entre ingénierie industrielle et logistique (gestion des opérations) et développement informatique (technologie). 4. Architecture technique optimisée : utilisation d'OSRM et Web-Socket réduisant significativement les charges variables de géolocalisation. 5. Modèle économique léger : pas de flotte à gérer, revenus générés par commission et abonnement, investissement initial limité.	1. Manque de notoriété : en tant que startup nouvelle, Transport DZ n'est pas encore connue sur le marché algérien, rendant difficile l'acquisition des premiers utilisateurs. 2. Dépendance à la connectivité internet : certaines zones rurales et axes routiers algériens sont mal couverts par le réseau mobile, pouvant perturber le suivi GPS en temps réel. 3. Budget limité au démarrage : les ressources financières initiales sont restreintes, limitant les investissements en marketing et en développement de nouvelles fonctionnalités. 4. Difficulté à établir la confiance : convaincre transporteurs et entreprises d'adopter une nouvelle application dans un secteur où les relations professionnelles reposent traditionnellement sur le bouche à oreille et la confiance personnelle.

TABLE 4.4 – Analyse SWOT (suite) — Transport DZ

Opportunités (Opportunities)	Menaces (Threats)
Secteur du transport en pleine croissance : le volume de marchandises transportées par route en Algérie ne cesse d'augmenter, représentant un marché potentiel très important. Marché des retours à vide non exploité : de nombreux camions circulent à vide sans aucune solution digitale dédiée aux grands véhicules de transport. Digitalisation croissante des entreprises algériennes : de plus en plus d'entreprises cherchent des solutions numériques pour optimiser leurs opérations logistiques. Soutien de l'État à l'entrepreneuriat : existence de dispositifs d'accompagnement et de financement (ANADE, ANSEJ, incubateurs universitaires) favorables aux startups algériennes. Faible concurrence sur le segment B2B grands camions : les concurrents existants comme CAMIO ne se spécialisent pas sur ce segment précis. Croissance du e-commerce en Algérie : génère des besoins croissants en transport de marchandises entre entreprises et clients finaux.	Concurrence potentielle de CAMIO : bien que CAMIO ne cible pas actuellement les grands camions B2B, il pourrait élargir son offre et empiéter sur le segment de Transport DZ. Résistance au changement : de nombreux transporteurs algériens sont habitués aux méthodes traditionnelles de recherche de missions et peuvent être réticents à adopter une solution digitale. Instabilité réglementaire : le cadre juridique du transport routier et des plateformes digitales en Algérie peut évoluer et impacter le modèle économique de Transport DZ. Risque de copie du concept : le succès de Transport DZ pourrait attirer de nouveaux concurrents reproduisant le modèle économique. Dépendance aux fournisseurs technologiques : toute interruption chez AYRAD (hébergement VPS) peut impacter directement le fonctionnement de l'application.

4.11 Modèle Économique BMC

TABLE 4.5 – Business Model Canvas — Transport DZ

Partenaires clés	Activités clés	Proposition de valeur	Relation client	Clients
partenaires Entreprises industrielles Google Maps SDK OpenStreetMap /OSRM AYRAD (VPS) Direction des Transports	Développement app Maintenance Affectation automatique Optimisation itinéraires Suivi GPS WebSocket Gestion annonces Support client	Réduction re-tours à vide Affectation automatique Suivi temps réel Optimisation trajets Gain de temps Transparence /notation Spécialisation semi-remorques	Assistance téléphonique Notifications temps réel Système de notation Accompagnement inscription Tableau de bord Historique missions	B2B : Entreprises industrielles Agroalimentaires Grossistes Transporteurs indépendants Sociétés de transport B2C : Particuliers
	Ressources clés		Canaux	
	App mobile Android Serveur VPS AYRAD Moteur OSRM Système Web-Socket GPS Équipe fondatrice Community Manager		Google Play Store Facebook/Instagram LinkedIn Ads B2B Démarchage direct Bouche à oreille Salons professionnels	
Coûts Salaires : 165 000 DA/mois Loyer : 30 000 DA/mois VPS AYRAD : 58 333 DA/mois Meta Ads : 27 000 DA/mois LinkedIn Ads : 15 000 DA/mois Google Maps : 13 400 DA/mois OSRM/VPS : 2 000 DA/mois Électricité : 6 000 DA/mois		Revenus Commission 10% sur chaque course (150 à 300 DA/km) Abonnement premium entreprises : 15 000 DA/mois/entreprise		

