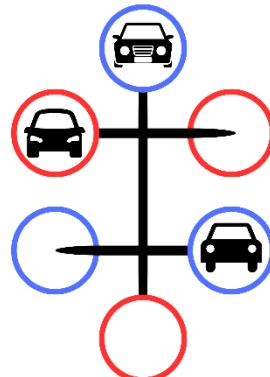




ÉCOLE CENTRALE CASABLANCA
PROJET LEARNING BY DOING

ManegePark



La flexibilité du stationnement en ½ geste

Réalisé par :

BEN ATTOU EL IDRISI Hibat Allah
BEN HASSI Rida
CLABESSI Mahoutodji Mardoché
DANHO Jean-Brice Joseph
EL BARHICHI Mohammed

Encadrant :

Mme Bouchra BENSIALI

Juin 2023

Table des matières

Remerciements	3
Dédicace	3
1. Résumé	4
2. Introduction	4
3. Développement du projet (Chapitres)	5
1. Planification :	5
2. Contexte et problématisation :	5
3. Parties prenantes et besoins :	6
▪ Parties prenantes du projet.....	6
▪ Besoins et périmètre du projet.....	7
4. Etat de l'art :	7
5. Choix de la solution :	10
6. Mise en place de la solution :	12
6.1. Assemblage mécanique	12
6.2. Partie numérique.....	23
7. Résumé de notre solution fonctionnelle (Résultats de synchronisation) :	30
8. Vers une implémentation réelle au Maroc :	31
4. Conclusion générale.....	35
Références bibliographiques :	36

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers toutes les personnes qui nous ont soutenus tout au long de cette année de réalisation de notre projet. Tout d'abord, nous remercions chaleureusement **Monsieur Khalid Dahi**, le premier responsable du projet "Learning by Doing", pour avoir répondu à nos sollicitations et nous avoir offert son aide précieuse. Nos remerciements vont également à Madame **Bouchra Bensiali**, notre tutrice, qui a assisté à toutes nos soutenances et nous a prodigué des remarques judicieuses et bien guidées. Nous sommes reconnaissants envers notre coach ADPL madame **Aussalah Jamila**, qui a veillé à ce que nous soyons présents et performants lors de nos présentations. Nous tenons également à remercier les membres du jury des deux soutenances, Monsieur **Jean_Pierre Llored** et Monsieur **Saber Darmoul**, qui ont apprécié notre travail et nous ont prodigué des remarques précieuses qui nous ont permis d'améliorer notre projet. Nos remerciements vont également à Madame **Maha Annoukoubi**, qui nous a constamment soutenu par ses remarques et nous a encouragé à gérer notre temps de manière plus efficace. Nous exprimons également notre gratitude envers Madame **Kawtar Zerhouni**, qui nous a encouragé à nous investir pleinement dans ce projet lors d'une réunion en ligne. Monsieur **Abdelaziz Dagouri**, qui a toujours été présent au **FABLAB** pour nous apporter un soutien technique, mérite également nos remerciements sincères. Nous n'oublions pas Monsieur **Chafik**, l'assistant, qui nous a généreusement assistés dans le choix des matériaux et nous a transmis des astuces techniques précieuses. Nous adressons également nos remerciements aux **agents de sécurité** qui nous ont permis de travailler dans les salles de l'école et la bibliothèque, même tard le soir. Nous exprimons notre reconnaissance envers tous nos intervenants, en particulier les **citoyens marocains** qui ont participé à notre micro-trottoir, ainsi que Monsieur **Zakaria LABIAD**, l'ingénieur en construction qui a estimé le coût de notre projet, et les responsables du stationnement de la **société CasaBaia** et **CGpark** pour le temps qu'ils nous ont accordé et les informations précieuses qu'ils nous ont fournies pour bien cerner le problème de la mobilité urbaine et choisir la solution adéquate. Nous sommes profondément reconnaissants envers chacune de ces personnes pour leur soutien inestimable et leur contribution à la réussite de notre projet.

Dédicace

À nos chers parents,

En cette occasion spéciale de notre premier projet, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude pour tous les sacrifices que vous avez consentis depuis toujours, ainsi que pour l'amour, la tendresse, le soutien et les prières inébranlables que vous nous avez prodigués tout au long de notre vie et tout au long de ce projet en particulier. Votre présence et votre soutien ont été nos piliers solides pendant les moments difficiles. Vous avez été notre source d'inspiration et de force lorsque les défis semblaient insurmontables. Votre confiance en nos capacités nous a poussé à persévérer et à croire en nous-mêmes, même lorsque nous doutions. Votre amour inconditionnel nous a donné le courage nécessaire pour prendre des risques et repousser nos limites.

Merci d'avoir été toujours présents pour nous, pour nous écouter, nous soutenir et nous encourager lorsque nous avions besoin d'un coup de pouce. Vos conseils avisés et vos encouragements constants nous ont guidés tout au long de ce projet, et nous ne pourrions être plus reconnaissants de vous avoir à nos côtés. Nous sommes honorés d'être vos enfants, et nous nous engageons à continuer de vous rendre fiers à chaque étape de notre parcours.

Merci du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour nous.

Merci du fond du cœur chers parents.

1. Résumé

La gestion intelligente du transport et de la mobilité urbaine est cruciale pour les villes africaines durables et intelligentes. Dans le cadre du projet Learning By Doing, nous nous sommes penchés sur le manque de places de stationnement, un problème majeur pour les conducteurs dans les villes africaines, notamment à Casablanca, où nous avons défini le périmètre de notre projet.

Nous avons mené une enquête auprès de plus de 240 citoyens de 40 villes africaines, qui ont identifié le manque de parkings comme leur principale préoccupation en matière de transport local. Nous avons également visité CasablancaBaïa, une société de gestion de parkings, afin de mieux comprendre leurs besoins et ceux de leurs clients, qui sont également nos parties prenantes.

Pour résoudre le problème du stationnement et du manque de parkings, nous avons conçu ManegePark, une solution intelligente et durable. Ce système de stationnement prototype repose sur un mécanisme de rotation verticale similaire à une grande roue, avec 12 palettes pour garer les voitures à des emplacements définis. Un microcontrôleur, des chaines et des pignons gèrent la structure mécanique et le transport des voitures dans tout le système.

Nous avons également développé une partie numérique pour gérer le stationnement avec des caméras, des capteurs et une application mobile. Les conducteurs peuvent trouver les parkings disponibles, connaître leur localisation et gérer leur stationnement grâce à l'application mobile ManegePark. Pour la visibilité et plus de sécurité de notre système, les caméras détectent les plaques d'immatriculation des véhicules à l'entrée et à la sortie du parking, enregistrant les informations dans une base de données. Pour récupérer leur voiture, les conducteurs utilisent un code PIN pour payer et faire descendre leur voiture par le système rotatoire.

Le système ManegePark présente de nombreux avantages, notamment une utilisation efficace de l'espace, une réduction des temps d'attente et une amélioration globale de l'expérience de stationnement.

En proposant ManegePark, nous souhaitons contribuer à résoudre le problème urgent du manque de parkings dans les villes africaines. Notre projet offre une solution innovante et pratique qui peut être mise en œuvre dans différentes villes, améliorant ainsi la mobilité et facilitant la vie quotidienne des citoyens.

2. Introduction

Dans le cadre de sa formation généraliste, l'Ecole Centrale Casablanca vise à plonger ses élèves ingénieurs dans le domaine professionnel en les initiant à des projets de recherche et l'innovation. Par le biais de ces activités l'école cherche encore à former des ingénieurs conscients des enjeux marocains et africains, notamment ceux liés à l'emploi de nouvelles technologies dans les villes africaines.

Dans ce projet, nous intéressons aux enjeux liés à la mobilité et du transport en Afrique, et à comment peut-on les résoudre d'une manière intelligente et durable. Plus précisément, notre travail s'installe dans le domaine des parkings et du stationnement. Le problème de l'insuffisance

de places de parking est un problème qui a une incidence directe sur les coûts et la qualité de vie des citoyens.

Par le présent rapport, nous vous initierons vers nos pistes de réflexion ainsi que notre démarche au cours de l'élaboration de notre problématique. Ensuite, nous vous présenterons les différentes solutions existantes qui contribuent dans la résolution de notre problématique. Une analyse de l'univers de solutions nous a renseigné sur la non convenance de certaines solutions à cause de nombreux facteurs. Après, nous proposerons notre solution retenue ainsi que son cahier de charges fonctionnel. Nous allons ensuite vous présenter les différentes tournures, les contraintes et les étapes que nous avons envisagé pour réaliser le prototype de notre projet. Nous clôturerons notre rapport par une conclusion résumant les différents points abordés, suivie d'une bibliographie comportant les sources de nos recherches

3. Développement du projet (Chapitres)

1. Planification :

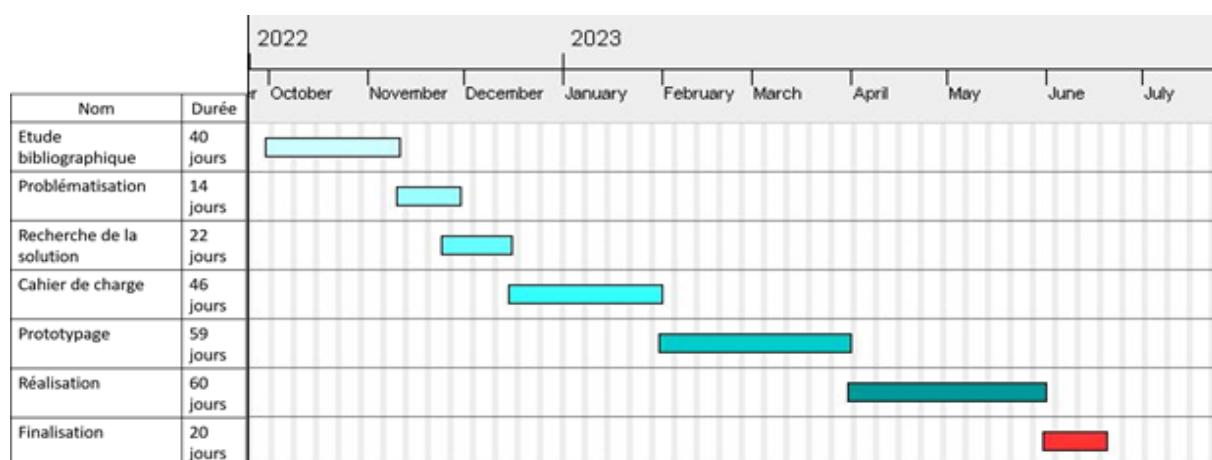


Figure 1 : Diagramme de Gant

2. Contexte et problématisation :

Au cours de notre phase de recherche, nous avons passé du général vers le plus spécifique. Nous avons commencé par le positionnement d'Afrique par rapport au monde dans le secteur du transport. Ensuite, on s'est spécialisés dans l'Afrique. Au final, nous avons décidé de s'intéresser à notre entourage.

Pour ça, nous avons créé une enquête sous forme de sondage composé de 3 questions qui ont pour but de mieux comprendre les problèmes dans notre entourage. Les réponses reçues étaient de plusieurs nationalités, plus de 220 personnes ont répondu de plus de 40 villes africaines.

Ensuite on s'est intéressé à

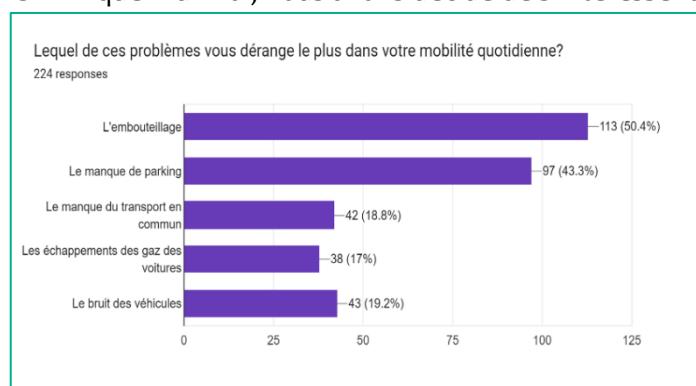


Figure 2 : Résultats du sondage sur les problèmes du transport

comprendre comment les gens se déplacent, donc la question était de choisir leurs moyens du transport quotidien, la réponse la plus dominante était les voitures personnelles. Au final, et après avoir classé plusieurs problèmes qu'on peut travailler sur, nous avons questionné les citoyens sur les problèmes qui leur gênent le plus. Et donc nous remarquons que la plupart des votes étaient pour le problème d'embouteillage et celui du manque des parkings.

