UNIVERSITÉ CADI AYYAD
DE MARRAKECH

Filière Aéronautique et Technologie de l'espace
Module : Système Embarqué

Rapport de projet professionnelle

Etude d'un système d'équipements de borne de recharge de voiture électrique

Titre du Projet: Système d'équipements de borne de recharge de voiture électrique.
Type de Projet : Système embarqué / industriel.

Présentateur: BENMEKI Mohamed Achraf.
BENWADEH Ihssan.
BOUKABECHE Yassir.
CHAHBOUN Zaki.
IBRAHIMI Fatimzohra.

Encadrant : Dr. Said ECH-CHADI.

Nature du rapport: Final.

2023

Remerciements

Nous tenons d'abord à exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude envers notre enseignant et encadrant, le Dr. Said ECH-CHADI, pour nous avoir offert cette précieuse opportunité.

Sa guidance éclairée nous a permis d'enrichir nos connaissances, d'améliorer notre approche de travail et de nous ouvrir au monde professionnel.

Nous sommes reconnaissants de cette expérience significative qui a grandement contribué à notre développement.

souhaitons enfin que ce projet soit au niveau de vos attentes.

Résumé

Le premier système de recharge pour voiture électrique a été créé dans les années 1990. Plusieurs entreprises et organisations ont travaillé sur le développement de systèmes de recharge à cette époque, cherchant à répondre aux besoins émergents de la mobilité électrique

L'objectif de la présente étude a été de réaliser un audit détaillé et complète du fonctionnement d'un système de borne de charge en traitant :

- la conceptualisation de l'idée.
- Les spécifications techniques et fonctionnelles.
- Les schémas de la solution et simulation.
- Etude financière du projet .
- Résultats et tests.

La conclusion générale est que ces modules sont de qualité, qu'ils ont très bien vieilli et qu'ils répondent aux garanties de puissance qu'avancent aujourd'hui les constructeurs

Mots clés :

Borne de recharge/Station de recharge/Chargeur électrique/Système de gestion de la recharge/Bornes de recharge intelligentes.

Liste des abréviations

- BEV: Voiture électrique à batterie
- PHEV: Véhicule hybride rechargeable
- E-REV: Véhicule à prolongateur d'autonomie
- FCEV :Voiture électrique à pile à combustible
- IDE : Un environnement de développement intégré
- I2C : Inter-Integrated Circuit
- SysML :Systems Modeling Language
- VE: voitures électriques
- ROI: Le retour sur investissement
- VAN: la valeur actuelle nette
- TRI:le taux de rendement interne

Sommaire

1. Introduction..... 5
2. Genèse d'idée.....
- Brainstorming.....6
- Analyse SWOT.....8

3. Conceptualisation de l'idée..... .9
- Transformer une idée abstraite en un projet concret.....9
_ Diagramme de Gantt 13

4. Spécifications techniques et fonctionnelles.....14
- Fonctions/Exigences.....14
- Etude comparative.....16.

5. Planification du déroulement du projet..... 22
- SySML diagrammes.....22
6. Schématisation de la solution.....25
-Simulation dans Proteus.....27

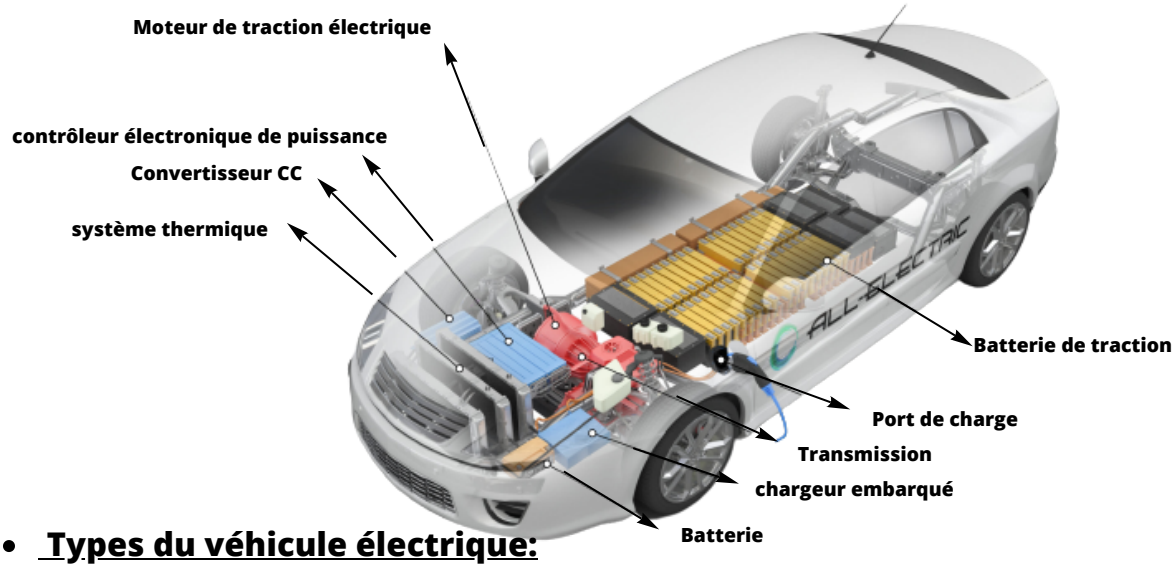
7. Calcul de coût.....29
-Approche économiste..... . 29
-Optimisation du coût.....34

8. Plan de mise sur marché.....38
- Elaboration d'un plan de mise sur marché.....38
9.Conclusion générale..... .40

1.Introduction

- **<u>La voiture/Véhicule électrique :</u>**

Un véhicule électrique (VE) est un type de véhicule qui utilise exclusivement l'énergie électrique pour propulser ses roues. Il est équipé d'un ou de plusieurs moteurs électriques qui transmettent la force motrice. Les avancées scientifiques et technologiques dans des domaines tels que l'électronique de puissance et la gestion de l'énergie ont ouvert de nombreuses possibilités pour le développement des VE. La production, le transport, le stockage et l'utilisation de l'électricité sont au cœur des recherches et des innovations visant à améliorer cette forme de pro



- **<u>Types du véhicule électrique:</u>**

Voiture électrique à batterie (BEV) :

Également appelée véhicule électrique à batterie, il s'agit d'une voiture qui est exclusivement alimentée par une batterie rechargeable. Elle utilise un moteur électrique pour propulser les roues. Les BEV n'ont pas de moteur à combustion interne et ne produisent aucune émission d'échappement. Ils sont alimentés en électricité à partir d'une prise de recharge et offrent une autonomie purement électrique.

Véhicule hybride rechargeable (PHEV) :

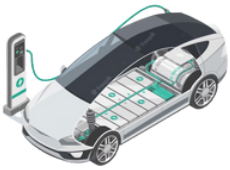
Les véhicules hybrides rechargeables sont dotés d'un moteur électrique et d'un moteur à combustion interne. Ils peuvent fonctionner en mode entièrement électrique pendant une certaine distance avant de passer au mode hybride, où le moteur à combustion interne prend le relais. Les PHEV peuvent être rechargés à partir d'une prise de recharge externe ou générer de l'électricité en utilisant le moteur à combustion interne.

Véhicule à prolongateur d'autonomie (E-REV) :

Les véhicules à prolongateur d'autonomie sont similaires aux PHEV, mais ils utilisent un moteur à combustion interne uniquement pour générer de l'électricité et recharger la batterie.

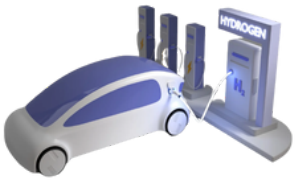
Voiture électrique à pile à combustible (FCEV) :

Les voitures électriques à pile à combustible utilisent une pile à combustible pour générer de l'électricité à partir de l'hydrogène. L'électricité produite alimente le moteur électrique qui propulse les roues. Les FCEV ne produisent que de l'eau comme sous-produit, offrant ainsi une alternative zéro émission.


BEV

PHEV

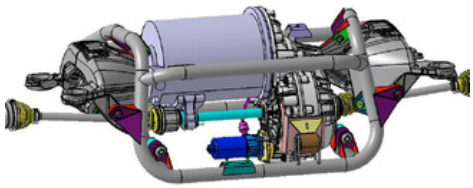
E-REV



FCEV

Moteur électrique:

Un moteur électrique est un élément important d'un véhicule électrique. Il doit être robuste, stable et quasiment sans entretien, et convient mieux aux moteurs asynchrones. Selon le type de propulsion, il peut y avoir un ou plusieurs moteurs. De plus, différents types de moteurs peuvent être utilisés pour la propulsion, en fonction de plusieurs paramètres et contraintes du type de propulsion



Batterie:

Une batterie est un système qui stocke l'énergie électrique sous forme chimique. Elle fonctionne de manière réversible (en courant pas en tension), caractérisée par sa capacité et son énergie massique pour alimenter en permanence le véhicule. L'énergie chimique stockée dans chaque pile est convertie directement en énergie électrique lorsque les bornes de la batterie sont connectées à un consommateur électrique .

Son principe de fonctionnement est la réaction chimique entre les électrodes et l'électrolyte provoque une oxydoréduction. Dans ce cas, l'électrode négative subit une oxydation, c'est-à-dire une réaction chimique qui libère des électrons, et l'électrode positive subit une réduction, autrement dit elle absorbe des électrons. Ce déséquilibre des charges génère la F.E.M (Force électro Motrice) de l'accumulateur

infrastructure de recharge:

La recharge des véhicules électriques nécessite l'installation de bornes de recharge dans tout le pays. C'est l'un des facteurs clés de succès qui permet aux utilisateurs d'obtenir de l'énergie de recharge à tout moment. . Avec le développement du domaine des batteries, la structure de charge doit pouvoir s'adapter à une large gamme de tensions de 100 à 350 V ou plus.

Présentation des bornes de recharges:

Les bornes de recharge constituent une infrastructure essentielle pour recharger les véhicules électriques. Elles comprennent au moins un point de charge équipé d'une prise permettant de recharger les batteries des véhicules électriques. L'objectif de cette infrastructure de recharge est de permettre aux utilisateurs de charger leurs véhicules pendant leurs trajets habituels, sans nécessité de stationnement spécifique. En d'autres termes, les véhicules électriques doivent être chargés lorsque les conducteurs se garent, et non lorsqu'ils font une pause spécifique pour la recharge

Les modes de recharge de véhicule électrique

Mode1 :

Ce mode de recharge consiste à fournir de l'électricité au véhicule à partir d'une prise domestique non spécialement dédiée, en utilisant un courant alternatif. Cependant, cette méthode de recharge est très lente, ce qui la rend plus adaptée à une utilisation occasionnelle ou complémentaire.

Mode 2:

Ce mode consiste en un branchement sur une prise domestique classique. La différence avec le premier mode est qu'il y a un boîtier de contrôle sur la ligne électrique, qui peut parler au véhicule à charger. Le boitier associé à la prise green up est un moyen très sécurisé de recharger le véhicule. Le boitier peut réagir à toute anomalie en arrêtant la charge.