4.12 Besoins en Ressources Humaines et Lieu d'Implantation

4.12.1 Besoins du projet en ressources humaines

TABLE 4.6 – Besoins du projet en ressources humaines

Nature des utilisateurs	Nombre	Compétences / Qualifications
Gérant / Co-fondatrice	1	Future ingénieure en Génie Industriel option Management Industriel et Logistique (ESSAT Tlemcen) — gestion des opérations logistiques, optimisation des processus, gestion de projet, relation client et suivi administratif
Gérant / Co-fondateur	1	Futur ingénieur en Génie Industriel option Management Industriel et Logistique (ESSAT Tlemcen) — développement d'applications mobiles (React Native), gestion des serveurs, intégration OSRM, développement WebSocket, gestion des bases de données
Community Manager	1	Maîtrise des réseaux sociaux professionnels (Facebook, Instagram, LinkedIn), création de contenu digital, gestion des campagnes publicitaires Meta Ads et LinkedIn Ads, animation de communauté
Total	3	

4.12.2 Choix du lieu d'implantation

Le projet Transport DZ sera implanté à **Tlemcen** pour les raisons suivantes :

1. **Activité commerciale et industrielle importante** : la wilaya de Tlemcen dispose d'un tissu économique dynamique regroupant de nombreuses entreprises industrielles, agroalimentaires et commerciales ayant des besoins réguliers et importants en transport de marchandises, constituant un vivier de clients expéditeurs potentiels pour Transport DZ.
2. **Proximité avec le port de Ghazaouet** : le port de Ghazaouet génère d'importants flux de marchandises importées et exportées nécessitant un transport terrestre vers

l'intérieur du pays, représentant une opportunité commerciale directe pour les transporteurs partenaires de Transport DZ.

3. **Position géographique stratégique dans l'ouest algérien** : Tlemcen est idéalement située pour couvrir rapidement les wilayas voisines à fort potentiel logistique (Oran, Sidi Bel Abbès, Aïn Témouchent, Mascara, Naâma), facilitant l'expansion régionale de l'application dès la première année.
4. **Soutien institutionnel de l'ESSAT** : la proximité avec l'École Supérieure en Sciences Appliquées de Tlemcen permet de bénéficier de l'accompagnement de l'incubateur universitaire, du réseau des diplômés et des ressources académiques pour le développement du projet.

4.13 Démarches Administratives et Réglementaires

La création de Transport DZ sous forme d'EURL (**Entreprise Unipersonnelle à Responsabilité Limitée**) nécessite plusieurs démarches administratives obligatoires détaillées ci-dessous.

4.13.1 Codes d'activité CNRC

Transport DZ sera enregistrée au Centre National du Registre du Commerce (CNRC) sous les trois codes d'activité suivants, correspondant précisément à son modèle économique :

TABLE 4.7 – Codes d'activité CNRC — Transport DZ

Code	Activité	Justification
604616	Commissionnaire de transport de marchandises	Activité principale : mise en relation entre expéditeurs et transporteurs, gestion des missions de transport
607074	Commerce électronique	L'application mobile constitue une plateforme de commerce électronique de services de transport
607001	Services d'informatique, conseil et assistance en informatique	Développement, maintenance et exploitation de la solution informatique

4.13.2 Autorisation préalable de la Direction des Transports

Important : le code 604616 (Commissionnaire de transport de marchandises) impose légalement l'obtention d'un **agrément préalable de la Direction des Transports de la Wilaya de Tlemcen** avant toute inscription définitive au CNRC. Le dossier à constituer comprend :

- Demande manuscrite adressée au Directeur des Transports de la Wilaya
- Copie certifiée conforme de la carte nationale d'identité
- Extrait de casier judiciaire (bulletin n°3) datant de moins de 3 mois
- Justificatif de domicile
- Copies des diplômes et qualifications professionnelles des gérants

4.13.3 Frais de création de l'EURL

TABLE 4.8 – Détail des frais de création de l'EURL Transport DZ

Désignation	Montant (DA)
Droit d'inscription CNRC — EURL (code principal 604616)	9 400
Codes d'activité supplémentaires CNRC (607074 + 607001) à 240 DA chacun	480
Timbre fiscal obligatoire (édition du registre de commerce)	4 000
Honoraires notaire (rédaction des statuts de l'EURL)	20 000
Publication au BOAL (Bulletin Officiel des Annonces Légales)	3 000
Capital social de l'EURL (déposé en banque)	100 000
Total frais de création	136 880