Ainsi, d'après une étude faite par IZIX, plus de 30% des problèmes d'embouteillages sont essentiellement causés par les problèmes du stationnement [1].

Donc la résolution du problème du manque du parking va sûrement contribuer à la diminution de la congestion pour permettre à la circulation d'être plus fluide. De là nous avons décidé de choisir plus spécifiquement le problème du manque des parkings et leurs gestions pour le traiter. D'où on se demande "**En quoi la gestion intelligente du stationnement peut-elle fluidifier la mobilité en résolvant le manque des parkings de façon durable?**"

L'objectif de notre projet est donc de proposer une technologie intelligente et durable qui facilite la gestion du stationnement des véhicules pour but de résoudre le problème du manque des parkings, et donc de fluidifier la circulation routière.

3. Parties prenantes et besoins :

Dans le cadre de l'étude du marché, nous avons fait plusieurs visites, rencontres, et discussions avec des sociétés et des individus qui peuvent nous fournir des informations supplémentaires afin d'enrichir nos connaissances et d'élargir notre angle d'attaque.

- **Parties prenantes du projet**

En cherchant les différentes solutions qui existent et qui résolvent le problème du manque des parkings, nous sommes partis chez CasablancaBaïa, l'entreprise qui gère les différents stationnements à Casablanca.

- **Visite du siège :**

La visite du siège de l'entreprise CasablancaBaïa nous a permis de discuter profondément sur les différentes pistes de réflexion en ce qui concerne la gestion des parkings et du stationnement sur voirie, ainsi que les différentes technologies implémentées qui facilitent la gestion des parkings. Nous avons ainsi discuté à propos des besoins, que nous présenterons par suite dans le rapport, de cette entreprise en termes des problèmes qu'ils rencontrent lors de la gestion de leurs différents stationnements.



Figure 3 : photo prise au siège de l'entreprise CasablancaBaïa

- Visite du terrain :

La visite du terrain, un parking sous-terrain de l'entreprise CasablancaBaïa nous a permis de mieux comprendre le fonctionnement des technologies implémentées dans la vie réelle, et nous avons donc pu rassembler des différentes idées de l'univers de solution existants que nous vous présenterons ultérieurement dans le rapport.



Figure 4 : Photo prise à l'entrée d'un parking sous-terrain de l'entreprise CasablancaBaïa

- Rencontres avec d'autres parties prenantes :

Dans le but de d'enrichir nos connaissances à propos de la solution que nous voulons l'adapter, son utilisation au Maroc, et plus précisément Casablanca, nous avons pensé à faire des réunions avec de nombreuses personnes qui travaillent dans ce domaine. Nous avons appelé par téléphone l'entreprise Verrouillage Sécurité Maroc, une entreprise qui vend des technologies de gestions des parkings. Ainsi, nous avons fait des réunions virtuelles avec des experts du domaine pour bien choisir la solution finale que nous adapterons. Au final, nous avons discuté la faisabilité et la réalisation de la solution que nous comptons faire avec des ingénieurs qui nous ont expliqué les différentes contraintes du projet. Une étude englobante les différentes perspectives nous a permis de mieux cerner notre recherche afin de retenir une solution faisable, rentable et applicable au Maroc

- Besoins et périmètre du projet

Nous avons ainsi spécifié le périmètre de notre projet en se focalisant sur les grandes villes densément peuplées.

L'étude des différents cas nous a dirigé vers l'élaboration de plusieurs besoins que nos parties prenantes ont exprimés, ainsi que d'autres besoins que nous avons pu élaborer en se basant sur les contraintes du Casablanca et sur la mentalité des différents acteurs dans ce périmètre. Les besoins de l'entreprise de gestion du stationnement que nous ayons visité se réduit dans :

- Besoin de la communication automatisée entre les automobilistes et la société.
- Besoin de places de stationnement face à l'augmentation du nombre de voitures considérable.

Ainsi, d'autres besoins que nous avons pu les définir sont :

- Réduire le problème de stationnement des voitures sur des voies non autorisées.
- Diminuer l'affluence sur les routes.
- Diminuer le stress des citoyens dû à la congestion et aux difficultés de stationnement.
- Assurer la connectivité et la coordination en termes de mobilité

4. Etat de l'art :

Pour mieux comprendre les différents aspects de la problématique, nous allons présenter l'univers des solutions existants pouvant résoudre les problèmes de stationnement pour finir par une comparaison et une mise en place de notre solution.

- L'application mobile OPnGO :

OPnGO est une application mobile qui aide les automobilistes à trouver des places de parking et à les réserver en utilisant leur téléphone portable. Elle offre des fonctionnalités telles que le paiement en ligne, la possibilité de choisir des catégories de parkings et des options d'abonnement, et une reconnaissance automatique de la plaque d'immatriculation pour l'accès au parking



Figure 5 : L'interface de l'application OPnGO

Source : <https://www.auto-infos.fr/article/opngo-lance-de-nouvelles-offres-de-stationnement-pour-accompagner-le-deconfinement.232434>

- Parking robotique diagonal :

Un garage de stationnement intelligent diagonal robotique est un système automatisé utilisant des robots pour gérer l'entrée, la sortie et la circulation des véhicules dans le garage, en utilisant des places de stationnement diagonales pour maximiser l'utilisation de l'espace. Les propriétaires de véhicules peuvent entrer et sortir du garage en utilisant une application mobile ou un système de reconnaissance automatique. Il peut inclure des fonctionnalités telles que la surveillance en temps réel et l'analyse de données.



Figure 6 : Premier parking diagonal en Chine

Source :

<https://twitter.com/KTREnews/status/1084623634621190144>

- Système de stationnement par glissement :

Un système de stationnement par glissement de levage est un système automatisé qui permet de stocker des véhicules en les empilant les uns sur les autres en utilisant des plateformes de levage actionnées par un mécanisme électrique ou hydraulique. Les véhicules sont glissés vers l'emplacement de stockage final, où ils sont verrouillés en place, pour les récupérer, le système les déverrouille et les ramène à une zone d'accès. Il est efficace pour maximiser l'utilisation de l'espace de stationnement et protéger les véhicules des intempéries et des actes de vandalisme



Figure 7 : système de stationnement par glissement de levage de deux niveaux

Source: <https://www.indiamart.com/proddetail/two-level-three-level-puzzle-car-parking-system-24236107512.html>

- Tower Parking :

Au niveau de l'entrée du système, votre voiture est chargée sur une palette en acier qui est déplacée par une cage de levage verticalement le long de la rampe d'ascenseur et votre voiture (sur la palette en acier) est garée dans chaque abri de stockage à chaque étage et ce système est communément appelé "Tour de stationnement". Le système a la vitesse d'entrée et de récupération de voiture la plus rapide et il convient aux bâtiments de taille moyenne et grande ou aux tours de stationnement.



Figure 8 : Tour de stationnement

Source : http://ajaps.co.kr/assets/web/images/product_012x_1-p-500.png

- Parking Silo automatisé :

Un système de silo est cylindrique, similaire à un silo à grains. Les véhicules sont garés à l'extrémité externe du noyau. Le noyau est occupé par un mécanisme de levage/rotation qui permet de positionner le véhicule, habituellement autorisant un seul véhicule à être manipulé à la fois. Les mécanismes de silo permettent cependant un positionnement simultané vers le haut/vers le bas et axial, ce qui peut déplacer les véhicules plutôt rapidement. Bien que les systèmes de silo puissent être construits au-dessus du sol, ces systèmes de stationnement sont normalement construits sous terre.



Figure 9 : Silo Parking automatisé

Source: http://ajaps.co.kr/assets/web/images/product_012x_1-p-500.png

- Parking rotatif vertical :

Dans le système de parking rotatif, les véhicules entrent et sortent du parking exactement au même endroit. Une fois que le conducteur quitte la zone de sécurité, le véhicule est garé en faisant tourner la structure entière (comme une chaîne), libérant ainsi l'emplacement d'entrée pour le prochain véhicule. Un véhicule garé peut être récupéré en cliquant sur le bouton de l'emplacement du véhicule, et le système fait tourner automatiquement la structure jusqu'à ce que le véhicule nécessaire soit placé dans la baie de sortie du système de parking, prêt à être récupéré par le conducteur et à quitter le parking.



Figure 11 : parking rotative

Source : <http://hbc-enc.com/rotary-parking-system/>

5. Choix de la solution :

Pour choisir la solution à retenir, notre équipe a fait recours à un tableau comparatif qui a permis de dégager les points forts et les points faibles de chaque solution tout en prenant en considération le périmètre de notre projet. Pour ce faire, nous avons fait quelques rencontres avec des experts dans le domaine de stationnement ainsi qu'avec la société CasaBaïa pour choisir les critères sur lesquels nous nous basons dans la comparaison. Les critères retenus sont : nécessité d'espace, impact écologique, coût, rentabilité, entretien et maintenance, faisabilité et durabilité.

Le tableau comparatif suivant présente la comparaison entre les différentes solutions en utilisant une normalisation sur une échelle de 1 à 10:

Système de Parking	Nécessité d'espace	Impact écologique négatif	Coût	Rentabilité	Entretien	Faisabilité	Durabilité
robotique diagonal	8	6	9	6	7	7	8
Parking par glissement	9	7	7	8	6	7	7
Tower Parking	7	6	8	7	8	8	7
Silo automatisé	8	5	9	7	7	7	8
rotatif vertical	3	3	6	9	9	9	9

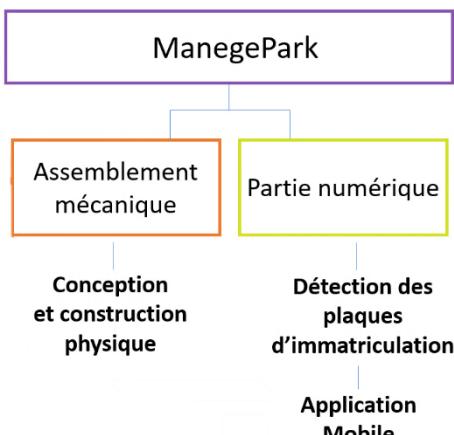
Figure 12 : Tableau comparatif

Il s'avère que la solution du parking rotatif vertical présente plus d'avantages par rapport aux autres solutions proposées. Nous avons donc décidé d'adapter le système rotatif vertical, que nous voulons l'améliorer en prenant en compte plusieurs axes d'amélioration.

➤ Solution retenue : Présentation de ManegePark

ManegePark est la solution retenue du groupe LBD9, c'est un parking rotatif vertical qui répond aux besoins des citoyens en termes de facilité du stationnement sous le slogan: '**la flexibilité du stationnement en ½ geste**'.

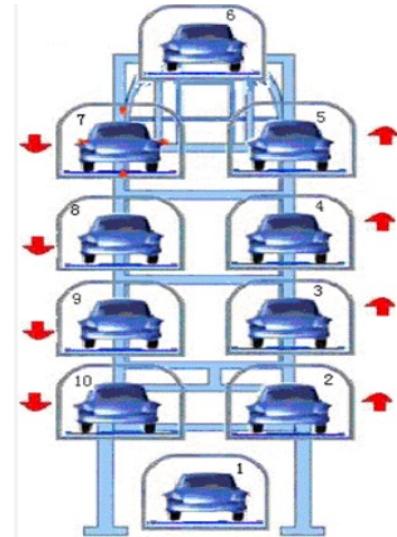
Le choix du nom du projet est inspiré par le concept d'un manège, avec son mouvement rotatif distinctif. En associant cette idée au domaine du parking, nous avons créé un nom facile à comprendre et à retenir. ManegePark sonne bien à l'oreille, et il représente notre solution innovante de parking rotatif, pratique et efficace. ManegePark est sous forme de:



➤ Principe de fonctionnement détaillé de ManegePark :

- La partie "Assemblage mécanique" du ManegePark se présente dans un système mécanique automatisé, qui tourne à un angle perpendiculaire au sol. De cette façon, le stationnement et la récupération des voitures sont fiables. Il fonctionne de manière rotative et entraîné par le moteur, le dispositif de transmission entraîne les palettes de stationnement en rotation pour le stationnement et la récupération des voitures.

- La partie numérique représente pratiquement le système de gestion du stationnement au sein de notre parking ManegePark.



En effet, nous avons émis des contraintes d'automatisation et d'accessibilité à notre solution afin qu'elle puisse répondre à tous les besoins de nos parties prenantes. A cet effet, nous avons d'une part mis en place une caméra et une barrière entrée-sortie du parking, des capteurs au niveau du sol des palettes de garage, un écran LCD accompagné d'un bouton à côté de la caméra d'entrée. D'autre part, nous avons créé une application mobile ainsi qu'une base de données avec un algorithme pour l'interaction des différents dispositifs. De façon pratique :

- Sur l'interface utilisateur de l'application, l'automobiliste disposera d'une partie 'Disponibilité' où il peut rechercher les parkings avec des places disponibles à Casablanca et d'une autre partie 'Gestion de mon stationnement' où il pourra s'authentifier après s'être garé sur un parking donné.