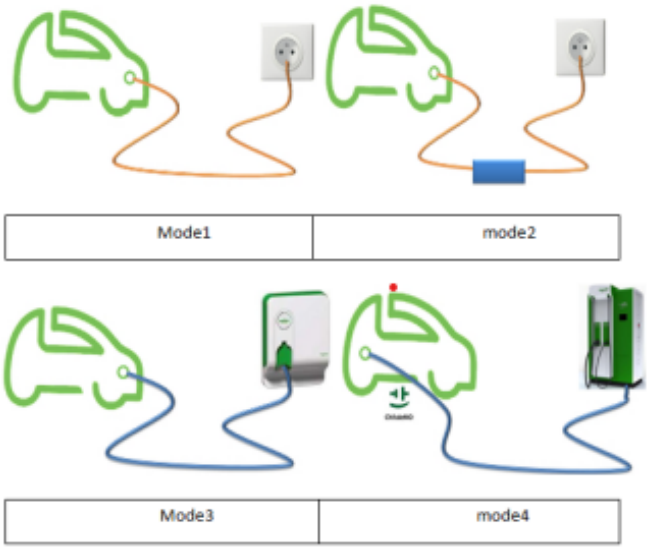
Mode 3:

Ce mode se distingue par l'utilisation d'un circuit électrique dédié, ce qui signifie qu'il est directement connecté au compteur électrique pour éviter toute surcharge du réseau électrique domestique lors d'une charge régulière. Contrairement au mode 2.

Le mode 3 permet une recharge intelligente du véhicule, offrant des fonctionnalités avancées telles que la gestion de la puissance de charge, la programmation de la recharge à des heures creuses, la communication bidirectionnelle avec le véhicule, et la surveillance des paramètres de charge.

Mode 4 :

Le mode 4 de recharge des véhicules électriques se caractérise par une charge en courant continu à un niveau de puissance élevé. Il est communément appelé "charge rapide". La charge en courant continu permet de recharger environ 80% de l'autonomie du véhicule en moins de 30 minutes. Le temps de recharge précis dépend du modèle du véhicule et de la température de la batterie.



Les types de prises de recharge:

Type 1:

Les fiches de type 1 sont des fiches monophasées qui peuvent être chargées à un niveau de puissance allant jusqu'à 7,4 kW (230 V, 32 A).

Type 2:

Ce type de prise est considéré comme un modèle standard. Dans les espaces privés, la puissance de charge maximale est généralement de 22 kW, tandis que la puissance de charge maximale pouvant être utilisée dans les bornes de recharge publiques est de 43 kW (400 V, 63 A, CA). La plupart des bornes de recharge publiques ont des prises de type 2.

Type 3:

Ce type de prise est peu utilisé. Mais il existe quand même des bornes équipées en type 3. Cette prise à été conçue dans le but de garantir un haut niveau de sécurité pour la recharge des véhicules électriques.

Prise type 2 fiches combinées :

La prise CCS est une version améliorée de la prise de type 2 avec deux contacts de puissances supplémentaires pour une charge rapide et prend en charge les niveaux de puissance de charge CA et CC (niveaux de charge CA et CC) jusqu'à 170 kW. En pratique, cette valeur est généralement d'environ 50 kW.

Prise type 4 ou CHAdeMO:

Ce système de charge rapide a été développé au Japon et la capacité de charge maximale autorisée dans une borne de recharge publique appropriée est de 50 kW.

Prise type E:

Il s'agit de la prise standard que l'on retrouve dans nos habitats, et qui est systématiquement installée au niveau des infrastructures de recharge publique. La recharge pour ce type de prise ne dépasse pas les 3kW.

Prise type 1

Prise type 3

Prise type 2

Type 2 fiches combinées

Prise type 4 ou CHAdeMO:

Prise type E:

2. Genèse d'idée

Brainstorming:

choix du sujet :

- Lors de notre séance de brainstorming, nous nous sommes retrouvés face à un dilemme entre deux sujets : un suiveur GPS qui permet de localiser une voiture et l'infrastructure de recharge. Cependant, notre choix s'est finalement porté sur l'infrastructure de recharge en se basant sur plusieurs critères pertinents :
- Tout d'abord, ce sujet offre une richesse de connaissances et d'informations à explorer, ainsi que de multiples problématiques qui ouvrent la voie à l'innovation, à la révolution et à la découverte de nouvelles techniques.
- De plus, l'industrie de la voiture électrique représente un défi stimulant pour nous, ce qui accroît encore davantage notre intérêt envers ce domaine.

Génération d'idée :

- Lors de notre sélection de sujet et de la génération d'idées, nous avons abordé la problématique des anomalies dans le contexte du système de recharge des voitures électriques.
- Avant d'aborder spécifiquement cette problématique, nous avons considéré le défi de la connexion entre la batterie de recharge et le véhicule électrique, ce qui nécessite de choisir un mode de recharge approprié ainsi qu'un type de prise de recharge adapté.
- Ensuite, nous avons discuté de l'importance de l'extraction des informations pertinentes telles que le pourcentage de batterie, le type de voiture et l'état de la batterie, afin de les afficher aux utilisateurs.
- De plus, nous avons également souligné l'importance de la détection des anomalies de fonctionnement du système de recharge pour assurer un fonctionnement optimal et prévenir les éventuels problèmes techniques.
- Suite à notre décision de travailler sur le mode de charge rapide, nous nous sommes penchés sur le choix approprié de la prise de recharge (Prise CHADEMO). Dans ce contexte, nous avons pris en compte la complexité du diagnostic complet du véhicule électrique.

- Par conséquent, nous avons décidé de le limiter à une seule anomalie. Cela nous a conduit à proposer la détection d'anomalies à l'aide d'un vibrateur, tout en prenant en considération la possibilité d'une anomalie de surchauffe.
- Nous avons également réfléchi au défi de la recharge des stations en utilisant des panneaux solaires, ce qui représente une perspective prometteuse.
- Finalement ,nos choix seront renforcés grâce à l'utilisation d'une analyse SWOT.

Analyse SWOT :

Définir une Analyse SWOT:

- Une analyse SWOT est une méthodologie d'évaluation stratégique utilisée pour identifier les forces , les faiblesses , les opportunités et les menaces d'une entreprise, d'un projet ou d'une situation donnée. Elle permet d'examiner les aspects internes et externes d'une entité afin de prendre des décisions éclairées et de développer des stratégies efficaces.

- L'analyse SWOT permet de mettre en évidence les avantages compétitifs, les lacunes à combler, les opportunités à saisir et les risques potentiels à anticiper. Elle constitue un outil précieux pour orienter la prise de décision, l'élaboration de plans d'action et l'optimisation des performances.

Application de l'analyse SWOT sue le projet:

Forces:

- Croissance du marché des véhicules électriques.
- Exemplarité de l'Etat (10% des nouvelles acquisitions dés 2019).
- Plateforme de production modulaire au sein des Usines Renault et Peugeot au Maroc.
- Développement technologiques.
- Durabilité environnementale.
- Plusieurs opérateurs de recharge installées au Maroc.

Faiblesses:

- Prix de vente des VE plus chers par rapport aux véhicules thermiques.
- Insuffisance des bornes de recharges rapides sur le réseau routier national.
- Manque de main-d'œuvre qualifiée pour l'entretien et la maintenance des VE .
- Inexistence des prises domestiques sécurisées/pilotées.

Menaces:

- Problèmes de compatibilité
- Nécessiter de renforcer le réseau électrique (mais normalement ça ne devrait pas poser de souci). L'idée serait surtout de prévoir un pilotage de la recharge (signal prix, pilotage des bornes à distance, …).

Opportunités:

- Orientations de constructeurs installés au Maroc (Renault, Peugeot) vers le véhicule électrique.
- Intégration avec les énergies renouvelables
- Développement de bornes de recharge intelligentes
- Emergence de nouveaux métiers

3. Conceptualisation de l'idée

La conceptualisation d'une idée de projet consiste à transformer une idée abstraite en un concept concret et réalisable.

- Clarification de l'objectif:

Notre projet vise à concevoir une station de recharge pour véhicules électriques offrant des fonctionnalités avancées telles que l'affichage du temps de recharge, le pourcentage de recharge en cours, ainsi que la détection des anomalies dans le véhicule. Notre objectif est de résoudre le défi de la recharge en utilisant l'énergie solaire comme source d'alimentation et d'optimiser le temps de recharge en développant un mode de recharge rapide. Nous aspirons à créer une infrastructure de recharge efficace et optimale, offrant aux utilisateurs une expérience de recharge pratique, fiable et respectueuse de l'environnement.

- Identification des bénéfices et impacts :

Après une recherche approfondie et une collecte d'informations, il est clair que notre projet présente de nombreux avantages dans différents domaines:

Sur le plan environnemental :notre projet est écologique et durable, favorisant l'intégration des énergies renouvelables et contribuant ainsi à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Sur le plan social: il offre une expérience pratique, efficace et confortable pour les utilisateurs, améliorant leur confort et leur satisfaction lors de la recharge de leur véhicule électrique.

Sur le plan économique :notre projet s'inscrit dans le cadre d'un défi stimulant pour l'industrie, à savoir le développement continu des voitures électriques, ouvrant ainsi de nouvelles opportunités économiques et de croissance.

Sur le plan industriel: notre projet offre des perspectives de croissance pour l'industrie des véhicules électriques et favorise le développement de nouvelles technologies. En effet, en établissant une infrastructure de recharge efficace et optimale, nous créons un environnement propice à l'expansion de cette industrie en encourageant l'adoption des véhicules électriques.

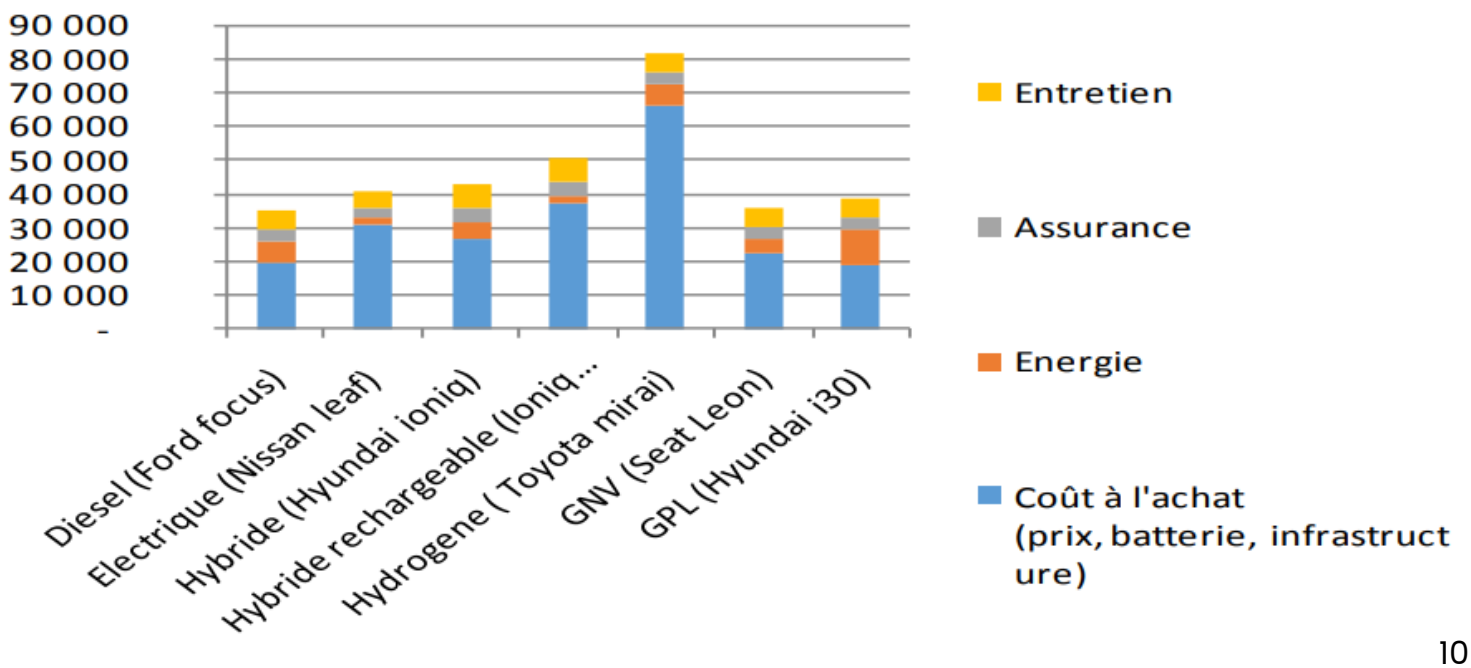
De plus, notre projet ouvre la voie à l'émergence de nouveaux acteurs et opportunités commerciales. En répondant aux besoins croissants de recharge des véhicules électriques, nous favorisons l'apparition de fournisseurs de services de recharge, d'opérateurs de bornes de recharge et de fabricants d'équipements de recharge. Cela stimule l'innovation et la concurrence sur le marché, créant ainsi de nouvelles opportunités économiques.