4.13.4 Autres obligations administratives

- **NIF (Numéro d'Identification Fiscale)** : obtenu automatiquement et gratuitement auprès de la Direction des Impôts après inscription au CNRC. Obligatoire pour toute facturation.
- **Affiliation à la CASNOS** : les gérants d'EURL sont obligatoirement affiliés à la Caisse de Sécurité Sociale des Non-Salariés (CASNOS). Cotisation annuelle estimée à environ 30 000 DA/an, couvrant la couverture maladie et la retraite des gérants.
- **Régime fiscal IFU** : Transport DZ sera soumise à l'Impôt Forfaitaire Unique (IFU) au taux de 0,5% du chiffre d'affaires annuel, conformément à la législation fiscale algérienne applicable aux micro-entreprises de services.

4.14 Estimation des Coûts du Projet

4.14.1 Estimation du montant total de l'investissement initial

TABLE 4.9 – Coût total de l'investissement initial — Transport DZ

Désignation	Montant (DA)
Matériel informatique (3 PC de travail)	150 000
Matériel de bureau (3 bureaux à 6 000 DA)	18 000
Matériel de bureau (9 chaises à 4 000 DA)	36 000
Matériel de télécommunication (1 téléphone professionnel)	50 000
Frais de création de l'EURL (CNRC, notaire, BOAL, capital social)	136 880
Fonds de roulement (1 an de charges, Année 1)	3 873 800
Montant total de l'investissement	4 264 680

Note : le fonds de roulement correspond aux charges totales de l'Année 1 (charges externes : 1 893 800 DA + salaires et charges sociales : 1 980 000 DA), soit 3 873 800 DA, équivalent à environ 322 817 DA/mois.

4.14.2 Estimation des coûts de la main-d'oeuvre sur 3 ans

TABLE 4.10 – Estimation des coûts de la main-d'oeuvre sur 3 ans

Intitulé du poste	Nb	Année 1 (DA)	Année 2 (DA)	Année 3 (DA)
Gérant / Co-fondatrice (Bendahou Kawther)	1	720 000	780 000	840 000
Gérant / Co-fondateur (Saadaoui Redouane)	1	720 000	780 000	840 000
Community Manager	1	540 000	580 000	620 000
Total	3	1 980 000	2 140 000	2 300 000

Note : le salaire mensuel net de chaque gérant est de 60 000 DA et celui du Community Manager est de 45 000 DA, conformément au salaire minimum garanti (SNMG) en vigueur en Algérie.

4.14.3 Estimation des coûts externes du projet sur 3 ans

TABLE 4.11 – Estimation des charges externes sur 3 ans

Désignation	Année 1 (DA)	Année 2 (DA)	Année 3 (DA)
Frais d'électricité bureau	72 000	75 000	78 000
Frais de location bureau (Tlemcen)	360 000	360 000	360 000
Frais d'assurance matériel et équipements	25 000	25 000	25 000
Frais de marketing — Meta Ads (Facebook/Instagram)	324 000	400 000	500 000
Frais de marketing — LinkedIn Ads (B2B)	180 000	220 000	280 000
Hébergement VPS AYRAD (backend + OSRM)	700 000	700 000	700 000
Serveur OSRM supplémentaire (calcul itinéraires)	24 000	24 000	24 000
Google Maps API	160 800	160 800	160 800
Abonnement téléphonique Djazzy (support client)	18 000	18 000	18 000
Cotisation CASNOS (gérants)	30 000	30 000	30 000
Total	1 893 800	2 012 800	2 175 800

4.14.4 Estimation des coûts d'amortissement des investissements

TABLE 4.12 – Amortissement linéaire des investissements

Désignation	Montant (DA)	Durée (ans)	Annuité (DA)
Matériel informatique (3 PC)	150 000	3	50 000
Matériel de bureau (bureaux + chaises)	54 000	5	10 800
Matériel de télécommunication (téléphone)	50 000	3	16 667

Désignation	Montant (DA)	Durée (ans)	Annuité (DA)
Total	254 000		77 467

L'amortissement linéaire est appliqué conformément à l'arrêté du Ministère des Finances du 14 avril 2025, modifiant et complétant l'arrêté du 25 février 2024 fixant les durées d'amortissement des immobilisations appliquées pour la détermination du résultat fiscal (Journal officiel n°29 de l'année 2025).