A l'entrée comme à la sortie du parking, la barrière ne se lèvera que si la caméra détecte la plaque d'immatriculation de chaque véhicule, traite les images et renvoie le numéro de matricule du véhicule dans la base de données.

Lorsque le conducteur gare sa voiture, il se rend à l'écran LCD et récupère un code PIN qui lui est attribué uniquement. Ensuite, il clique sur le bouton poussoir pour faire ascender sa voiture.



Lorsqu'il décide de reprendre sa voiture, il se rend à notre application ManegePark, plus précisément à la rubrique "Gérer mon stationnement".

Dans la partie 'Gérer mon stationnement' de notre application, l'automobiliste va s'authentifier sous son code PIN qui lui a été donné lors de son arrivée, et l'algorithme va interagir avec la base de données et l'application pour lui envoyer une page d'informations telles que son numéro de matricule, la date et l'heure à laquelle il a stationné, le nombre de fois qu'il stationne sur ce parking et le numéro de place à laquelle sa voiture est garée. En plus, L'automobiliste pourra également consulter sa facture et sa consommation en temps réel ainsi que l'historique de ses stationnements sur l'application.

Quand le paiement est effectué, l'algorithme lancera le processus de récupération de la voiture. La voiture est transférée à l'étage inférieur par le système rotatoire prêt à être récupérée en toute sécurité.



6. Mise en place de la solution :

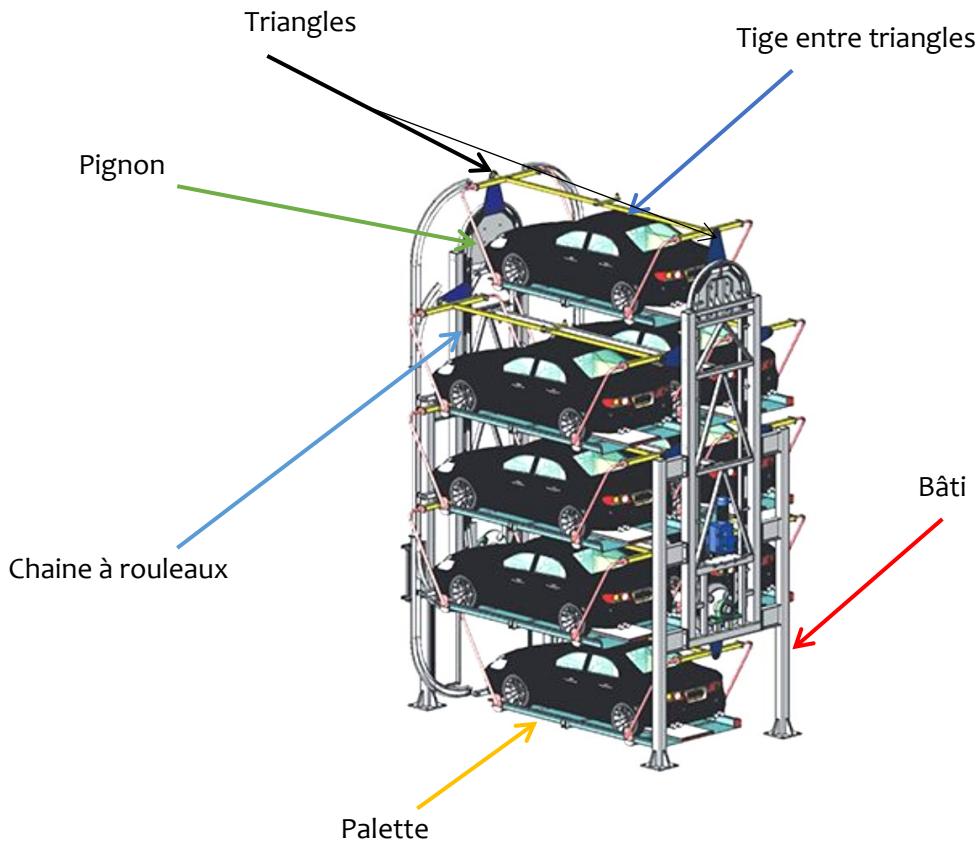
6.1. Assemblage mécanique

6.1.1. Composantes mécaniques

Pour réaliser l'assemblage mécanique de notre ManegePark, nous aurons besoin essentiellement du:

- **Bâti** : Le bâti du parking rotatif vertical est la structure principale qui supporte tout le système.
- **Palettes des voitures** : Les palettes sont des plateformes horizontales qui servent de supports pour les véhicules. Chaque palette est conçue pour accueillir une voiture spécifique et peut être ajustée en hauteur pour s'adapter aux différentes tailles de véhicules.
- **Tiges entre les triangles** : Pour maintenir les palettes en place et permettre leur rotation, des tiges sont utilisées entre les triangles formés par les palettes adjacentes. Ces tiges sont généralement fixées aux coins des palettes et sont reliées à un axe central.
- **Pignons** : Les pignons sont des roues dentées situées le long de l'axe central du système. Ils sont généralement en acier et sont conçus avec des dents qui s'engrènent avec les chaînes.
- **Chaînes** : Les chaînes sont des éléments de transmission de puissance qui sont utilisés pour relier les pignons aux palettes. Elles sont fixées aux pignons et passent par des guides sur les côtés des palettes. Les chaînes permettent de transmettre le mouvement de rotation de l'axe aux palettes, permettant ainsi le déplacement vertical des véhicules.

Ainsi, nous aurons besoins de plusieurs autres composantes qui répondent aux différentes exigences que nous avons



6.1.2. Prototype physique

- **Choix des matériaux :**

En fonction des spécifications et des contraintes liées à la légèreté, l'esthétique la charge de notre prototype à petite échelle de notre projet, il était important d'effectuer des choix des matériaux très précis. Pour cela, nous avons opté pour les matériaux suivants:

Composante mécanique	Nature du matériau	Justification du choix
Bâti	Profils en aluminium	<p>Les profils en aluminium ont été choisis pour le bâti en raison de leur légèreté et de leur résistance.</p> <p>L'aluminium offre une bonne combinaison de robustesse et de durabilité, tout en étant plus léger que le bois ou le fer.</p> <p>De plus, l'aluminium est également recyclable, ce qui est bénéfique d'un point de vue environnemental.</p> <p>L'utilisation de profils en aluminium facilite également la démontrabilité du système, permettant ainsi une installation et une maintenance plus pratiques.</p>

Pignons/Chaînes	Fer léger	Les pignons et les chaînes en fer léger ont été choisis pour notre moteur en raison de leur résistance et de leur légèreté. Le fer léger offre une bonne solidité et est adapté à l'échelle de notre prototype. Il permet de transférer efficacement la puissance du moteur aux chaînes tout en minimisant la charge sur le système.
Triangles et palettes	Plexiglas	<p>Le plexiglas a été choisi pour les triangles et les palettes en raison de sa légèreté, de sa résistance et de son aspect esthétique.</p> <p>Sa légèreté permet de réduire la charge globale du système et facilite le déplacement vertical des véhicules.</p> <p>De plus, le plexiglas confère une esthétique moderne et transparente au parking rotatif, ce qui peut être attrayant pour les utilisateurs.</p>

- **Conception et dimensionnement :**

La conception et le dimensionnement des différentes pièces de notre solution n'a pas été si simple, mais plutôt le fruit d'une grande réflexion et beaucoup d'attention aux très petits détails.

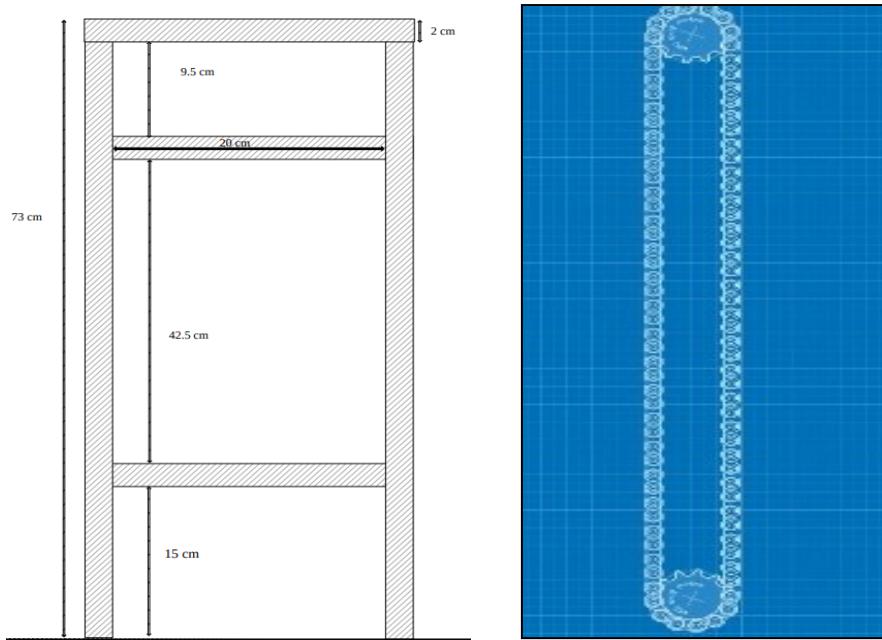
En effet, plusieurs paramètres ont été pris en compte afin de garantir des résultats optimaux. Tout d'abord, nous avons fixé certains paramètres clés pour guider notre conception.

- a. **Conception et dimensionnement du support, des chaînes et des pignons**

Nous avons décidé de faire en sorte que notre support ait **une longueur de plus de 70 cm**, afin de garantir une bonne visibilité de notre prototype à la foire. De plus, nous avons déterminé que ce dernier comporterait **12 palettes** pour bien illustrer l'idée de maximiser la capacité de stationnement grâce à un parking de notre type ManegePark.

Nous avons recherché des chaînes suffisamment longues pour relier les palettes de manière symétrique, avec un pas uniforme entre elles, afin d'assurer un mouvement fluide sans collisions. Des pignons de diamètre relativement grand ont été choisis pour éviter les collisions au centre du système lors de la rotation des palettes. Le positionnement précis des triangles le long des chaînes est crucial pour éviter toute interférence entre les palettes adjacentes et garantir un fonctionnement sans accrocs du système de rotation.

Ces contraintes de conception ont été soigneusement prises en compte dans la conception et le dimensionnement de chaque composant de notre prototype de parking rotatif vertical. En accordant une attention particulière à la longueur du support, au nombre de palettes, à la sélection des chaînes, au diamètre des pignons et au positionnement des triangles, et en tenant compte des paramètres fixés. Nous avons finalement fait les conceptions suivantes :

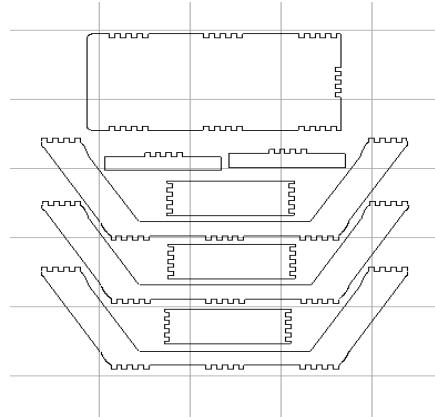


Dimensionnement des chaînes, des pignons et du support pour 12 palettes

b. Conception et dimensionnement des palettes

Par rapport aux palettes, on a fixé aussi les dimensions de leurs bases ($7\text{cm} \times 14\text{ cm}$), au début avec des bras qui devient de la base de 45 degrés pour des raisons de stabilité et de répartition de la charge, mais après pour une contrainte de longueur de la base des palettes, on a opté pour 65 degrés.

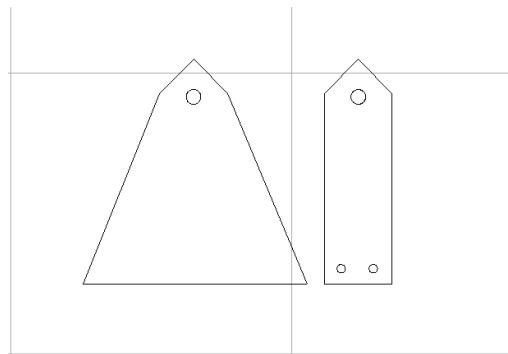
Et puis pour le coté esthétique, on a opté pour une conception de cette forme avec les dimensions suivantes:



c. Conception et dimensionnement des triangles

On a fixé la longueur des triangles à 4cm pour éviter toute collision entre les palettes au niveau central du système lors de leur rotation. Pour concevoir les triangles du système, nous avons opté pour des triangles en plexiglas avec de petites pièces rectangulaires pour les fixer sur la chaîne.