En outre, notre projet a un impact sur l'emploi. L'expansion de l'industrie des véhicules électriques et de l'infrastructure de recharge nécessite une main-d'œuvre qualifiée dans des domaines tels que l'ingénierie, la construction, la technologie et les services liés à la recharge des véhicules électriques. Par conséquent, notre projet contribue à la création d'emplois dans ces secteurs, ce qui peut avoir des retombées positives sur l'économie locale et nationale.

- Évaluation de faisabilité :

Analyse du marché:

Pour réaliser une analyse approfondie du marché, il convient de commencer par une évaluation de sa taille et l'identification des tendances dominantes. Cela implique une étude minutieuse des données statistiques et des chiffres d'affaires pertinents sur une période donnée, afin de comprendre les évolutions et les dynamiques du marché au fil du temps



Explication des statistiques :

Le coût d'usage d'un véhicule électrique (incluant le coût de la batterie) reste toujours imposant pour le consommateur, à cause de sa batterie pénalisante et l'installation d'une infrastructure de recharge, puisque plus de 80% des usagers rechargent leurs véhicules à domicile ou encore moins dans un lieu de travail.
Cependant, en incluant des mesures d'aide et des incitations par l'Etat, le véhicule électrique verra son coût baisser systématiquement et deviendra plus intéressant qu'un véhicule thermique.
A noter que dans le futur, et suite aux normes environnementales, les véhicules thermiques deviendront de plus en plus chers afin de réduire leur émissions de GES et particules fines.
Les véhicules à hydrogène qui présentent une technologie futuriste, restent naturellement les plus chers à l'usage.

Disponibilité des prise de charge:
Environ 50 prises de recharge ont été installées dont 37 au niveau de stations de service sur l'axe autoroutier Tanger ,Agadir

- 15 prises au niveau des stations Total
- 16 prises au niveau des stations Afriquia
- 4 prises au niveau des stations Winxo
- 6 prises au niveau des stations Shell
- 10 prises dans des parkings de restaurants/ hôtels.

Le projet d'installation des bornes de recharges sur l'axe autoroutier Tanger-Agadir est financé par l'IRESEN et le groupe Schneider-Electric, alors que les études l'ingénierie, l'installation sont assurées par les distributeurs de carburants, ADM et l'Institut.

- Les principaux installateurs de bornes au Maroc sont :
- Schneider Electric, ABB, ENGIE…
- ABB prévoit d'installer une cinquantaine de bornes d'ici 2 ans.

Analyse des risques :

Parmi les risques les plus reconnus on trouve :

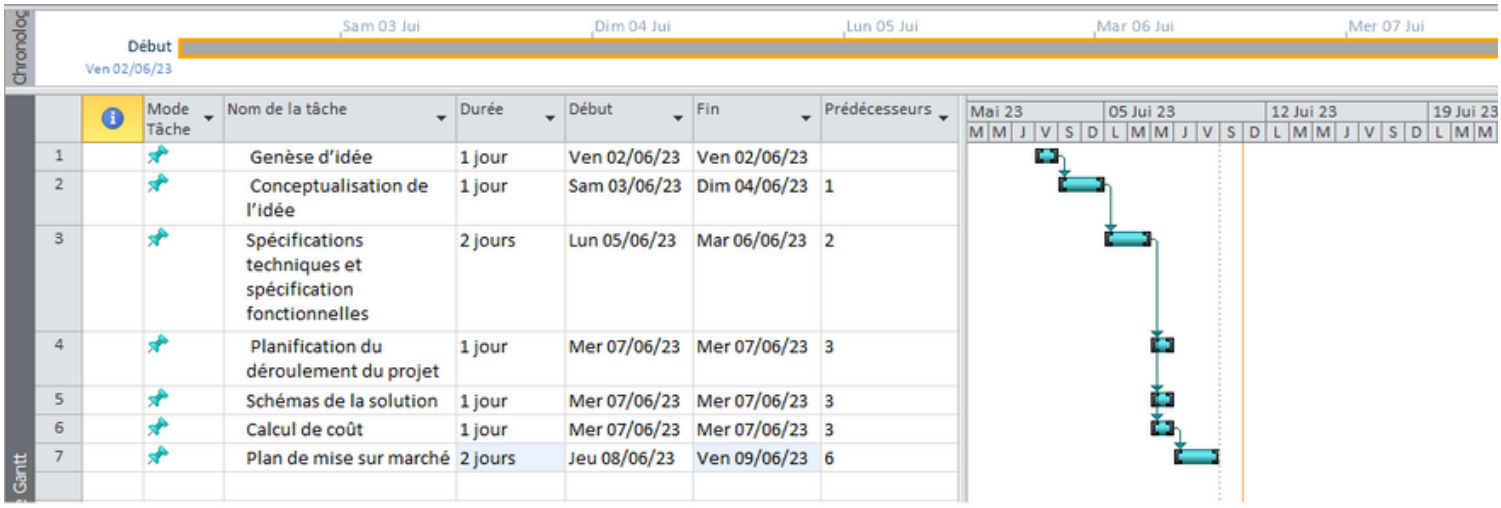
Risques financiers :Le coût de développement et de déploiement de l'infrastructure de recharge peut être élevé. Les risques financiers incluent des dépassements de budget, des difficultés à obtenir un financement adéquat, des fluctuations des coûts des matériaux et de la main-d'œuvre, ainsi que des revenus insuffisants pour couvrir les dépenses

Risques techniques : Les problèmes techniques peuvent survenir lors de la conception, de l'installation et de l'exploitation de l'infrastructure de recharge. Cela peut inclure des défaillances du matériel, des pannes du système de recharge, des problèmes de compatibilité avec les véhicules électriques, etc. Ces risques techniques peuvent entraîner des retards, des coûts supplémentaires et une insatisfaction des utilisateurs

Suite à cette analyse approfondie, des ajustements et des améliorations peuvent être apportés pour optimiser les performances du projet et le rendre en adéquation avec les exigences du marché, en identifiant les risques potentiels sur les plans financier ,de demande et concurrentiel, il devient possible de mettre en place des stratégies d'atténuation adaptées à chaque domaine. Cette approche permet de réduire significativement le niveau de risque associé au projet, renforçant ainsi sa viabilité et sa probabilité de succès sur le marché

Diagramme de Gantt :

Le diagramme de Gantt est un outil de représentation graphique des tâches qui permet de planifier les différentes tâches et de piloter un projet en supervisant les ressources



	Mode Tâche	Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs
1		Genèse d'idée	1 jour	Ven 02/06/23	Ven 02/06/23	
2		Conceptualisation de l'idée	1 jour	Sam 03/06/23	Dim 04/06/23	1
3		Spécifications techniques et spécification fonctionnelles	2 jours	Lun 05/06/23	Mar 06/06/23	2
4		Planification du déroulement du projet	1 jour	Mer 07/06/23	Mer 07/06/23	3
5		Schémas de la solution	1 jour	Mer 07/06/23	Mer 07/06/23	3
6		Calcul de coût	1 jour	Mer 07/06/23	Mer 07/06/23	3
7		Plan de mise sur marché	2 jours	Jeu 08/06/23	Ven 09/06/23	6

Les tâches critiques sont 1,2,3,4,7 car aucun retard n'est toléré.
Le chemin critique de ce projet est donc (1,2,3,4,7)

4. Spécifications techniques et fonctionnelles

L'implémentation d'un système de borne de recharge exige le respect rigoureux de spécifications techniques et fonctionnelles essentielles.
Dans notre cas, nous nous concentrons spécifiquement sur le développement d'un système de recharge rapide reposant sur un courant continu, avec une prise de type CHAdeMO.

Recharge rapide (30 min pour 80% d'une Li-ion) → 16A monophasé = 3,7 kVA voire 7 kVA ou 32 A triphasé = 22 kVA (anciennement recharge accélérée) pouvant aussi être converti en courant continu au prix d'un redresseur). →

Spécification fonctionnelle :

1. Fonction d'affichage du temps de recharge :

Le système de borne de charge sera doté d'une fonctionnalité permettant de calculer et d'afficher le temps de recharge estimé pour un véhicule électrique donné. Le calcul du temps de recharge prendra en compte plusieurs facteurs, notamment la puissance de charge disponible, la capacité de la batterie du véhicule et d'autres paramètres pertinents.
Le temps de recharge est calculé en utilisant la formule suivante :

Temps de recharge = Capacité de la batterie / Puissance de charge

2. Fonction d'affichage du pourcentage de recharge :

Le système de borne de charge sera équipé d'une fonctionnalité permettant de mesurer et d'afficher le pourcentage de recharge atteint pour un véhicule électrique donné. Le calcul du pourcentage de recharge sera basé sur la capacité de la batterie du véhicule et sur l'énergie fournie pendant la session de recharge. Cette mesure permettra aux utilisateurs de visualiser facilement le niveau de charge de leur véhicule électrique.
Le pourcentage de recharge sera calculé en utilisant la formule suivante :

Pourcentage de recharge = (Énergie fournie pendant la recharge / Capacité de la batterie) * 100

3. Fonction de détection des anomalies :

Le système de borne de charge sera équipé de capteurs de vibration appropriés intégrés à la station électrique. Ces capteurs de vibration seront conçus pour détecter les vibrations au niveau des équipements du véhicule électrique. Un capteur de vibration sera spécifiquement fixé dans la station électrique pour surveiller les vibrations émanant des équipements du véhicule pendant la séance de recharge.
Ce capteur de vibration sera positionné de manière stratégique pour surveiller les composants critiques du véhicule tels que le moteur électrique, la batterie, les câbles de charge, les connecteurs, etc. Il détectera les vibrations anormales ou excessives qui pourraient indiquer des anomalies ou des problèmes dans le fonctionnement du système de charge.

4. Fonction d'interface :

- L'interface utilisateur affiche clairement le temps estimé pour la recharge du véhicule électrique (2 heures 30 minutes) ainsi que le pourcentage de recharge actuel (75%).
- Une barre de progression visuelle indique également le progrès de la recharge.
- De plus, l'interface présente une section dédiée aux anomalies détectées. Dans cet exemple, une anomalie de "Vibration excessive" est indiquée avec un niveau "Critique". Cela permet aux utilisateurs de prendre conscience de l'anomalie et d'agir en conséquence.
- Enfin, une section supplémentaire peut être ajoutée pour afficher d'autres paramètres tels que la puissance de charge disponible, la capacité de la batterie du véhicule, le taux de charge, etc. Ces informations supplémentaires peuvent fournir des détails techniques utiles pour les utilisateurs.

5. Fonction d' alerte en cas d'anomalie :

Le système de borne de charge sera équipé d'un mécanisme d'alerte pour informer les utilisateurs en cas de détection d'une anomalie, telle que des vibrations excessives.

Cette fonctionnalité comprendra les aspects suivants :

- Mécanisme d'alerte : Le système sera doté d'un mécanisme d'alerte intégré, capable de fournir des informations claires et immédiates aux utilisateurs en cas de détection d'une anomalie. Le mécanisme d'alerte peut prendre la forme d'un signal sonore, d'une notification visuelle sur l'interface utilisateur ou d'une combinaison des deux.
- Détection d'anomalies : Le système sera programmé pour surveiller en permanence les capteurs de vibration intégrés et détecter les vibrations excessives au niveau des équipements du véhicule électrique. Lorsqu'une anomalie est détectée, le système déclenchera immédiatement l'alerte correspondante.