4.15 Estimation des Revenus du Projet

4.15.1 Estimation du volume des ventes annuelles sur 3 ans

TABLE 4.13 – Estimation du chiffre d'affaires sur 3 ans — Transport DZ

Désignation	Année 1	Année 2	Année 3
Nombre de courses/mois	50	100	200
Distance moyenne par course (km)	100	100	100
Prix moyen au km (DA)	200	200	200
Montant moyen par course (DA)	20 000	20 000	20 000
Commission Transport DZ 10% par course (DA)	2 000	2 000	2 000
Revenus commissions annuels (DA)	1 200 000	2 400 000	4 800 000
Entreprises abonnées (premium)	10	25	50
Abonnement par entreprise (DA/mois)	15 000	15 000	15 000
Revenus abonnements annuels (DA)	1 800 000	4 500 000	9 000 000
Chiffre d'affaires total (DA)	3 000 000	6 900 000	13 800 000

4.15.2 Calcul du résultat annuel prévisionnel

TABLE 4.14 – Compte de résultat prévisionnel sur 3 ans — Transport DZ

Désignation	Année 1 (DA)	Année 2 (DA)	Année 3 (DA)
Chiffre d'affaires (1)	3 000 000	6 900 000	13 800 000
Achats consommés (2)	0	0	0
Charges externes (3)	1 893 800	2 012 800	2 175 800
Valeur ajoutée (1)-(2)-(3) = (4)	1 106 200	4 887 200	11 624 200
Salaires et charges sociales (5)	1 980 000	2 140 000	2 300 000
Excédent brut d'exploitation (4)-(5) = (6)	-873 800	2 747 200	9 324 200
Amortissements et provisions (7)	77 467	77 467	77 467
Résultat d'exploitation (6)-(7) = (8)	-951 267	2 669 733	9 246 733
IFU 0,5% du chiffre d'affaires (9)	15 000	34 500	69 000
Résultat net (8)-(9) = (10)	-966 267	2 635 233	9 177 733

La première année d'exploitation enregistre un **déficit de -966 267 DA**, ce qui est tout à fait normal pour une startup en phase de lancement : les charges fixes (salaires, loyer, hébergement) sont supportées dès le départ, tandis que la base de clients et le volume de missions sont encore en cours de construction.

Dès la **deuxième année**, le projet atteint la rentabilité avec un bénéfice net de **2 635 233 DA**, grâce à l'augmentation du nombre de courses (100/mois) et du nombre d'entreprises abonnées (25 entreprises). La croissance s'accélère fortement en année 3 avec un bénéfice net de **9 177 733 DA**, confirmant la viabilité économique et financière du modèle sur le moyen terme, avec une expansion progressive vers les wilayas voisines de Tlemcen.

Conclusion Générale

Ce projet de fin d'études avait pour ambition de répondre à une problématique concrète et documentée : comment connecter en temps réel les expéditeurs de marchandises aux chauffeurs et propriétaires de camions en Algérie, afin de réduire les trajets à vide et d'optimiser l'utilisation du parc de transport ?

La plateforme TransportDZ développée dans ce cadre représente une réponse complète et fonctionnelle à cette problématique. Elle se distingue par une architecture technique rigoureuse — React Native et Expo Router côté mobile, FastAPI côté serveur, MongoDB et Redis pour la persistance et le cache, WebSocket pour les communications temps réel — qui a permis d'atteindre l'ensemble des critères de performance non-fonctionnels fixés lors de la conception : un temps de réponse API mesuré à environ 180 ms, un délai de mise à jour GPS de 1,2 secondes, et un calcul VRP bouclé en moins de 2 secondes pour une flotte de dix véhicules et quinze demandes simultanées.

Sur le plan fonctionnel, les 27 besoins fonctionnels répartis sur six modules ont été implémentés et validés à travers trois scénarios d'intégration de bout en bout : le flux marché ouvert, le flux flotte avec assignation directe, et le flux d'optimisation VRP avec distances réelles via l'API ORS. La séparation architecturale entre marché OUVERT et marché FLOTTE, appliquée exclusivement côté serveur, constitue l'un des apports architecturaux fondamentaux de cette solution, garantissant l'intégrité des accès quel que soit le comportement de l'application cliente.