La forme triangulaire a été choisie pour assurer une rigidité et une résistance adéquates face aux charges.

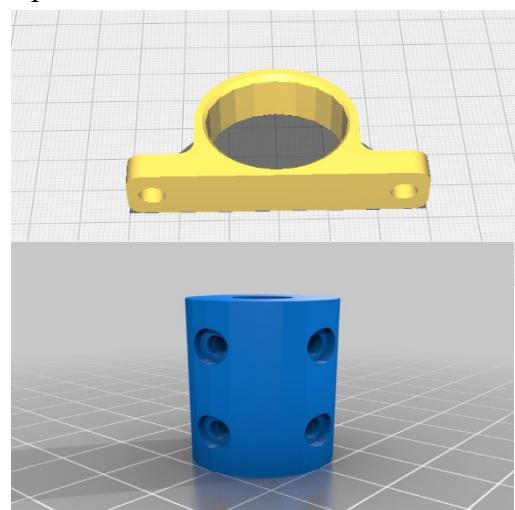


Les dimensions des triangles ont été soigneusement déterminées en fonction des contraintes de notre projet, en tenant compte de la distance entre les palettes et des spécifications du système de chaînes.

d. Conception et dimensionnement des autres pièces

A coté des chaines, des pignons, des palettes et des triangles, on a aussi fait d'autres conceptions liées à des pièces secondaires su projet, mais qui sont quand même obligatoires pour réussir le projet, tels que:

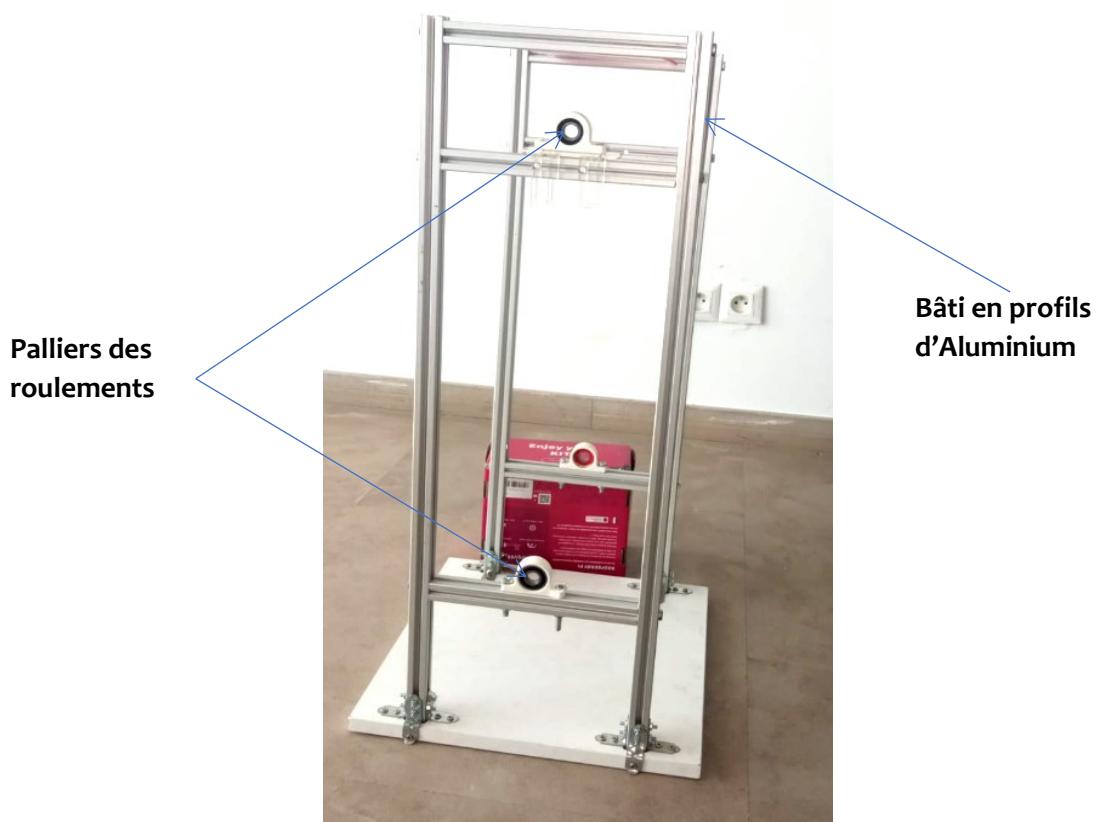
Les palliers des roulements situés sur l'axe central entre les deux pignons et chaines pour assurer un mouvement fluide et sans frottement lors de la rotation des palettes et **le coupleur** qui permet la transmission de la rotation du moteur aux axes des pignons.



- Test et résultats :

a. Support / Bâti :

Grâce au bon dimensionnement de notre support et en réalisant le choix de l'Aluminium pour les avantages cités au-paravant, on a eu le résultat suivant:



b. Pignons et chaînes :

La recherche des pignons et des chaines en accord avec nos exigences et notre dimensionnement n'était pas facile. Donc, on s'est adapté à ce qui était disponible chez les ferroniers, les quicailliers et les cyclistes que nous avons sollicités.



Après plusieurs contraintes de recherche, on a finalement pris, en fer léger comme on le voulait, 4 pignons et 4 petites chaines dans l'intention de les adapter par le matériel du FABLAB.



**4 petites chaînes
non adaptées**



En cours d'adaptation au FABLAB



**2 chaînes adaptées
satisfaisant les
exigences fixées à la
phase de
dimensionnement**

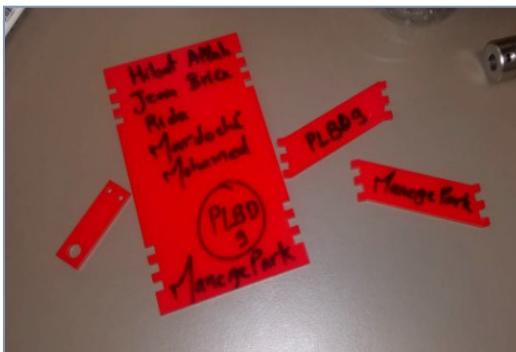
d. Palettes :

Notre réflexion aux détails la plus profonde et nos tests les plus répétés et cruciaux de notre projet ont été spécialement dédiés aux palettes. Pour cela, nous sommes passés par différents tests de conceptions différentes puisque un tout petit détail et un millimètre des carreaux découpés peuvent faire une grande différence.

$$\text{Palette} = \text{Base} + \text{Bras}$$

- Tests sur la base des palettes:

1er test



2ème test



4ème test



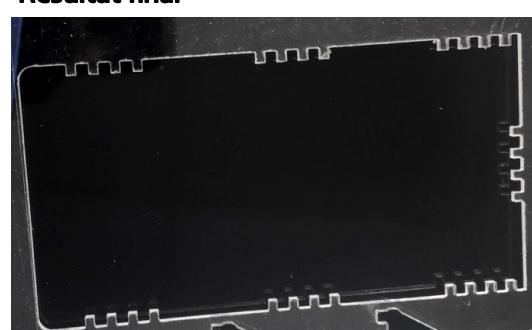
3ème test



5ème test



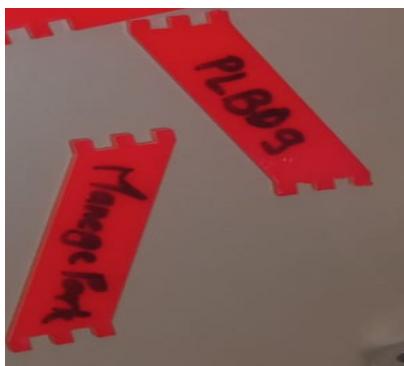
Résultat final



- Tests sur les bras des palettes:

Les bras, comme mentionné dans la partie de conception et dimensionnement doivent être déviés de la base à 45 degrés, mais finalement pour assurer la stabilité, la répartition de la charge et finalement garder la longueur voulue, on a dévié les bras de 65 degrés de la base.

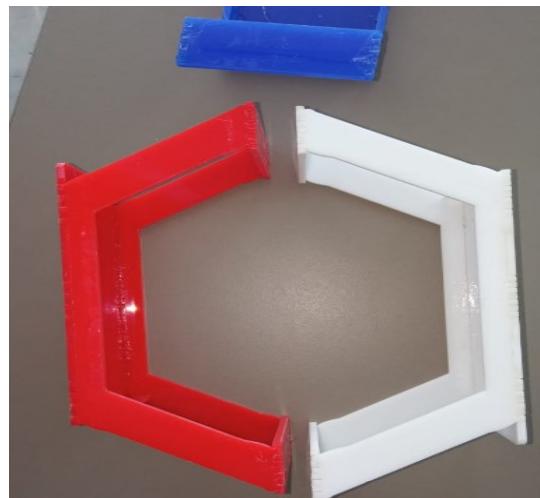
1er test



2ème test

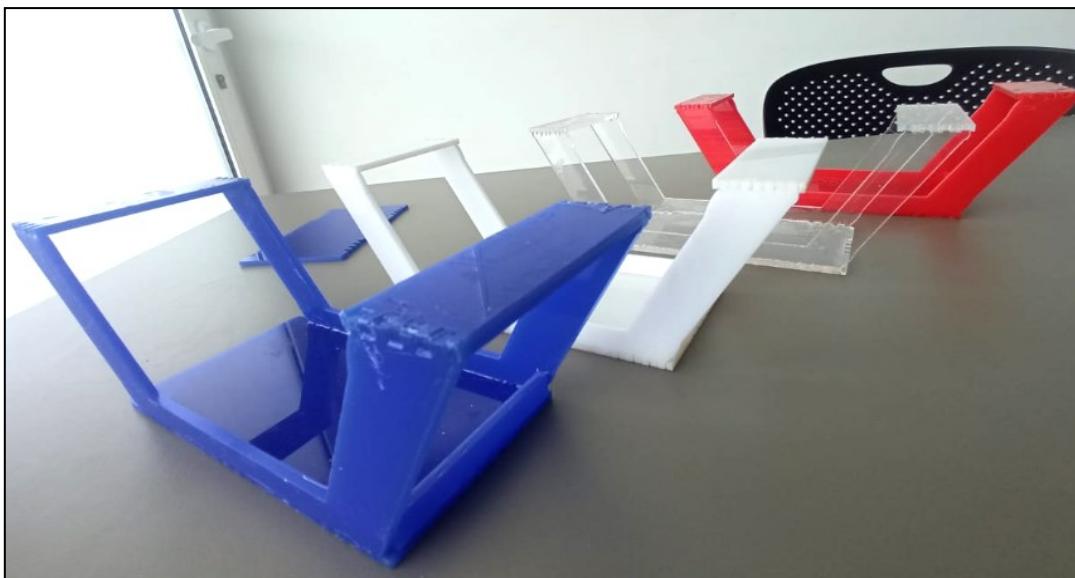


3ème test = Résultat final



- **Résultat final d'une palette**

Spécialement rassemblée par la colle du plexiglas, la palette finale que nous avons obtenue est en accord avec ce qu'on voulait:



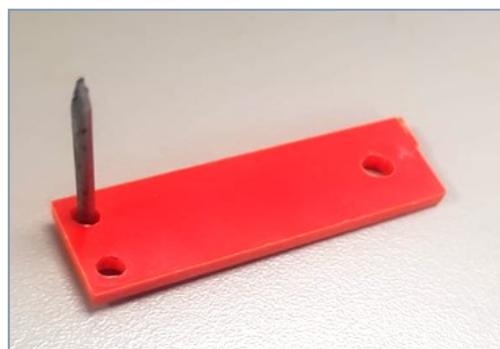
e. Triangles :

Les triangles, comme pour les palettes, n'ont pas été du tout faciles à réaliser. Un simple détail est crucial et peut influencer le déroulement de notre réalisation. Pour cela, nous avons testé différentes formes qui peuvent servir comme petits supports des tiges des palettes, y compris des rectangles dont voici les résultats:

1er test



2ème test



4ème test



3ème test



5ème test



Résultat final



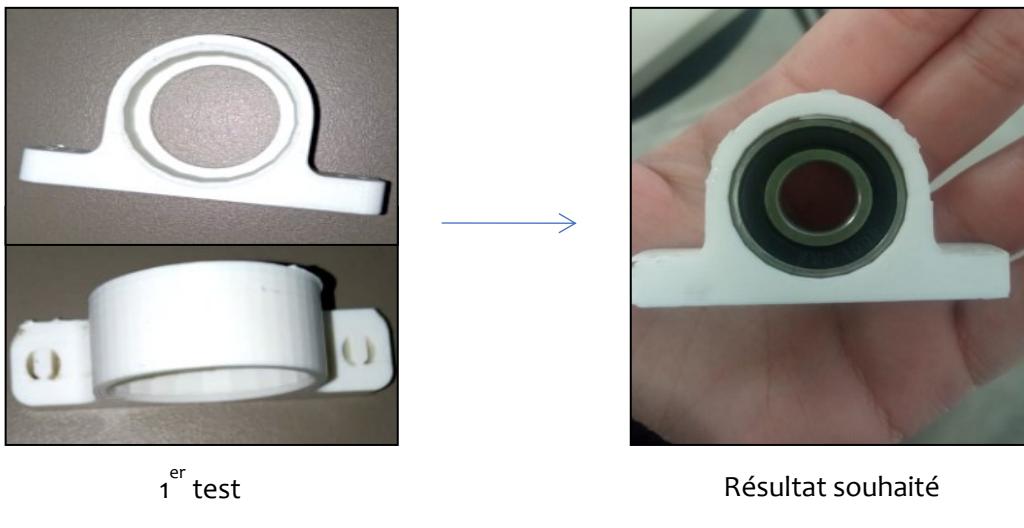
- Positionnement final des triangles sur les chaînes

Pour les 12 palettes qu'on veut faire en notre prototype, nous avons besoin de 48 triangles posés à pas égaux sur les chaines. Voici le résultat :



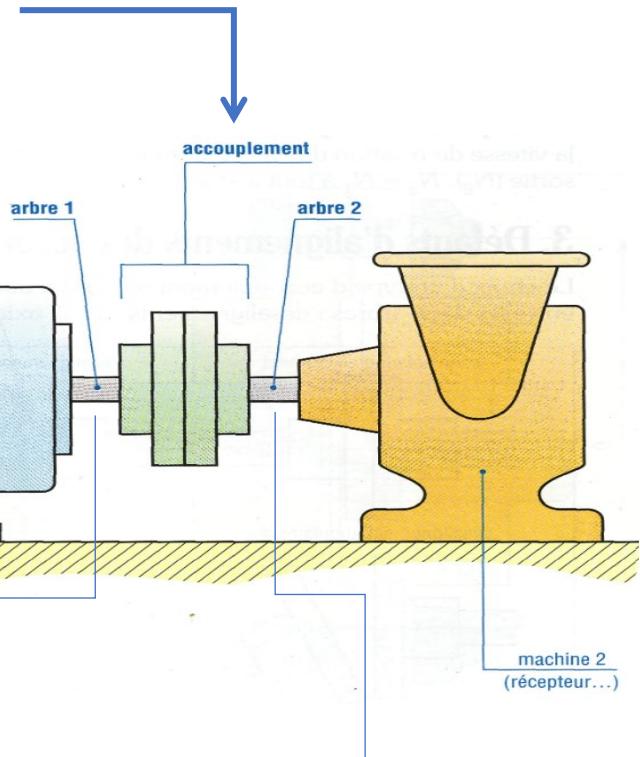
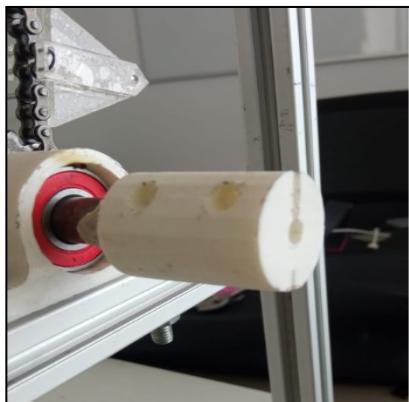
f. Palier des roulements:

On a conçu et imprimé des palliers représentant les supports des roulements qui servent à assurer un mouvement fluide et sans frottement lors de la rotation des palettes.



g. Coupleur :

On a conçu et imprimé en 3D l'accouplement pour transmettre la vitesse et le couple, et la puissance, entre l'axe du moteur de petit diamètre de 5mm et l'axe central de notre assemblage mécanique qui régit la rotation de tout le système. Voici le résultat:



Arbre du moteur Nema 17
(de diamètre: 5 mm)

Axe central de l'assemblage mécanique
(de diamètre: 12 mm)

- **Résultat final de l'assemblage mécanique :**

Après avoir préparé tous les composants mécaniques de notre prototype, on les a rassemblé pour ainsi obtenir:



6.2. Partie numérique

6.2.1. Partie commande du parking

- **Description et choix du matériel :**

Cette partie passera en revue le système électronique du projet.

La partie commande se compose principalement d'une carte Raspberry, d'un microcontrôleur, d'un moteur à courant continu, d'un écran LCD, d'un interrupteur à bouton-poussoir et d'une alimentation.

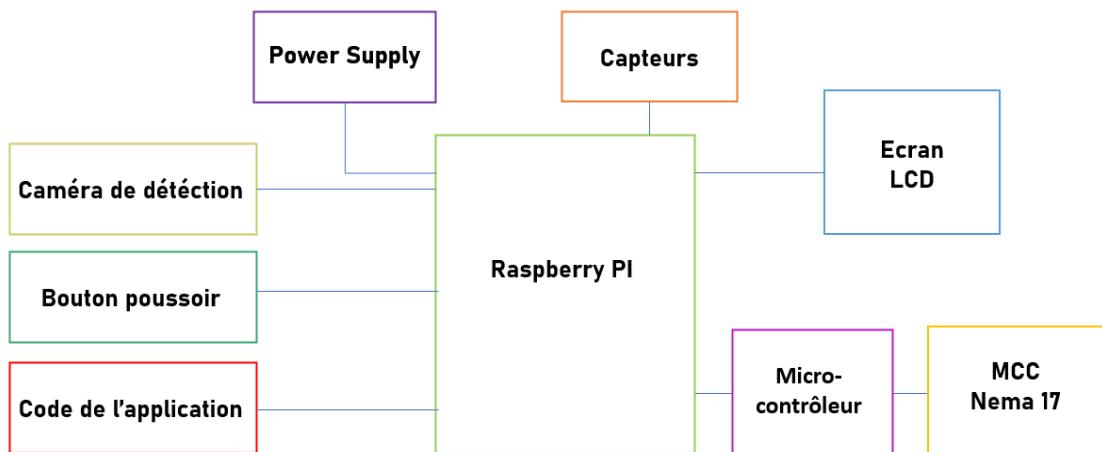


fig: schéma fonctionnel de la partie commande

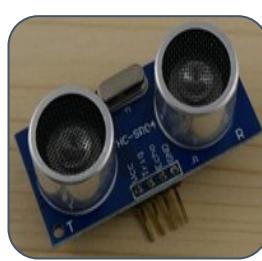
- **Composantes électroniques :**



Carte Raspberry



Moteur à courant continu Nema 17



Capteur ultrason



Afficheur LCD



Micro-contrôleur



Capteur Infra-rouge



Caméra



Bouton poussoir

- **Résultat du circuit électrique :**

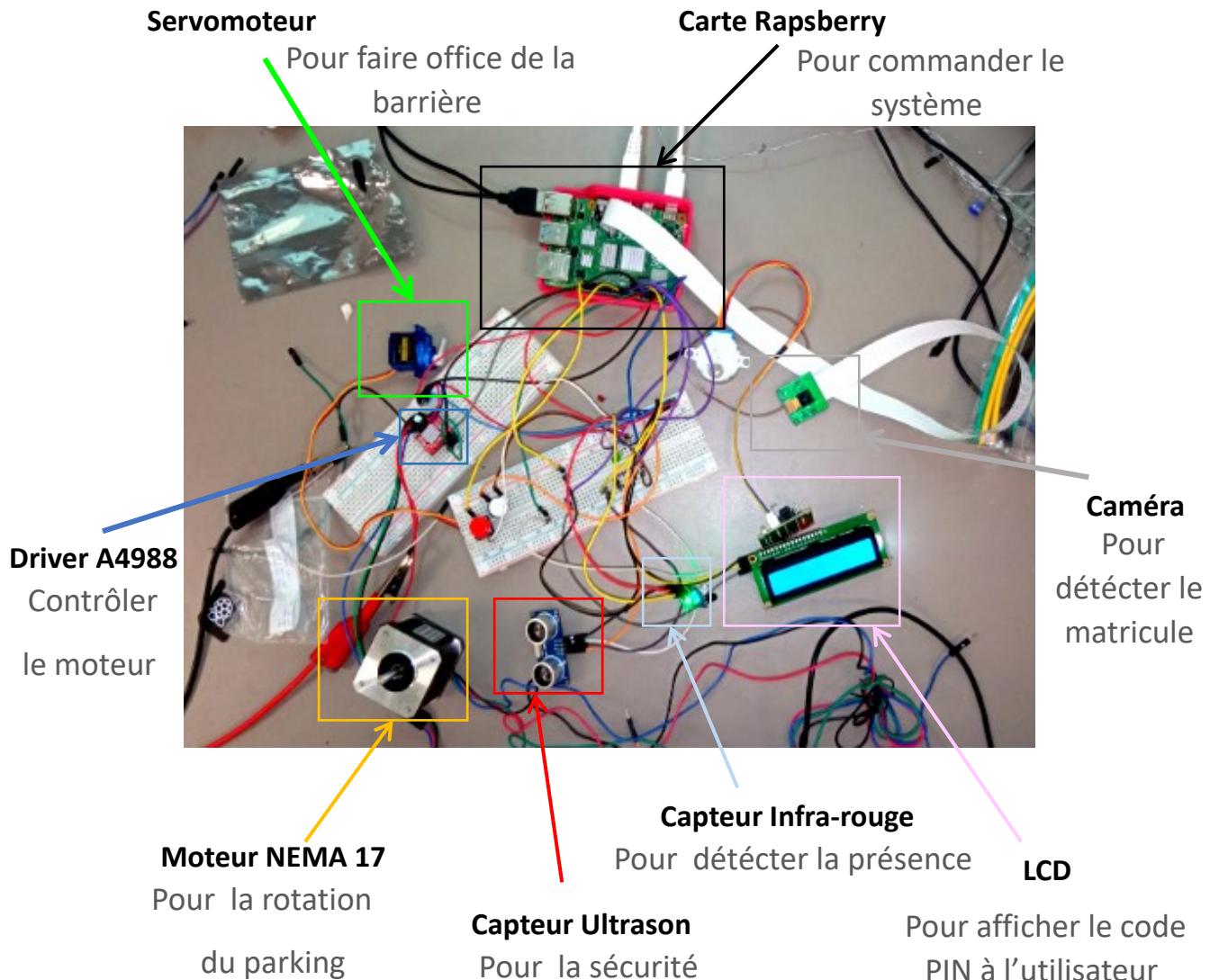


fig: schéma fonctionnel de la partie commande

Pour commander toute la partie numérique, le code a été écrit en langage Python en utilisant la programmation orientée objet et en définissant différentes classes qui permettent d'une part d'organiser le travail et d'autre part de traiter tous cas possibles.

- Résultats en accord avec nos attentes :

Nous avons réussi à faire marcher :

- Le servomoteur
- Les différents capteurs
- Les leds et le bouton poussoir
- Le LCD
- Le moteur = la commande du système rotatoire (c'est-à-dire, on a pu, finalement et après plusieurs tentatives échouées, commander la rotation de notre mécanisme).