Spécification techniques :

Présentation du schéma électrique d'une borne de recharge :

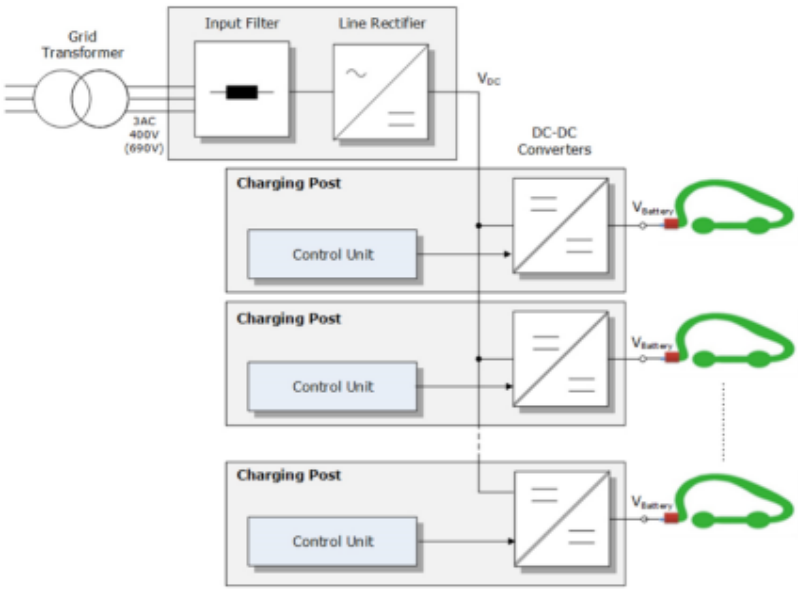
composé de :

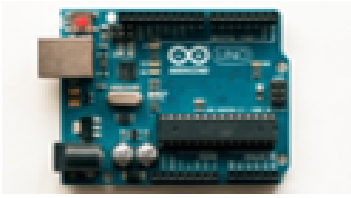
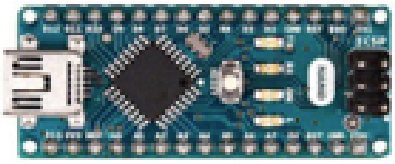
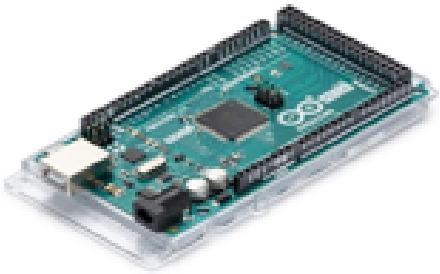
-Une section centrale avec un transformateur 50 Hz.

-Un filtre d'entrée pour la réduction des harmoniques et la compensation de la puissance réactive.

-Un redresseur côté réseau.

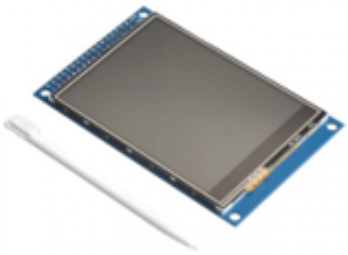
-Chaque point de charge comprend également un convertisseur CC-CC côté véhicule pour l'adaptation et le contrôle des paramètres de charge.



Le composant	Description	Caractéristiques
: Carte Arduino UNO (1		• Intensité maxi disponible par broche E/S (5V) – 40 mA • Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V – 50 mA • Intensité maxi disponible pour la sortie 5V – 500 mA max • Mémoire Programme Flash – 32 KB (ATmega328) • Mémoire SRAM (mémoire volatile) – 2 KB (ATmega328) • Mémoire EEPROM (mémoire non volatile) – 1 KB (ATmega328) • Vitesse d'horloge – 16 MHz
: Carte Arduino NaNo (2		• ATMega328P fonctionnant à une fréquence de 16 MHz et 32 Ko de mémoire flash, 2 Ko de SRAM et 1 Ko d'EEPROM. • La carte Nano mesure environ 43 mm x 18 mm, ce qui la rend très compacte. • Possède un total de 14 broches numériques, dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM (Pulse Width Modulation), et 8 peuvent être utilisées comme entrées analogiques. • La carte Nano peut être alimentée via le connecteur USB intégré ou par une source d'alimentation externe allant de 7 à 12 volts (DC).
3) Carte Arduino Mega :		• Le microcontrôleur ATMega2560 fonctionnant à une fréquence de 16 MHz et possédant 256 Ko de mémoire flash, 8 Ko de SRAM et 4 Ko d'EEPROM. • Dispose de 54 broches numériques, dont 15 peuvent être utilisées comme sorties PWM, et 16 broches analogiques. • La Mega peut être alimentée par une source d'alimentation externe de 7 à 12 volts (DC) ou par le port USB intégré

- Dans le cadre de la simulation de notre projet, nous avons opté pour l'utilisation d'une carte Arduino Uno en raison de ses nombreuses caractéristiques distinctives et fonctionnalités avancées.
- La carte Arduino Uno a été sélectionnée en raison de sa polyvalence et de sa compatibilité avec une large gamme de composants électroniques. Son microcontrôleur puissant permet d'exécuter des programmes complexes et d'interagir efficacement avec d'autres dispositifs électroniques.

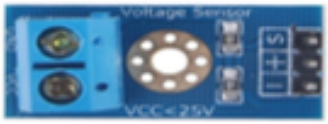
- De plus, la carte Arduino Uno offre une grande facilité d'utilisation grâce à son environnement de développement intégré (IDE) convivial, qui permet aux développeurs de programmer et de téléverser facilement le code sur la carte. Cela simplifie le processus de développement et accélère les itérations du projet.

Le composant	Description	Caractéristiques
1) Écran LCD 16x2 :		• Il dispose de 2 lignes de 16 caractères chacune, permettant d'afficher du texte alphanumérique. Ces écrans sont généralement basés sur le contrôleur Hitachi HD44780. • Une capacité d'affichage plus grande. Il dispose de 4 lignes de 20 caractères chacune, ce qui permet d'afficher davantage de texte ou d'informations.
2) Écran LCD 20x4 :		• Il s'agit d'un écran LCD similaire à l'écran 16x2, mais avec une capacité d'affichage plus grande. • Il dispose de 4 lignes de 20 caractères chacune, ce qui permet d'afficher davantage de texte ou d'informations.
3) Écran LCD TFT (Thin-Film Transistor) :		• Une qualité d'affichage couleur et une résolution plus élevée par rapport aux écrans LCD alphanumériques • Ils sont souvent utilisés lorsque des interfaces graphiques plus avancées sont nécessaires. • Allant des petits écrans de 1,8 pouce aux grands écrans de plusieurs pouces.

- Pour la simulation de notre projet, nous avons utilisé un adaptateur d'interface série LCD avec IIC (I2C) TWI SPI. Cet adaptateur est un module conçu pour faciliter la connexion entre un écran LCD (afficheur à cristaux liquides) et un microcontrôleur ou tout autre dispositif prenant en charge les protocoles de communication IIC (I2C), TWI ou SPI.

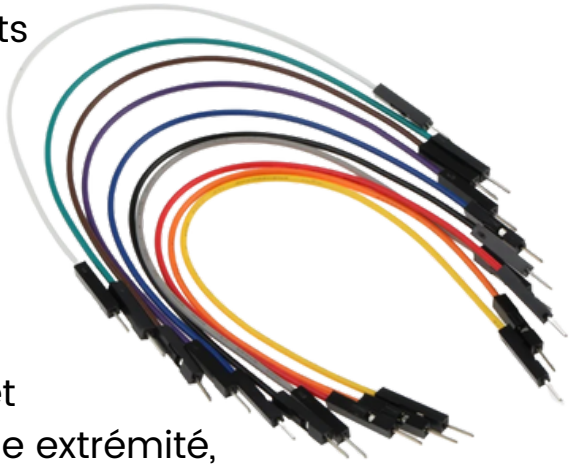
- L'adaptateur d'interface série LCD simplifie la communication entre l'écran LCD et le microcontrôleur Arduino Uno en convertissant les signaux de communication série en signaux compatibles avec l'écran LCD. Il permet une intégration fluide et efficace des différents types d'écrans LCD, tels que les écrans alphanumériques à caractères, les écrans graphiques et les écrans à matrice de points.

- Ce module offre une solution pratique pour afficher des informations et des données sur l'écran LCD dans le cadre de notre projet de simulation. Il permet une interaction flexible avec l'écran, en fournissant des fonctionnalités telles que l'affichage de texte, de symboles et de graphiques.

Le composant	Description	Caractéristiques
1) Capteur de tension analogique		• Plage d'entrée de tension : DC0-25V • Plage de détection de tension : DC0.02445V-25V • Résolution analogique de tension : 0,00489 V • Connecteur d'entrée CC : cathode terminale connectée à VCC, pôle négatif GND • Interface de sortie : "+" puis 5/3,3 V, "-" puis GND, "s" puis les broches Arduino AD
2) Capteur de courant avec fonction de mesure de tension		• Mesure de courant de haute précision (± 2%). • Echantillonnage à 120 Hz / 20 kHz / 80 kHz (sélection par cavaliers). • Convertisseur "A/N" intégré 12 bits. • Usage en basse tension exclusivement
3) Capteur de tension à isolation galvanique:		• Ils existent 3 voies Isolation galvanique • Bande passante DC à 120 kHz • Détection de chute de tension pour canaliser l'isolation vers n'importe quel DAQ. • Une isolation électrique entre la source de tension et Arduino • Il protège Arduino des interférences électromagnétiques et assure une mesure de tension sûre.

- Pour la simulation de notre projet, nous avons intégré le capteur de tension conçu spécifiquement pour Arduino. Ce capteur repose généralement sur un convertisseur analogique-numérique (CAN) intégré, qui permet de convertir la tension analogique en une valeur numérique lisible et traitable par l'Arduino. Le capteur peut mesurer des tensions continues (DC) ou alternatives (AC), en fonction de sa conception et de ses spécifications.
- En utilisant le capteur de tension, nous sommes en mesure de capturer avec précision les variations de tension dans notre projet de simulation. La conversion analogique-numérique effectuée par le capteur permet à l'Arduino de traiter les données de tension sous forme numérique, facilitant ainsi les calculs et les analyses ultérieures

- Pour établir la connexion entre nos composants et la carte Arduino, nous avons utilisé des jumper wires. Les jumper wires, également connus sous l e nom de fils de pontage, sont des fils électriques utilisés pour réaliser des connexions temporaires entre différents composants électroniques.



- Les jumper wires sont généralement souples et dotés de connecteurs mâles ou femelles à chaque extrémité, ce qui facilite leur insertion et leur retrait des broches ou des connecteurs. Ils offrent une solution pratique pour réaliser des connexions temporaires, permettant ainsi une grande flexibilité lors du prototypage et du débogage de circuits.

- Disponibles dans différentes longueurs et couleurs, les jumper wires facilitent l'organisation et la distinction des connexions dans un projet électronique. La variété de couleurs permet de différencier facilement les connexions et d'améliorer la lisibilité du circuit.

- Dans le cadre de l'étude comparative, nous choisissons d'utiliser un vibromètre installé dans la station électrique pour contrôler les vibrations des équipements des véhicules électriques.

- En comparaison, l'utilisation d'un vibromètre installé dans la station électrique offre plusieurs avantages :

- ·Il permet de surveiller les vibrations des équipements des véhicules électriques sans nécessiter de modifications structurelles sur les véhicules eux-mêmes.