Sur le plan entrepreneurial, l'étude menée au Chapitre 4 confirme la viabilité économique du projet. Malgré un déficit attendu en première année d'exploitation — inhérent à toute startup en phase de lancement — le modèle atteint la rentabilité dès la deuxième année avec un bénéfice net prévisionnel de 2 635 233 DA, pour atteindre 9 177 733 DA en troisième année. Le modèle économique reposant sur une commission de 10% par transaction et un abonnement premium à destination des entreprises expéditrices constitue un équilibre pertinent entre accessibilité pour les petits transporteurs et valorisation des fonctionnalités avancées.

Plusieurs perspectives d'évolution ont été identifiées pour les versions futures de la plate-

forme : l'intégration d'un système de paiement mobile algérien (Edahabia, BaridiMob) pour fluidifier les transactions, l'ajout d'une interface en langue arabe pour élargir l'adoption auprès des transporteurs, le déploiement sur infrastructure cloud avec tests de charge pour valider la scalabilité à 10 000 utilisateurs simultanés, ainsi que l'extension progressive vers les marchés tunisien et marocain. Un tableau de bord analytique avancé pour les propriétaires de flotte et la mise en place d'un module d'administration complet sont également prévus.

TransportDZ s'inscrit ainsi comme la première solution FreightTech pensée et développée pour le marché algérien, comblant un vide numérique que ni les pratiques informelles, ni les TMS traditionnels, ni les plateformes africaines existantes ne parvenaient à adresser.

Annexes

Annexe A — Variables d’environnement Backend

```
MONGO_URI=mongodb://127.0.0.1:27017
MONGO_DB=transport_db
SECRET_KEY=your-secret-key
ALGORITHM=HS256
ACCESS_TOKEN_EXPIRE_MINUTES=1440
REDIS_URL=redis://localhost:6379
ORS_API_KEY=your_ors_key
```

Annexe B — Variables d’environnement Frontend

```
EXPO_PUBLIC_API_BASE_URL=http://192.168.x.x:8000
EXPO_PUBLIC_ORS_API_KEY=your_ors_key
```

Annexe C — Lancer le projet

Backend :

```
cd backend
pip install -r requirements.txt
uvicorn main:app --reload --host 0.0.0.0 --port 8000
```

Frontend :

```
cd frontend
npm install
npx expo start
```

Bibliographie

- [1] Africa Global Logistics. La digitalisation du transport, 2025.
- [2] Africa Signal. Kobo360 : Solving the african freight paradox, 2025.
- [3] Africa Signal. Lori systems : Building the digital highways for africa, 2025.
- [4] Agence de Presse Service. Ports : Traitement de 126 millions de tonnes de marchandises en 2023, 2024.
- [5] Banque Mondiale. Transport overview : Transport for development, 2023.
- [6] Grady Booch, James Rumbaugh, and Ivar Jacobson. *The Unified Modeling Language User Guide*. Addison-Wesley, 2 edition, 2005.
- [7] European Environment Agency. Reducing greenhouse gas emissions from heavy-duty vehicles in europe, 2022.
- [8] Dario Farren, Ricardo Giesen, and Luis Ignacio Rizzi. The economics of empty trips. *Economics of Transportation*, 39, 2024.
- [9] FreightWaves. Lori is driving visibility in emerging markets, 2019.
- [10] Kahina Hamoudi and Ahmed Bellaouar. Analysis of road freight transport in algeria. In *Proceedings of the 120th IRES International Conference*, pages 32–36, Istanbul, Turkey, 2018.
- [11] Robert C. Martin. *Clean Code : A Handbook of Agile Software Craftsmanship*. Prentice Hall, 2008.
- [12] MIT Sloan Management Review. How artificial intelligence is transforming logistics, 2024.
- [13] Chris Pickett. Wasted truck space has lessons for profitable sustainability. World Economic Forum (Agenda), 2023.
- [14] Uber Freight. Uber freight research shows two-thirds of empty miles can be eliminated — here’s how, 2023.
- [15] Uber Freight. The journey to fuel efficiency, 2024.
- [16] Ron Yang. Geographic imbalance, search frictions, and regulation : Causes of empty miles in freight trucking. Policy Research Working Paper 10775, World Bank, 2024.