6.2.2. Partie de détection d'immatriculation des voitures

Nous avons réussi à implémenter la détection des plaques d'immatriculation des voitures à l'entrée du parking. La détection s'effectue en trois étapes :

- **Prise de la photo :**

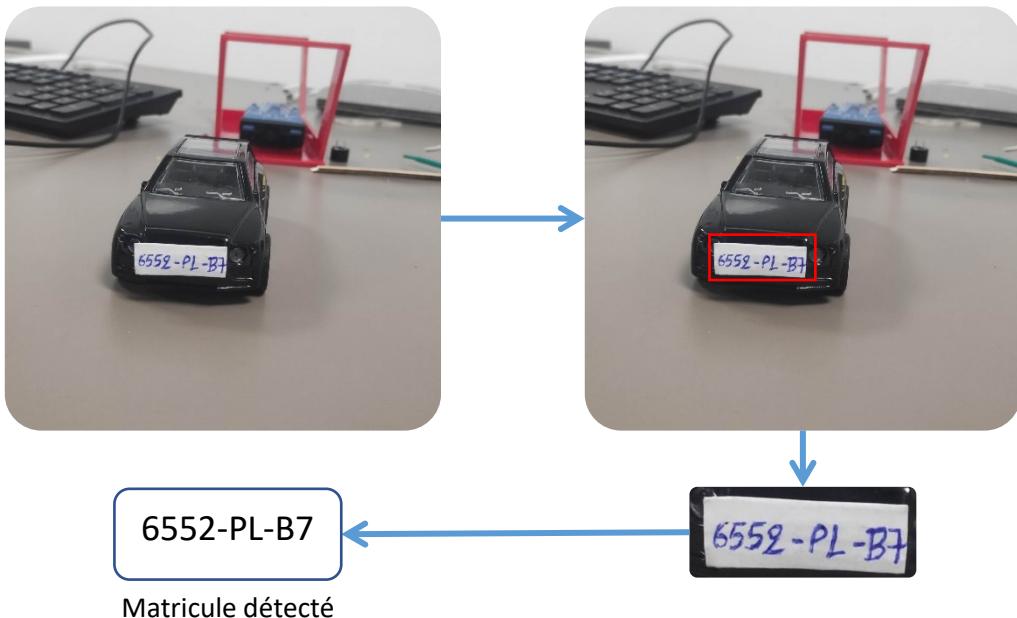
A l'entrée du ManegePark, la caméra prend une photo de la voiture après avoir détecter par le capteur infra-rouge. La photo prise est directement envoyée vers la base de données pour en extraire le matricule

- **Détection de l'emplacement de la plaque d'immatriculation**

La photo reçue par la base de données se traite automatiquement en utilisant la bibliothèque OpenCV pour détecter le contour de la plaque d'immatriculation.

- **Reconnaissance des caractères écrits sur la plaque**

La zone où se trouve la plaque est rogner pour afin d'appliquer un modèle de détection des caractères OCR pour en extraire le texte.



6.2.3. Application mobile

- **Choix du framework flutter (Dart)**

Nous avons choisi d'utiliser le framework Flutter (basé sur Dart) pour l'application mobile ManegePark en raison de plusieurs raisons essentielles. Flutter offre une nature multiplateforme, ce qui permet de réduire les efforts de développement et de maintenance en utilisant une seule base de code pour iOS, Web, Android et Android Auto. En tant que framework open-source, Flutter réduit les coûts de développement en utilisant une seule équipe de développement. Il propose une interface utilisateur réactive et fluide grâce à son moteur de rendu personnalisé et offre une variété de widgets préconçus et personnalisables. En choisissant Flutter, nous sommes confiants de fournir une application mobile de haute qualité pour iOS, Web, Android et Android Auto.

- **Choix de la base de données**

Nous avons choisi d'utiliser Firebase comme base de données pour l'application mobile ManegePark en raison de plusieurs raisons stratégiques. Firebase offre une flexibilité et une évolutivité accrues grâce à sa nature NoSQL, ce qui est bénéfique pour stocker et gérer les données non structurées des utilisateurs. Il garantit également la sécurité des données grâce à des fonctionnalités robustes telles que l'authentification utilisateur et le chiffrement des données. Firebase s'intègre facilement avec d'autres composants technologiques, favorisant le développement d'innovations et une expérience utilisateur améliorée. De plus, l'option gratuite de Firebase nous a permis de prototyper et de tester notre application sans contraintes financières, offrant une flexibilité et un contrôle des coûts précieux. En choisissant Firebase, nous sommes confiants de fournir une expérience utilisateur sécurisée, interactive et optimale pour nos utilisateurs de ManegePark.

- **Tests de l'application mobile**

Dans ce cas de test, on a fini toutes les fonctions de Back-end et nous avons implémenté la partie "Gestion de mon stationnement" dont voici les premiers designs des interfaces de notre application ManegePark :

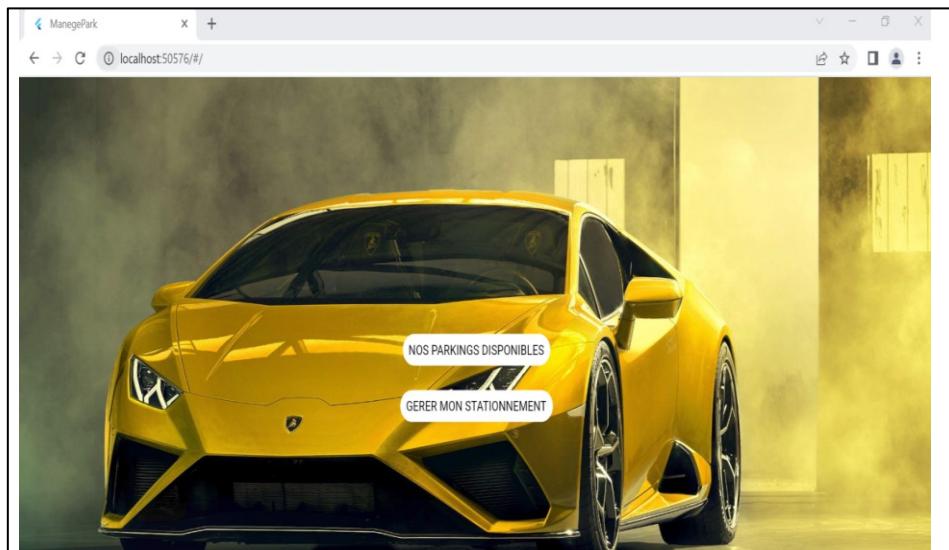


fig: Notre premier design de la 1ère interface d'accueil

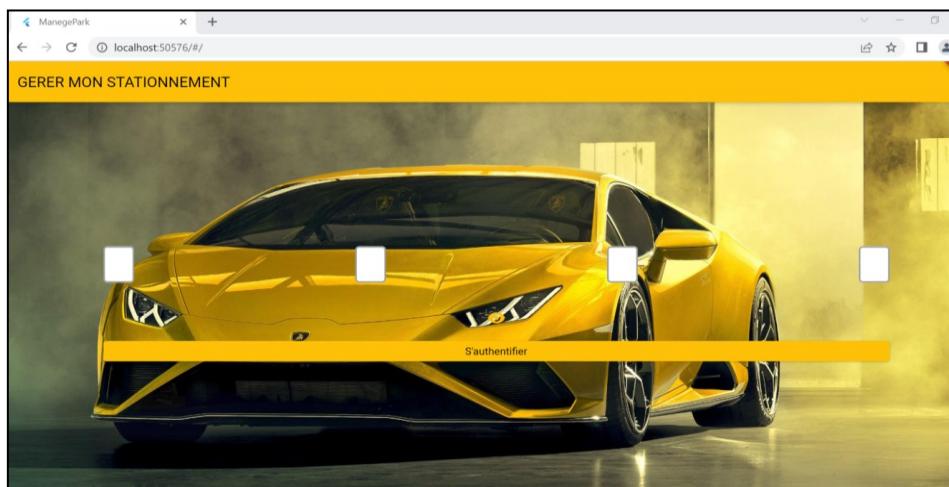


fig: Notre premier design de l'interface "Gérer mon stationnement" de l'authentification

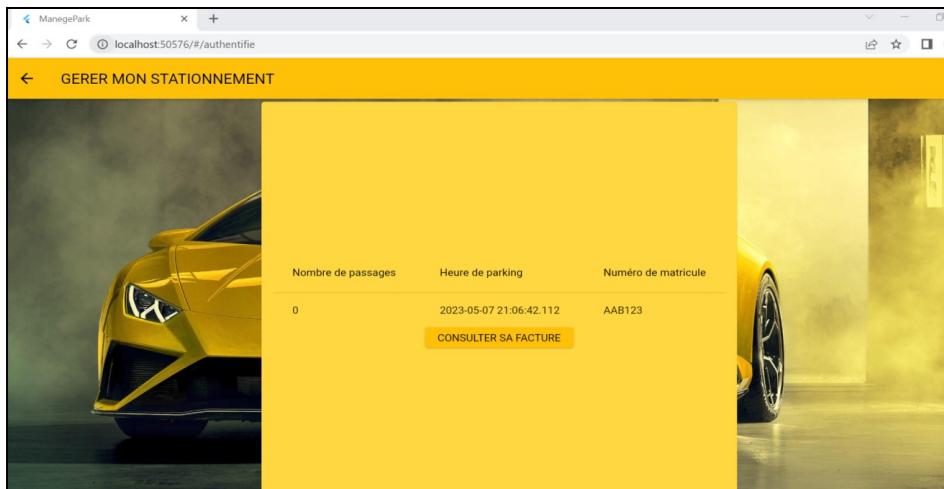


fig: L'interface des informations de l'utilisateur

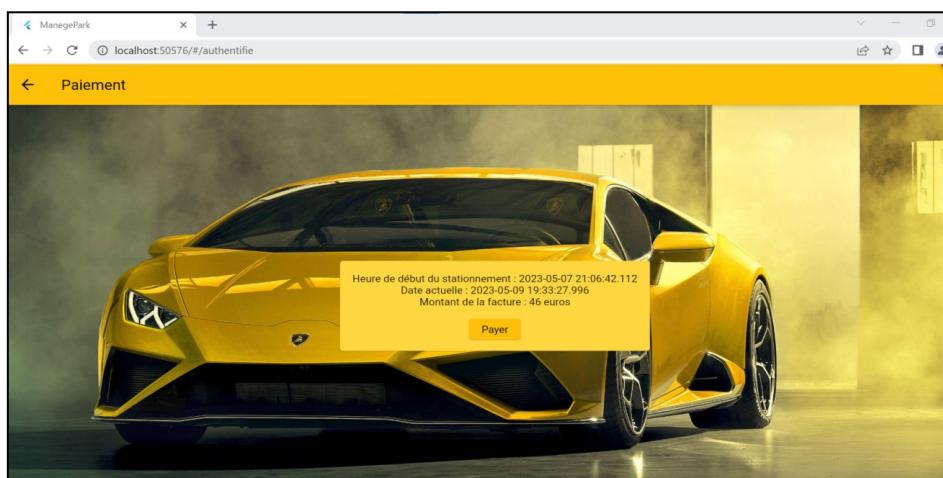


fig: interface de facture et paiement

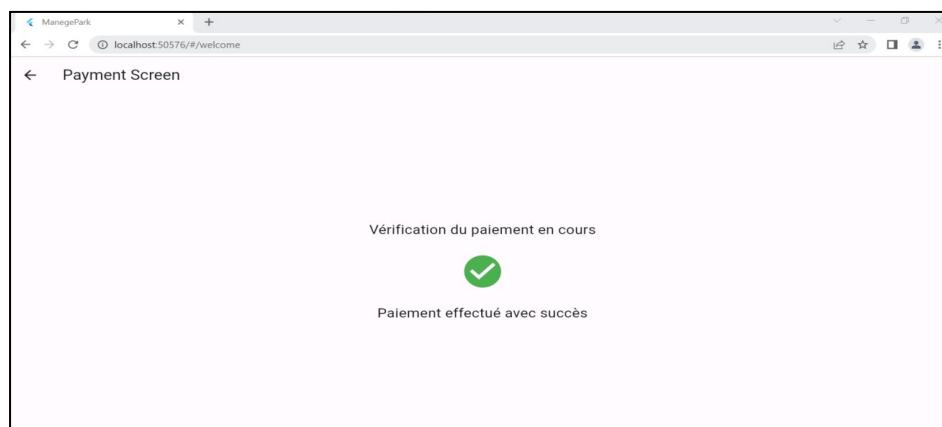


fig: L'interface de vérification de paiement

- **Design et résultats finaux des interfaces de l'applicaton**

Pour une meilleure expérience utilisateur dans notre application, nous avons changé le design et nous avons aussi développé une deuxième partie de “**Disponibilité**”, le résultat final des interfaces comportant la page d'accueil, la page de “**Disponibilité**”, la page de “**Gérer mon stationnement**” avec celle des **informations de l'utilisateur** et puis la page de la **facture**, du **paiement** et de la **vérification du paiement** sont les suivantes:



fig: Résultat final de la page d'accueil de notre application

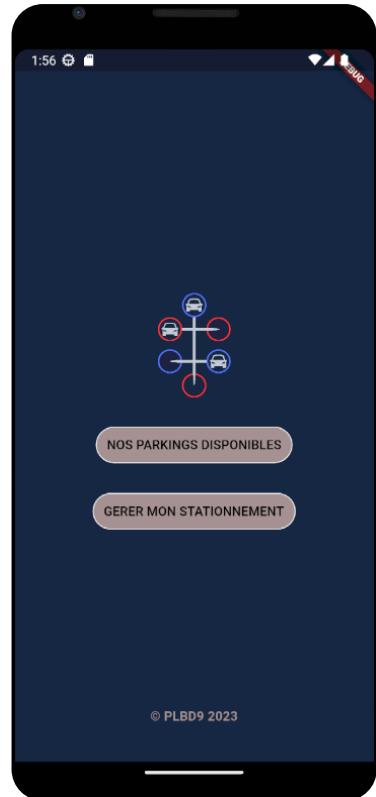


fig: Résultat final de la page d'accueil de notre application

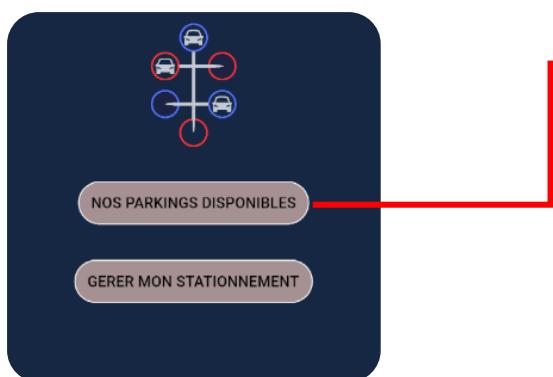


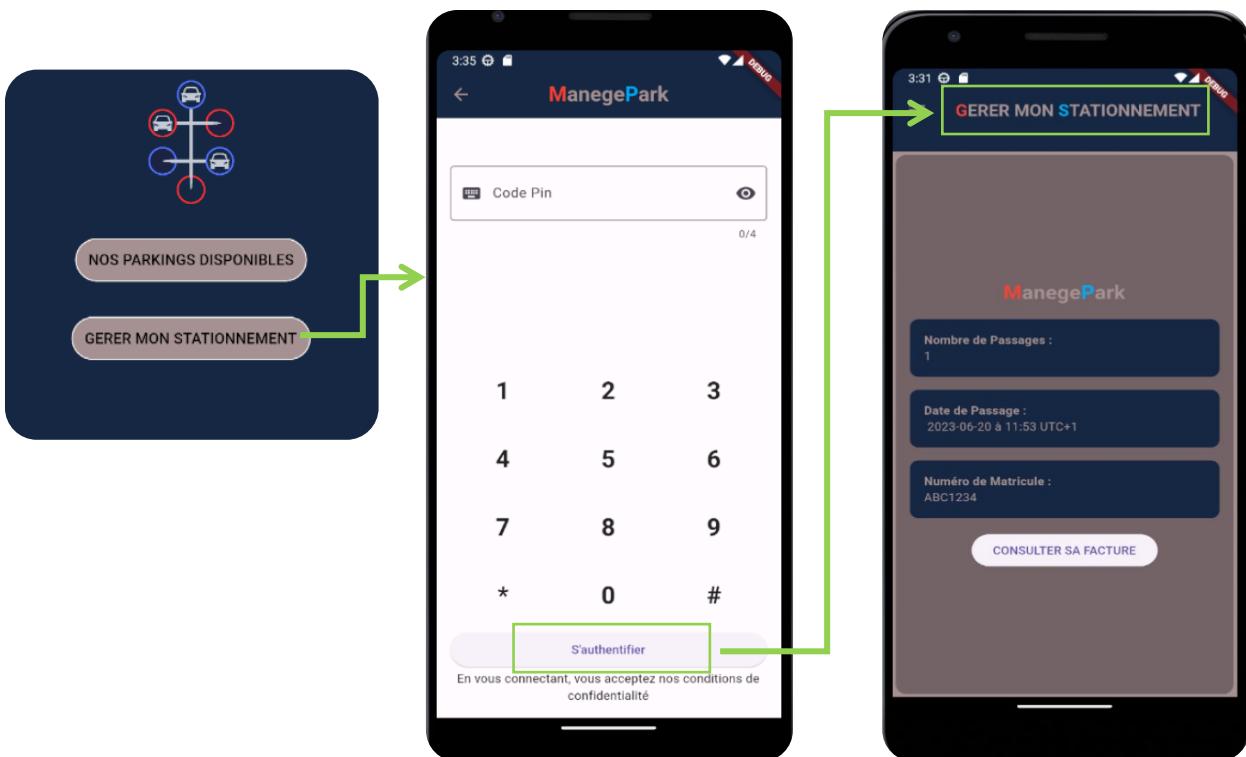
fig: Résultat final de la page de "Disponibilité"

Résultats en accord avec nos attentes:

On a réussi à développer la fonctionnalité "Disponibilité" permettant aux utilisateurs d'accéder à la disponibilité des parkings.

Lorsqu'ils cliquent sur "Disponibilité", ils sont redirigés vers la carte où les parkings les plus proches leur sont présentés.

Nous les guidons ensuite vers le parking le plus proche disponible.



Résultats en accord avec nos attentes:

On a réussi à développer la fonctionnalité “**Gérer mon stationnement**” permettant aux utilisateurs de contrôler leur stationnement eux-mêmes.

Lorsqu'ils cliquent sur “**Gérer mon stationnement**”, ils sont amenés à **s'authentifier** grâce au code PIN initialement généré sur le LCD.

Lorsqu'ils cliquent sur “**S'authentifier**”, ils sont informés de leur **date et heure de passage**, leur **nombre de passages**.

Ils pourront ensuite consulter leur facture en cliquant sur “**Consulter ma facture**”.



Résultats en accord avec nos attentes:

En cliquant sur "Payer", on vérifie si le paiement est effectué. Dans ce cas, on commande la voiture pour descendre.

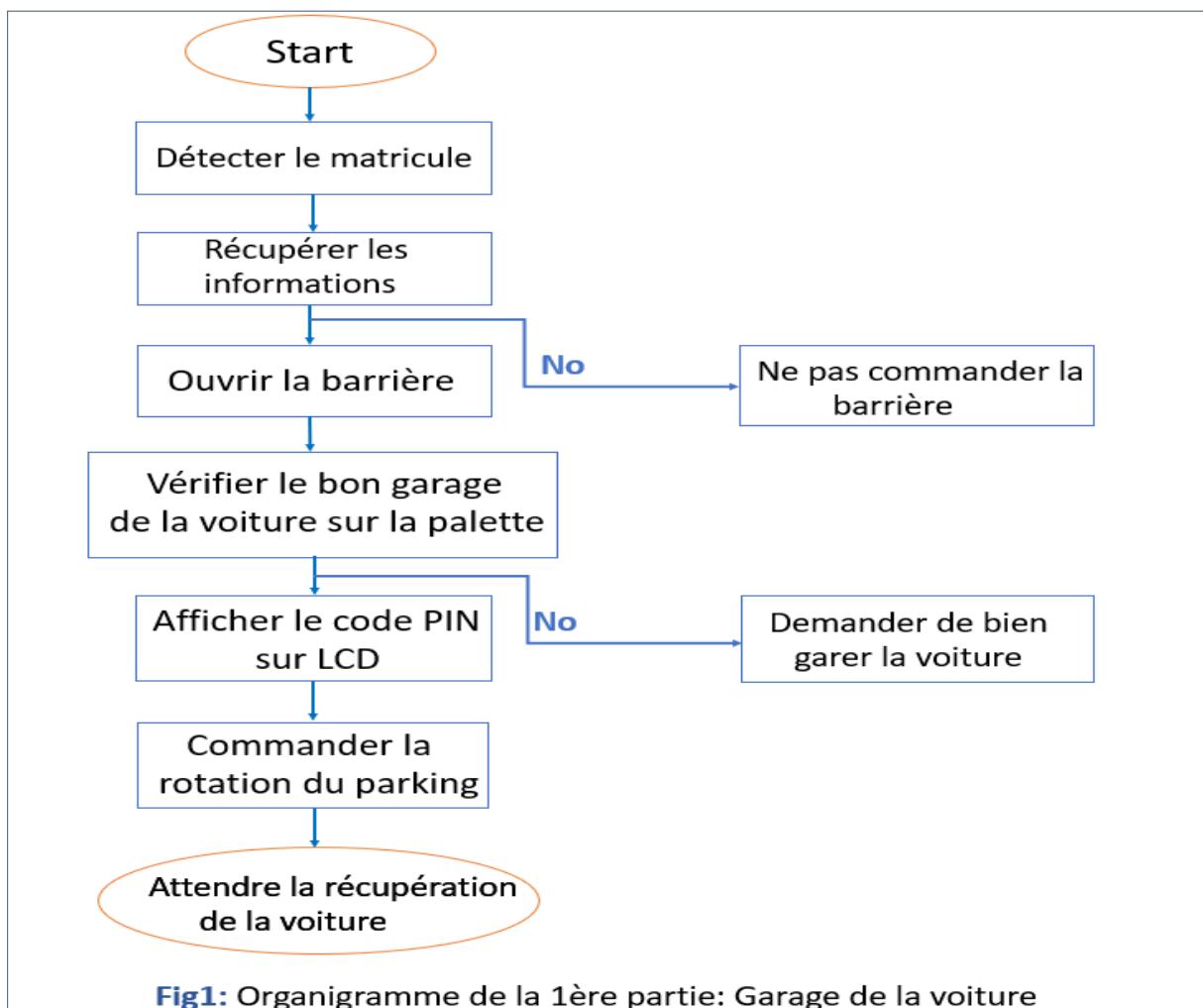
On communique avec l'utilisateur à travers cette page.

En cliquant sur "Payer", on donne la possibilité d'effectuer le paiement soit par un site, un intervenant ou même par une carte bancaire.

7. Résumé de notre solution fonctionnelle (Résultats de synchronisation) :

Finalement, après un travail acharné, nous avons réussi à terminer chaque partie individuellement. Nous avons construit les différentes composantes nécessaires de **la partie de construction** en utilisant la découpe laser, l'impression 3D et autres matières et techniques. Ensuite, nous avons mis en place **la commande du système rotatif** pour faire tourner le moteur et le contrôler en fonction des contraintes spécifiques du mécanisme de ce type de parking. De plus, nous avons développé une fonctionnalité de détection des plaques d'immatriculation et travaillé sur **le développement de notre application**.

Heureusement, nous avons réussi à synchroniser toutes ces parties pour obtenir un système qui fonctionne selon les deux organigrammes prévus suivants :



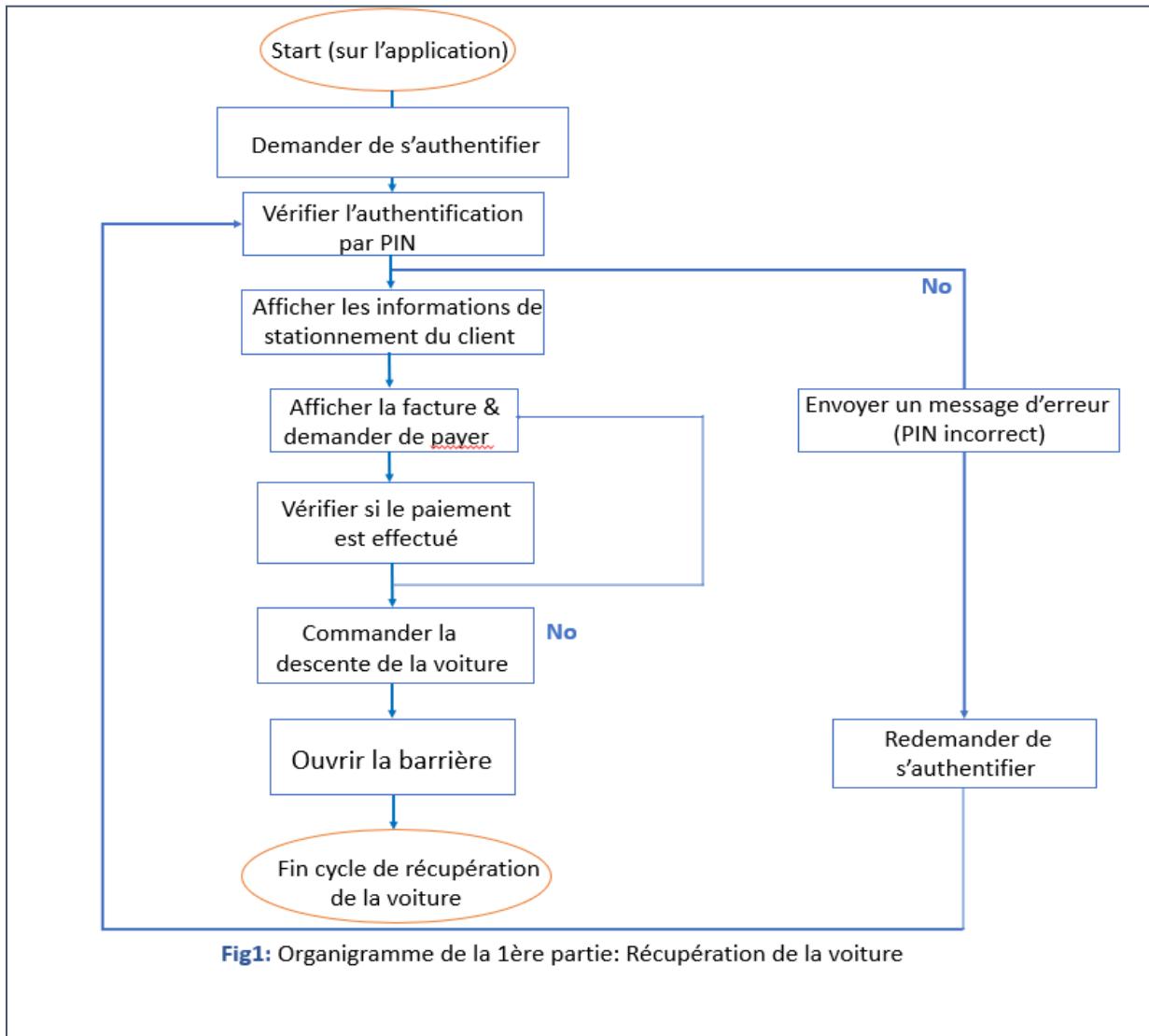


Fig1: Organigramme de la 1ère partie: Récupération de la voiture

8. Vers une implémentation réelle au Maroc :

En parallèle de l'avancement du prototypage de notre projet ManegePark, nos perspectives à nous groupe PLBD9 étions bien plus que réaliser le projet, mais plutôt d'étudier son implementation réel au Maroc.