- ·Il peut fournir une surveillance centralisée des vibrations pour plusieurs véhicules, ce qui facilite la maintenance et la détection des anomalies à grande échelle.

- ·Il permet de détecter les vibrations au niveau de la station électrique, ce qui peut être un indicateur précoce de problèmes potentiels dans les véhicules électriques.

Accéléromètre :

Les accéléromètres sont des capteurs couramment utilisés pour mesurer les vibrations. Ils peuvent détecter les vibrations dans différentes directions et fournir des informations sur l'accélération des équipements.

Installation complexe : L'installation d'accéléromètres sur chaque composant du véhicule peut être techniquement complexe et nécessiter des modifications structurelles.

Multiples capteurs requis : Pour surveiller différentes parties du véhicule, plusieurs accéléromètres doivent être installés, ce qui peut augmenter la complexité et le coût de l'installation.

Capteurs de contrainte :

Les capteurs de contrainte mesurent les déformations mécaniques des composants en réponse aux vibrations. Ils peuvent être fixés sur les surfaces des équipements pour détecter les variations de contrainte dues aux vibrations.

Besoin d'une fixation adéquate : Les capteurs de contrainte doivent être correctement fixés aux composants du véhicule pour mesurer les vibrations avec précision, ce qui peut nécessiter une conception spécifique ou des adaptations structurelles.

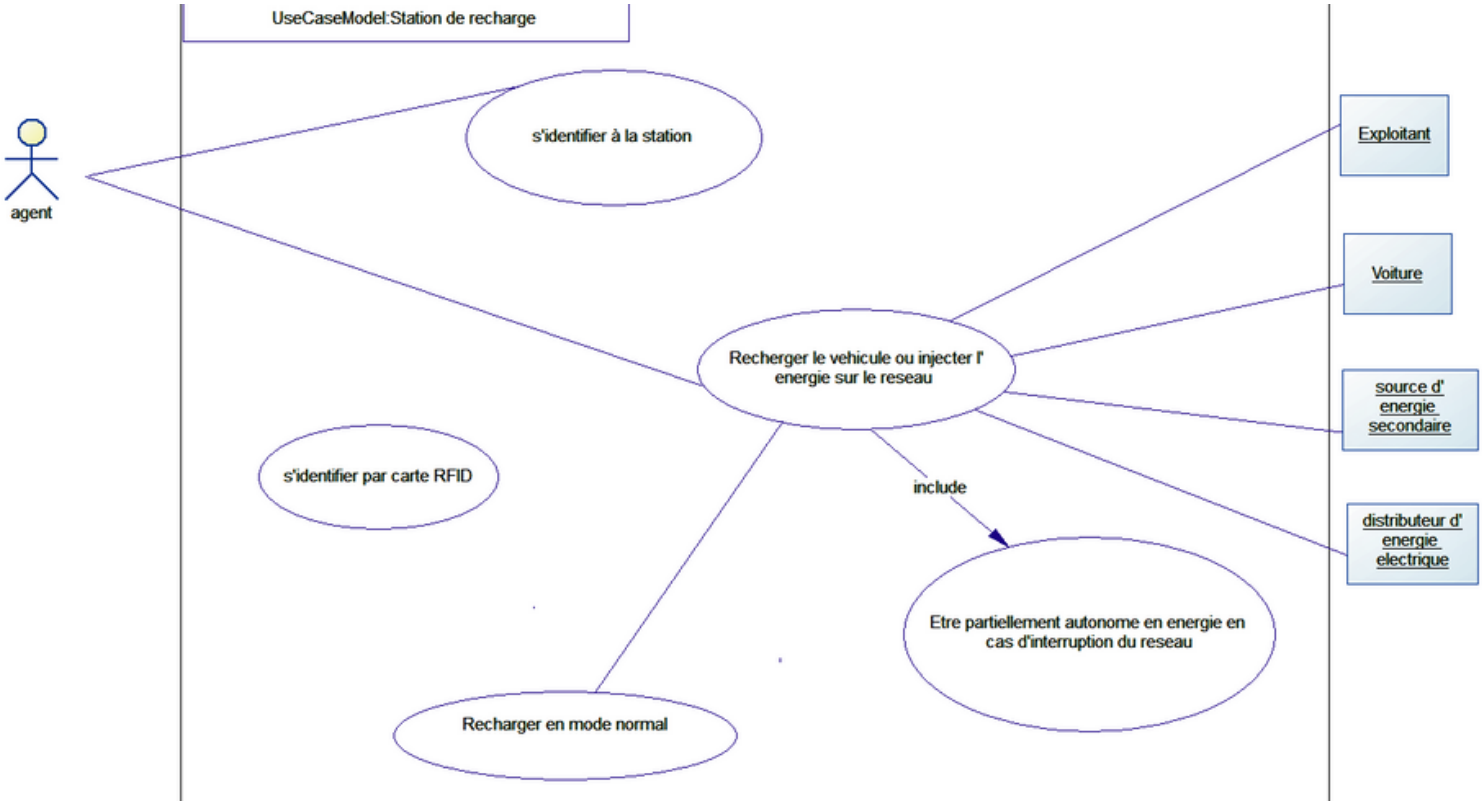
Sensibilité aux conditions environnementales : Les capteurs de contrainte peuvent être sensibles aux variations de température, d'humidité et d'autres conditions environnementales, ce qui peut affecter la fiabilité des mesures.

5.Planification du déroulement du projet.

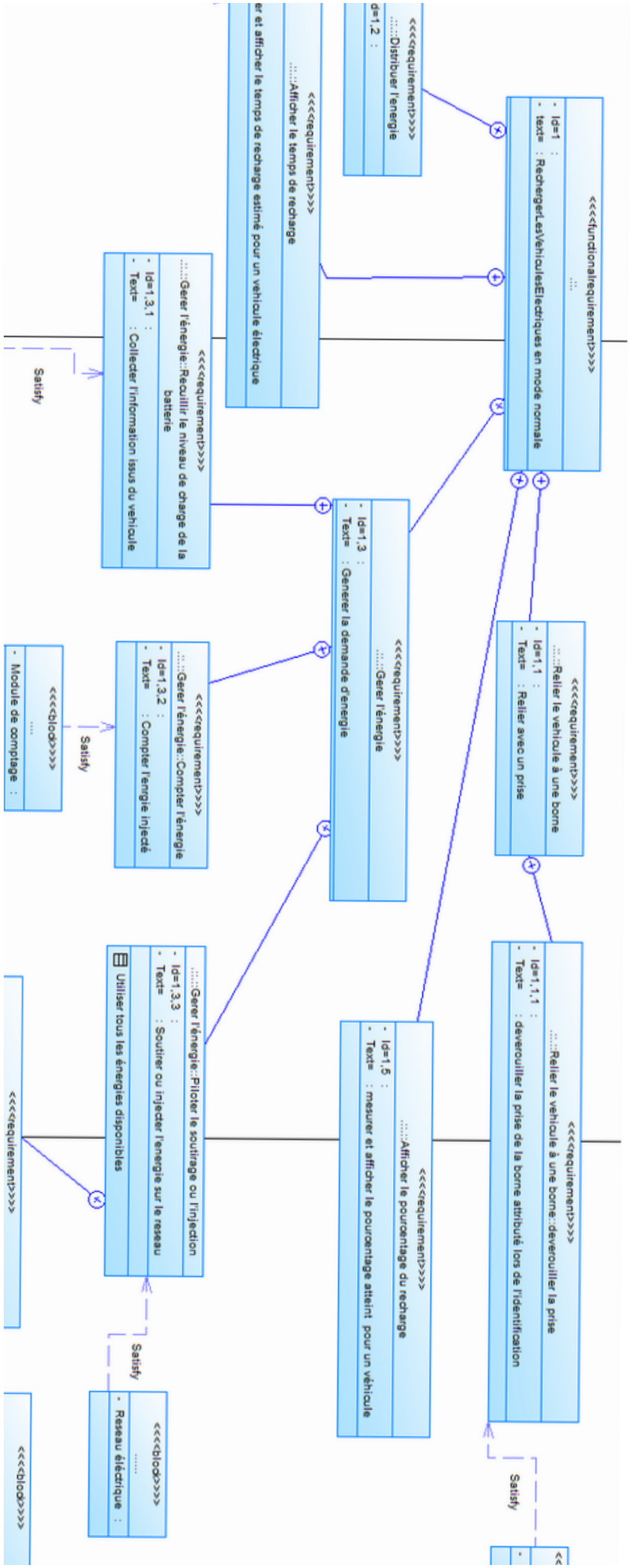
Dans le cadre de notre projet, nous avons choisi d'utiliser des diagrammes SysML (Systems Modeling Language) pour la planification et la modélisation.

- Les diagrammes SysML offrent une approche professionnelle et structurée pour représenter visuellement les différentes perspectives d'un système.
- En utilisant les diagrammes SysML, nous avons pu décrire les différentes composantes du système, leurs interactions et leurs dépendances.
- Les diagrammes SysML nous ont permis de modéliser les fonctions du système, les exigences, les blocs et leurs relations, les flux d'informations, ainsi que les comportements dynamiques.
- Ces diagrammes SysML nous ont aidés à communiquer efficacement les informations essentielles du projet à l'équipe, en fournissant une représentation visuelle claire et concise. Ils ont également facilité la collaboration entre les différents acteurs du projet en permettant une compréhension commune des spécifications et des exigences.

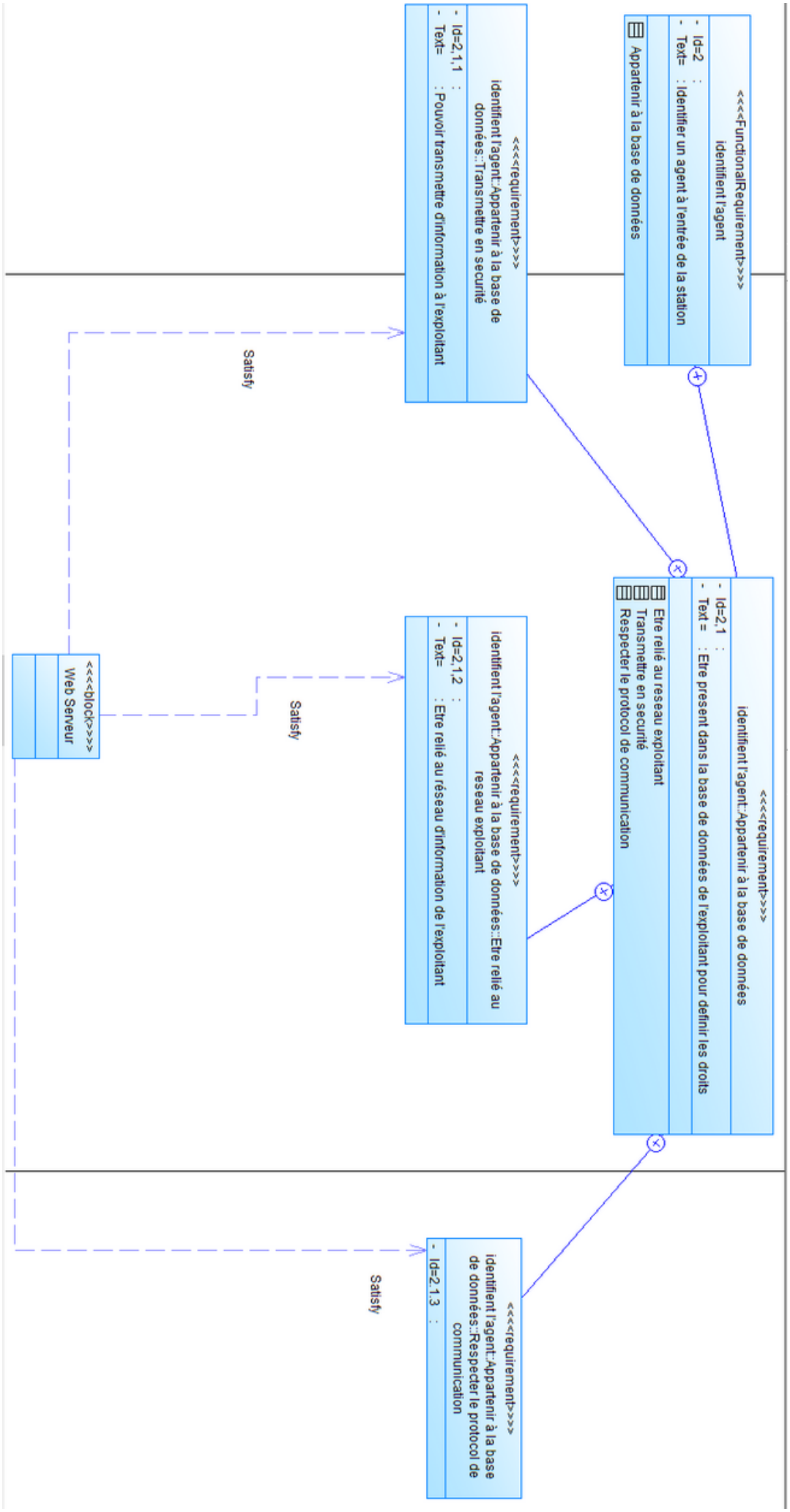
1.Diagramme de cas d'utilisation :



1.Diagramme d'exigence:



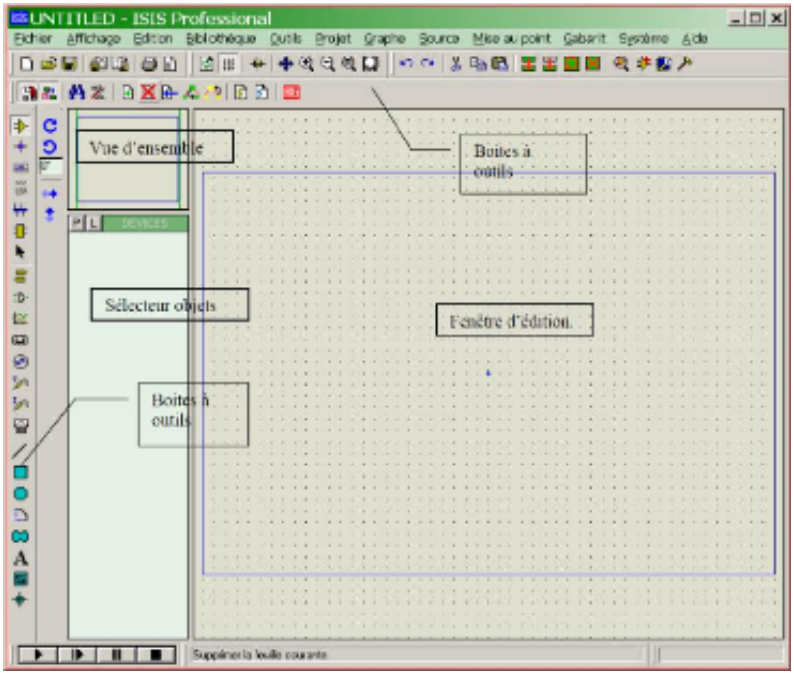
1.Diagramme d'exigence:



6.Schématisation de la solution:

Outil de simulation ISIS (PROTEUS)

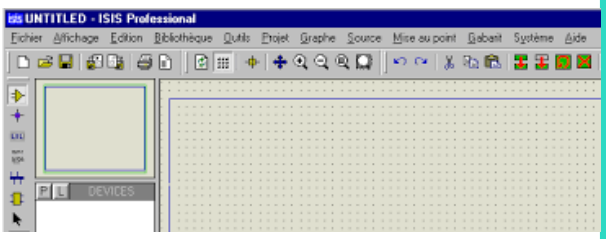
- Proteus est une suite logicielle développée par la société Labcenter Electronics, spécifiquement conçue pour l'électronique. Cette suite logicielle comprend plusieurs outils qui facilitent la conception assistée par ordinateur (CAO) dans le domaine de l'électronique. Les principaux logiciels inclus dans Proteus sont ISIS, ARES, PROSPICE et VSM. Chacun de ces logiciels offre des fonctionnalités spécifiques qui permettent aux ingénieurs électroniques de concevoir, simuler et valider leurs circuits et systèmes.
- La suite logicielle Proteus est largement reconnue et utilisée dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et institutions éducatives, y compris les lycées et les universités, adoptent cette suite logicielle. En plus de sa popularité, Proteus offre plusieurs avantages
- Une suite logicielle complète : Proteus comprend différents logiciels qui sont faciles à comprendre et à utiliser. Ces outils offrent une gamme complète de fonctionnalités pour la conception électronique assistée par ordinateur.
- Support technique performant : Proteus est accompagné d'un support technique réactif et efficace. Les utilisateurs peuvent bénéficier d'une assistance professionnelle en cas de problèmes ou de questions.
- Prototype virtuel : L'outil de création de prototype virtuel de Proteus permet de réduire les coûts matériels et logiciels lors de la conception d'un projet. Les concepteurs peuvent simuler et valider leurs circuits électroniques sans avoir besoin de construire des prototypes physiques.



PROTEUS

constituant de l'interface :

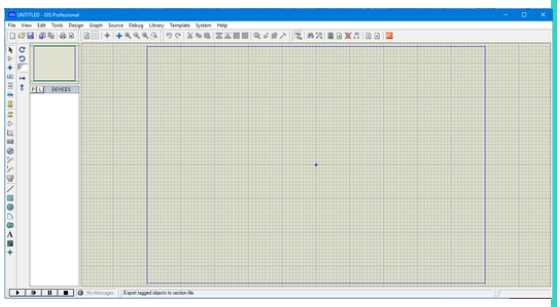
- Barre de menu :



La barre de menu située en haut de l'interface offre un accès aux différentes fonctionnalités et options du logiciel.

Les utilisateurs peuvent naviguer à travers les menus pour effectuer des actions telles que l'ouverture et la sauvegarde des fichiers, l'ajout de composants, la configuration des paramètres de simulation, etc.

- Zone de travail principal :



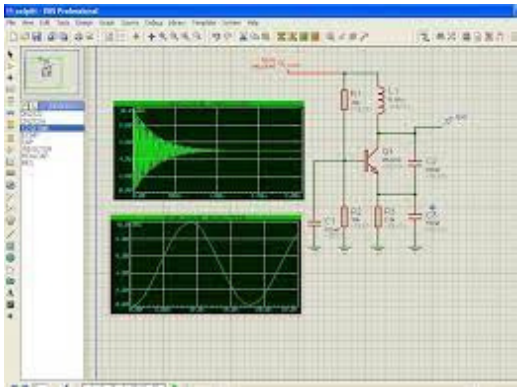
La zone de travail principal de l'interface est l'endroit où les utilisateurs conçoivent leurs circuits électroniques. Ils peuvent placer des composants, des connexions et des fils, définir des propriétés, et organiser les éléments de leur circuit.

- Barre d'outils :

La barre d'outils se trouve généralement en haut ou en bas de l'interface et contient des icônes représentant les outils et les fonctionnalités couramment utilisés. Les utilisateurs peuvent accéder rapidement à ces outils en cliquant sur les icônes correspondantes.

Mode Principal		Mode Gadgets		Mode Graphique	
	Composants		Terminal		Ligne
	Point de jonction		Patte de composant		Rectangle
	Label de fil		Graphe		Cercle
	Script de texte		Cassette		Arc
	Bus		Générateurs		Chemin
	Sous circuit		Sonde de tension	A	Texte
	Édition		Sonde de courant		Symbole
			Appareils		Marqueur origine

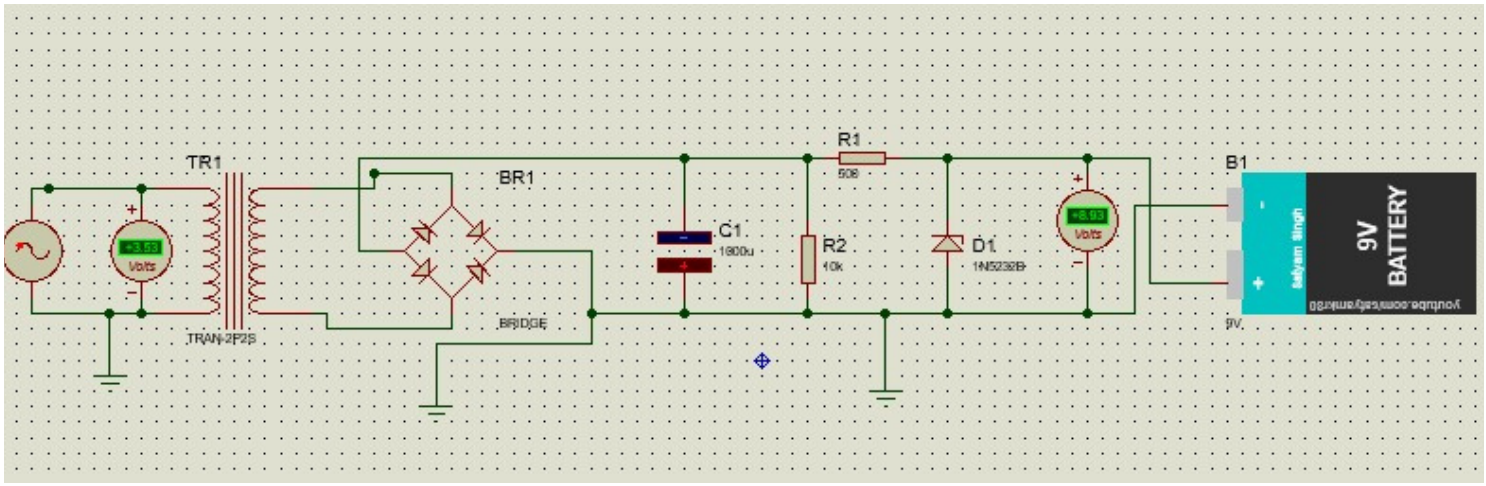
- Fenêtre de simulation :