Pour cela, nous avons pensé à classer les parties prenantes et faire face à leurs opinions pour une meilleure amélioration:

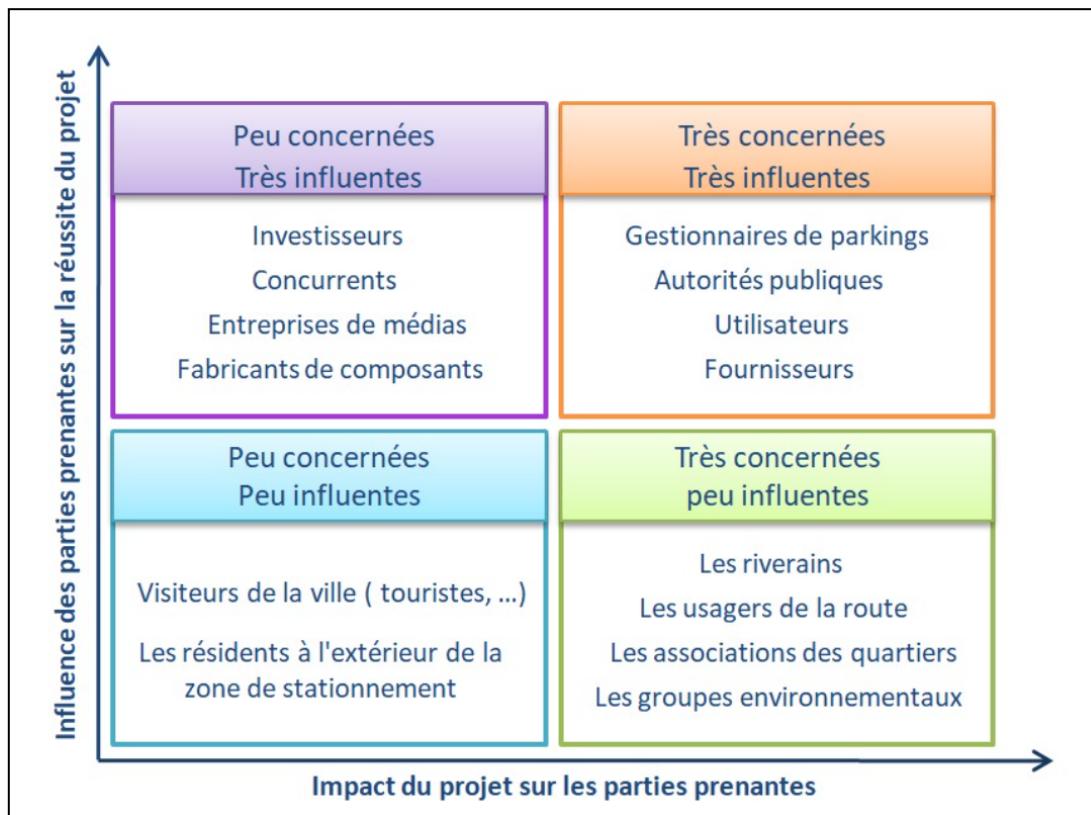


Fig1: Matrice pouvoir/intérêt des parties prenantes

De cette matrice, on a pu déterminer les parties prenantes qui ont plus de pouvoir et plus d'intérêt en notre projet.

Et c'est dans ce sens qu'on visité **CG-PARK : société gestionnaire des parkings à RABAT** pour leur présenter notre projet et leur demander qu'est ce qui pourrait empêcher ManegePark d'être implanté au Maroc, pour ainsi avoir leurs réponses axées sur 3 points:

- Le coût
- L'esthétique
- L'acceptation des citoyens



Fig1: Visite de la société CG-Park à Rabat

- **Estimation du coût**

Grâce aux remarques si préciseuses des responsables de CG-Park, on a cherché à estimer le coût d'installation du parking rotatif vertical. Pour cela, on a consulté Mr LABIAD: ingénieur de construction marocain en France, qui nous a aidé à estimer **coût total de notre solution**.



The image shows two individuals, a man and a woman, sitting at a desk and looking at a laptop screen. The man is pointing at the screen, which displays a video call with another person. They appear to be reviewing a document titled "Calcul du coût global".

Le projet	
Nature	Autres (surface en m ² SHON)
Date de livraison	01/2023
Surface	180 m ²
Mode d'analyse	Global

Paramètres généraux	
Période d'analyse	30 ans
Variation	5 ans
Taux d'actualisation	4,0 %
Taux d'inflation général	7 %
Taux d'inflation fluides	0 %

Périmètre du projet* (en k€ HT)	
Construction	16
Exploitation	0
dont Energies	0
Maintenance	29
Fin de vie	0
Externalités	0

Résultats (en k€ HT)		
Analyse sur	25 ans	30 ans
Coût global	38	45 [44.826]
Coût global avec externalités	38	45 [44.826]
		53

Rappel des coûts saisis

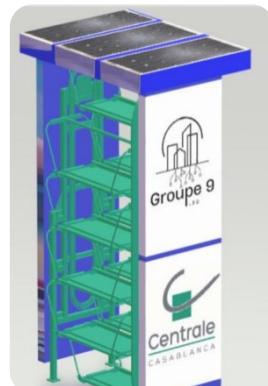
Construction (en € HT)	
Montant	16 000

Maintenance (en € HT)	
Montant	600

On peut remarquer directement que notre solution est coûteuse. De cela, nous avons envisagé d'intégrer des panneaux publicitaires et solaires dans notre système. Cela aura un impact positif sur la rentabilité du projet grâce à la publicité des marques. De plus, l'utilisation de panneaux solaires permettra des économies d'énergie et donc, la rentabilité de notre projet augmente.

- **Esthétique**

En ce qui concerne l'esthétique, on a pensé à recouvrir le système par des corporations attrayants et qui correspondent à l'architecture de la ville. On a pensé aussi à rajouter des panneaux publicitaires, cela va non seulement rajouter plus d'esthétique mais aussi va jouer sur le côté "rentabilité" du système. Du fait que nous allons profiter des box dans lesquels nous mettrons notre système pour collaborer avec les sociétés et les marques et cela va être rentable pour l'équipe de projet.



- **Avis des citoyens**

Ce qui compte le plus c'est l'impact social

Nous accordons une grande importance à l'avis des citoyens, car ce sont eux qui sont les plus concernés par notre projet. Dans cette optique, nous avons entrepris une démarche proactive en nous rendant directement à travers **un micro-trottoir** dans les quartiers du Maroc pour interroger les citoyens, en particulier les conducteurs, sur leur niveau de confiance envers notre système et sur ce qu'ils pensent de notre solution.

Nous avons interrogé **plus de 20 personnes**, mais seulement 5 d'entre elles ont accepté de participer à des vidéos avec nous, ce qui témoigne de leur intérêt et de leur soutien envers notre projet.



Micro-trottoir avec plus de 20 citoyens



4. Conclusion générale

Après avoir cerné le périmètre de notre projet dans le Maroc, à Casablanca et son centre-ville plus précisément, où les conducteurs souffrent encore plus du manque des parkings, des congestions et des embouteillages, après avoir étudié l'ensemble des critères sur lequel un projet de parking peut être réalisable au Maroc, et finalement après avoir défini les besoins des parties prenantes où Casabaia: la société des parkings a joué un rôle essentiel en nous aidant à problématiser et à approfondir notre compréhension des défis liés au stationnement à Casablanca, nous avons pu explorer en détail le concept du "Rotary Car Parking" et développer notre propre version, le "ManegePark", un parking rotatif vertical pour lequel on a pu heureusement réaliser le prototype.

Cependant, nous avons également dû faire face à plusieurs contraintes lors de la construction et du développement du ManegePark. Les parties mécaniques, électroniques et informatiques ont exigé un travail minutieux et une coordination précise. Les délais serrés et les ressources limitées ont ajouté une pression supplémentaire à notre équipe.

Malgré ces défis, cette expérience nous a permis de tirer de précieux enseignements. Nous avons développé des compétences en conception, en analyse de détails et en résolution de problèmes complexes. Nous avons appris l'importance de la patience, de la persévérance et du travail d'équipe. Chaque obstacle rencontré nous a renforcé et a renforcé notre détermination à atteindre nos objectifs.

En conclusion, nos sollicitations des responsables de Casabaia, de CG-Park, de L'ingénieur en construction Mr LABIAD, combinée à nos efforts pour développer le ManegePark, nous a permis de repousser nos limites et de surmonter des obstacles majeurs. Nous avons acquis des compétences techniques précieuses, mais surtout, nous avons appris à faire face à l'adversité et à ne pas perdre de vue notre objectif. Nous sommes fiers de ce que nous avons accompli et nous sommes impatients de continuer à innover et à contribuer à l'amélioration des solutions de stationnement ou d'autres dans de prochains projets pour les citoyens de Casablanca, des villes africaines et au-delà.

Références bibliographiques :

- [1] : https://www.xinhuanet.com/english/2019-06/04/c_138116646.htm : **Solution de diagonale smart parking**, consulté le 08/01/2023.
- [2]: <https://www.mutrade.com/news/what-is-automated-car-parking-system-what-you-didnt-know-about-the-tower> : **AJ Automated Parking Systems**, consulté le 08/01/2023.
- [3]: <https://www.dimensions.com/element/> : **Degree Parking Spaces**, consulté le 10/01/2023.
- [4]: <https://m.indiamart.com/proddetail/two-level-three-level-puzzle-car-parking-system-24236107512.html> : **Electro Mechanical MS Two Level Three Level Puzzle Car Parking System**, consulté le 11/01/2023.
- [5]: <https://www.egrovesys.com/project/parking-space-booking-app/> : **Parking Space App**, consulté le 12/01/2023.
- [6] : <https://parklio.com/fr/solutions-de-stationnement/anpr> : **Parklio-solution de stationnement intelligente**, consulté le 12/01/2023.
- [7]: <https://www.alamy.com> : **Liquid-crystal display alamy**, consulté le 12/01/2023.
- [8] : <https://assurance.carrefour.fr/assurance-des-appareils-nomades/assurance-mobile-et-telephone/conseils-astuces/applications-trouver-place-de-parking-facilement> : **Stationnement-5 applications pour trouver des parkings**, consulté le 13/12/2023.
- [9] : <https://scholar.psu.edu/bitstream/handle/123456789/6315/Rotary%20Parking%20System%20FINAL.pdf?sequence=2&isAllowed=y> : **Rotary Parking System**, consulté le 13/12/2023.
- [10] : https://www.kth.se/polopoly_fs/1.1078054.1622112289!/gr29rapport2021-02.pdf : **Degree project mechanical engineering, Rotary Parking**, consulté le 13/01/2023.
- [11] : <https://www.gotronic.fr/art-carte-arduino-uno-12420.htm> : **Carte Arduino UNO**, consulté le 14/01/2023.
- [12] : <https://www.google.com/search?q=capteurs+ultrasons+arduino&sxsrf> : **Capteurs ultrasons**, consulté le 14/01/2023.
- [13] : <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/> : **Buy a Rasberry Pi 4 Model B**, consulté le 14/01/