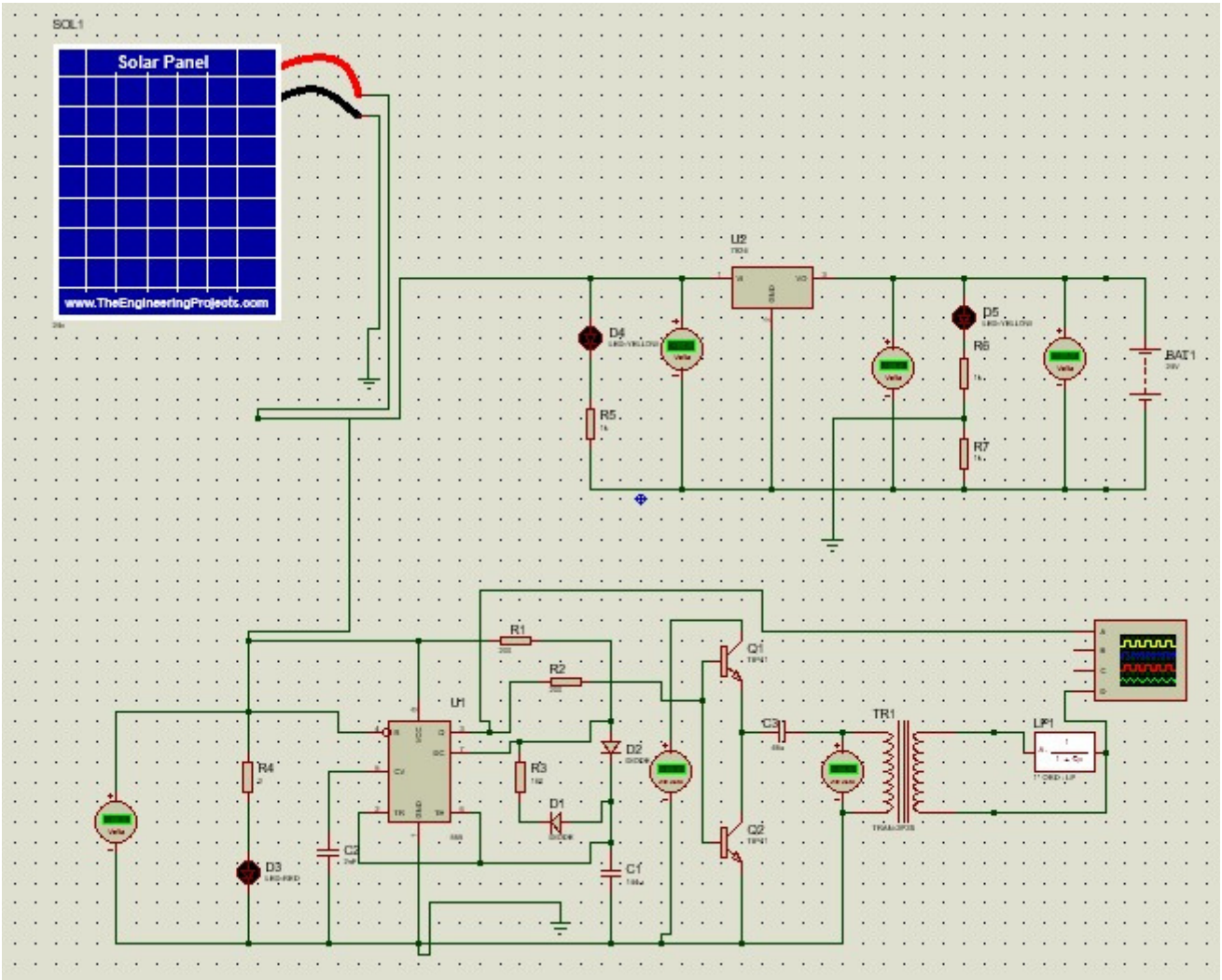
Une fois le circuit conçu, les utilisateurs peuvent lancer une simulation pour évaluer le comportement du circuit. La fenêtre de simulation affiche les résultats et les données générés lors de la simulation, tels que les formes d'onde, les mesures, les valeurs des composants, etc.

Simulation dans Proteus Isis :

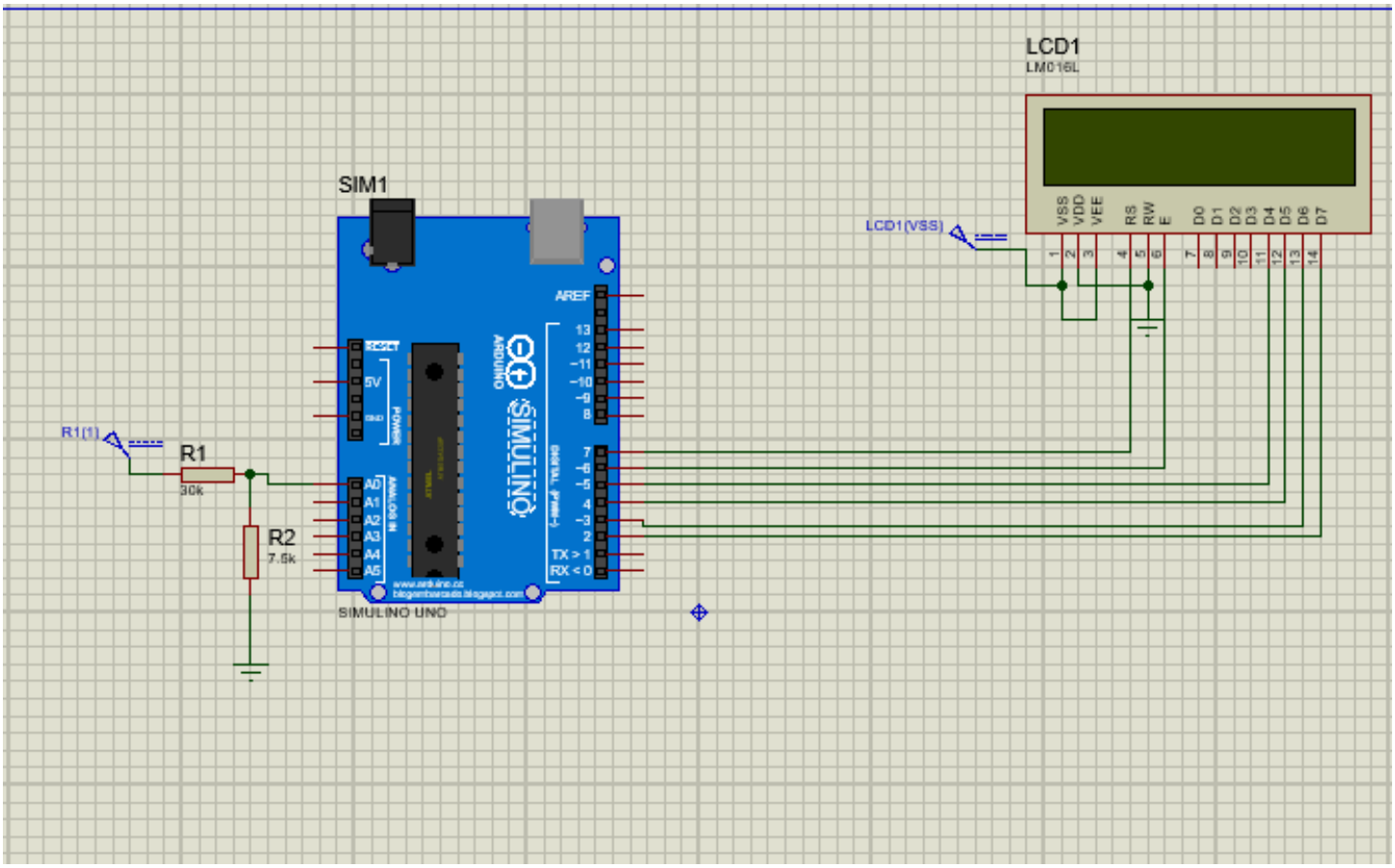
Simulation du système de charge :



- Simulation du système avec panneaux solaire :



Simulation du système d'affichage du pourcentage de charge :



7.Calcul du cout:

Dans cette section, nous synthétisons les indicateurs utilisés pour évaluer le coût économique de l'électromobilité, en mettant particulièrement l'accent sur la composante relative à l'installation de l'infrastructure de recharge des véhicules. Notre étude sera notamment généralisé sur le marché national et international non seulement notre projet .

Evaluation des couts :

- La charge normale à domicile ou sur le lieu de travail est de 8 à 10 fois moins coûteuse qu'une charge normale sur une borne ouverte au public (voierie ou parking).

- Elle est même 100 fois moins coûteuse que la solution la plus coûteuse, la charge rapide dans un lieu dédié.

- En accès public, le coût d'une borne de charge semi rapide est environ deux fois plus élevé qu'une charge lente.

- Le prix de vente des voitures électriques (VE) est souligné comme étant plus élevé par rapport aux véhicules thermiques, et les incitations en place ne parviennent pas à réduire de manière significative ces prix.

- L'étude préconise de mettre en place une prime à l'achat pour les voitures électriques (estimée à 50.000 DH) et un remboursement de la TVA à l'achat de voitures électriques pour les entreprises.

- Procédure d' une prime à la casse pour le transport en commun et offrir des avantages à l'utilisation de véhicules électriques (gratuité péage, stationnement, exonération vignette, réduction des frais d'immatriculation, tarif d'homologation des cyclomoteurs).

- Déploiement progressif d'un réseau de bornes de recharge rapide des véhicules électriques couvrant le réseau routier national, principalement au niveau des stations-service (estimé à 1.500 bornes de recharge, soit 1 chaque 100 km. Borne de 50 Kw incluant 2 prises Financement : 40.000 euros incluant le coût d'installation, soit environ 66 MDH) ou encore mise en place de subventions à l'installation de bornes de recharge (estimées à 30% du coût) pour le privé.

- Voici quelques exemples illustrant le calcul des couts :

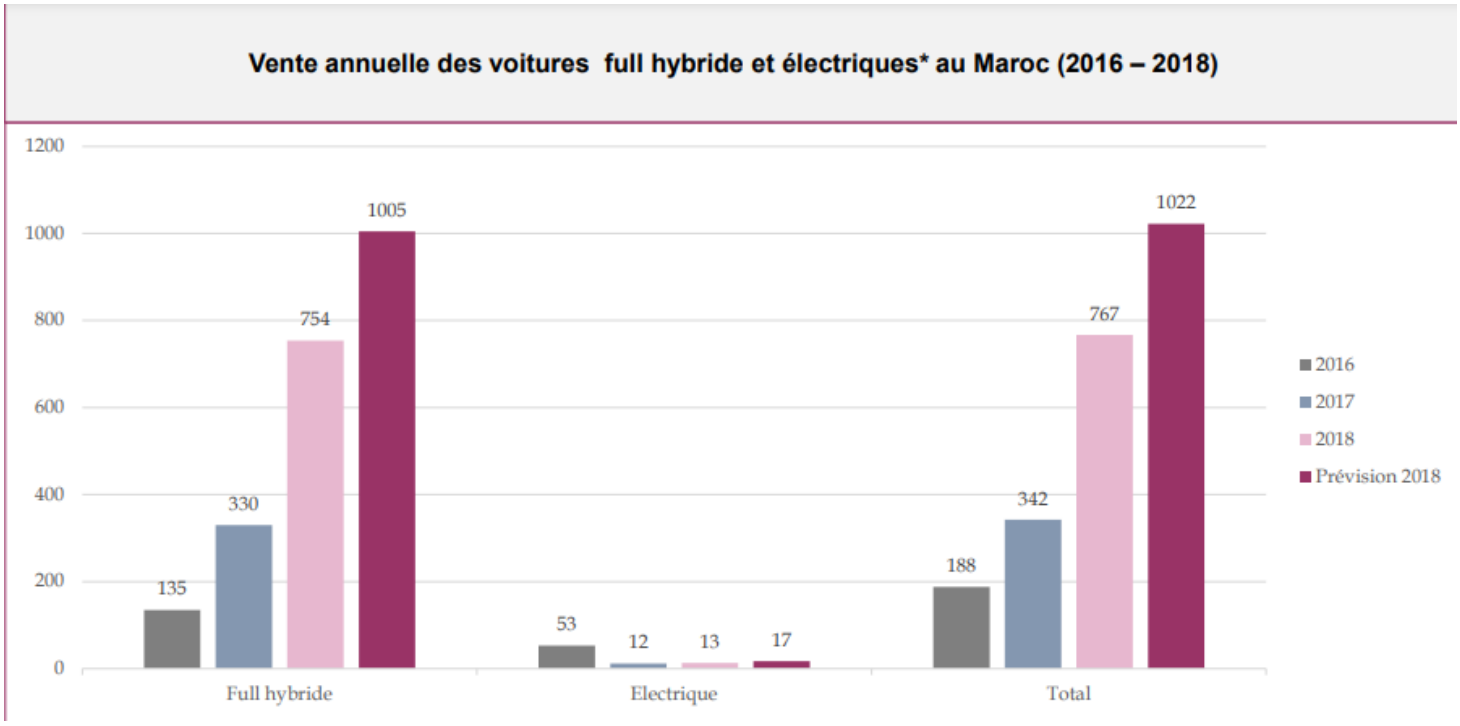
Désignation	Un	Qté	Prix unit.	Montant H.T.
1 - Electricité				
Alimentation d'une borne de recharge pour véhicule électrique comprenant : - Câble RO2V 3G10mm² depuis tableau pour alimenation - Câble RO2V 3G1.5mm² pour délestage (raccordement sur compteur) - Passage sous tube IRO - Protections nécessaires au bon fonctionnement	Ens	1,00	554,55	554,55
Fourniture et pose d'une borne de recharge pour véhicule électrique de type EVLINK WALLBOX PLUS de chez Schneider - Borne 7Kw Monophasé 32A - Entrée TIC permettant de charger uniquement avec le courant restant - Verrouillage à clé - Fixation murale	Ens	1,00	1 233,41	1 233,41
Sous-total Electricité				***1 787,96***

Total H.T.	**1 787,96**
Total T.V.A. 5,50 %	98,34
Net à payer (Euros)	**1 886,30**

N°	Désignation	Un	Quantité	Prix unit.	Montant H.T.
1	Borne de recharge HAGER WITTY ECO de 7kW équipée d'une prise type T2S réglable en puissance		1,00	663,60	663,60
2	Câble U1000R2V 3g10 + tube Dia 20 + Fixations		30,00	9,40	282,00
3	COFFRET PLEXO3 IP65 6 MOD.	U	1,00	66,07	66,07
4	EDF TELER.ARME 2P0,6 NOIR		30,00	1,32	39,60
5	Câble U1000R2V 5g1,5 + tube Dia 16 + Fixations		5,00	3,86	19,30
6	DT40 1P+N 40A COURBE C	U	1,00	23,59	23,59
7	DT40 1P+N 10A COURBE C	U	1,00	17,39	17,39
8	SIMULATEUR DE TELE-INFORMATION	U	1,00	179,20	179,20
9	COFFRET CACHE-BORNE 4 M	U	1,00	15,19	15,19
10	Mureva Styl - Prise courant 2P+T - saillie - IP55 - IK08 - connexion auto - gris	U	1,00	11,89	11,89
11	Main D'oeuvre	H	1,00	488,00	488,00
12	Forfait déplacement RP	H	1,00	75,00	75,00
13	Forfait déplacement RP offert	H	-1,00	75,00	-75,00
	Sous-total				1 805,83

Evaluation des revenus :

L'étude dévoile que les principaux acteurs ont du mal à se projeter, du fait de l'absence à ce stade d'objectifs chiffrés de l'État en matière de développement du marché de la mobilité durable au Maroc. Au niveau de leurs attentes, la mise en place des subventions étatiques reste la principale demande (31%), si l'on se réfère aux auteurs de cette étude qui ont mené plus de 50 entretiens auprès d'acteurs publics et privés ex aequo avec la baisse des prix de véhicules électriques sur le marché (15%), le développement de l'infrastructure de recharge (15%) et l'exemplarité de l'État en termes de renouvellement de la flotte (15%). Par ailleurs, 14% des acteurs publics et privés interrogés ont exprimé leurs attentes sur le développement du cadre réglementaire sur la mobilité électrique, suivies du développement de communication sur la mobilité électrique (11 %).



Déploiement des bornes
Les objectifs pour 2030

Type de borne	Aujourd'hui	Perspectives 2030
Publiques	100 000	620 000
Chez les particuliers	440 000	4,5 millions
Dans les entreprises	95 000	1,3 million
Parc des véhicules électriques	650 000	5 à 7 millions

Attentes des acteurs	%
Mise en place des subventions étatiques	31%
Baisse des prix de véhicules éléctrique sur le marché	15%
Développement de l'infrastucture de recharges	15%
Exemplarité de l'Etat en termes de renouvellement de la flotte	15%
Développement du cadre réglementaire sur la mobilité éléctrique	14%
Développement de communication sur la mobilité éléctrique	11%

- De plus, les principaux acteurs ont du mal à se projeter, dû à l'absence à ce stade d'objectifs chiffrés de l'Etat en matière de développement du marché de la mobilité durable au Maroc. D'après le Ministère de Développement Durable, le Gouvernement s'oriente principalement vers le développement du marché des véhicules électriques. Il est à noter que l'étude n'a pas intégré une enquête terrain adressée aux consommateurs finaux

Analyse de rentabilité :

Afin d'analyser la rentabilité, il est essentielle d'utiliser des outils d'analyse économique tels que:

- Le retour sur investissement (ROI): C'est une mesure financière utilisée pour évaluer l'efficacité et la rentabilité d'un investissement. Il est généralement exprimé en pourcentage et représente le gain ou la perte nette réalisé(e) par rapport au coût initial de l'investissement.

ROI = (Gain de l'investissement - Coût de l'investissement) / Coût de l'investissement * 100

- la valeur actuelle nette (VAN):La valeur actuelle nette (VAN) est une méthode utilisée en finance pour évaluer la rentabilité d'un investissement en tenant compte de la valeur temporelle de l'argent. Elle permet de déterminer la valeur présente des flux de trésorerie futurs générés par un investissement, en actualisant ces flux de trésorerie au taux d'actualisation approprié.

VAN = Somme des flux de trésorerie actualisés - Coût initial de l'investissement

- le taux de rendement interne (TRI):Le taux de rendement interne (TRI) est une mesure financière utilisée pour évaluer la rentabilité d'un investissement en calculant le taux de rendement auquel la valeur actuelle nette (VAN) de cet investissement est égale à zéro. En d'autres termes, il représente le taux d'actualisation qui équilibre les flux de trésorerie entrants et sortants d'un investissement, de sorte que la VAN soit nulle.

0 = Somme des flux de trésorerie t / (1 + TRI)^t - Coût initial de l'investissement

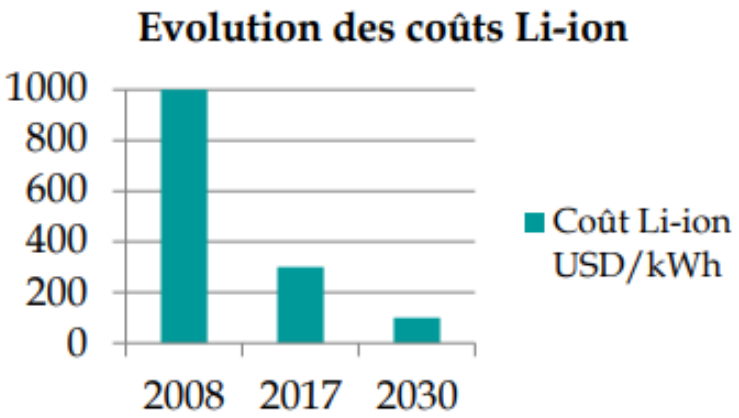
Optimisation des couts :

utilisation de batterie lithium:

- L'un des solutions les plus suggères par les pour l'optimisation des couts est l'utilisation des batteries avec du lithium.
- Le lithium métal et les batteries lithium-ion sont connus pour être potentiellement dangereux et explosifs. Cependant, ils offrent la densité d'énergie la plus élevée et stable sur le marché. Les batteries lithium polymère présentent également un potentiel prometteur grâce à leur technologie de séchage. Ces types de batteries sont souvent utilisés dans les systèmes photovoltaïques portables, où leur capacité de décharge élevée est un facteur important, étant jusqu'à six à huit fois supérieure à celle des batteries au plomb scellé.

- Des batteries Li-ion verront leur coût baisser au fil des années en atteignant moins de 100 $/kWh à l'horizon 2030

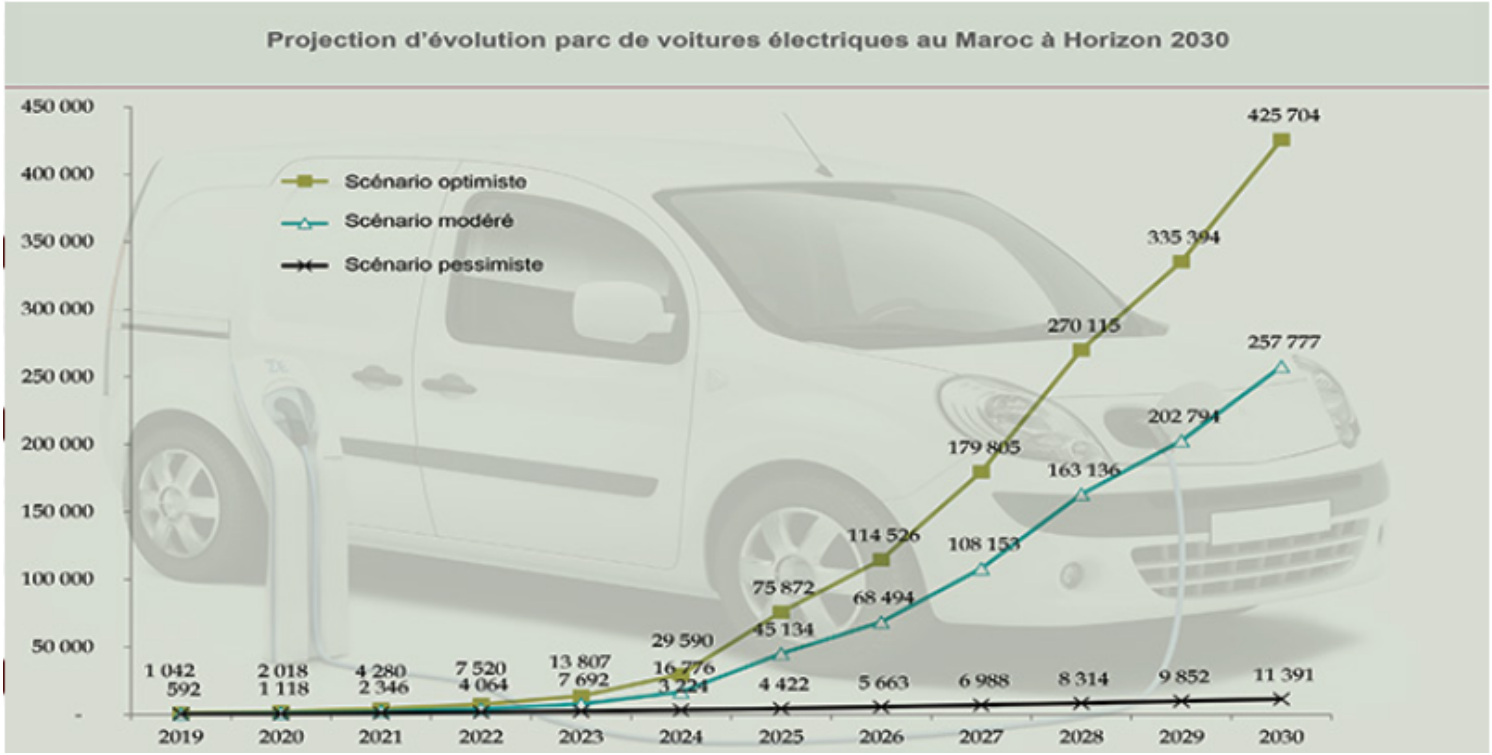
- statistique d'évolution des couts de li-ion au cours des années



Utilisation des panneaux solaires:

- L'utilisation des panneaux solaires dans l'infrastructure de recharge présente de nombreux avantages, notamment en termes d'efficacité énergétique et de durabilité. Voici quelques points à considérer :
- Énergie renouvelable : Les panneaux solaires utilisent l'énergie solaire, une source d'énergie propre et renouvelable, pour générer de l'électricité. Cela permet de réduire la dépendance aux combustibles fossiles et de diminuer les émissions de gaz à effet de serre.
- Réduction des coûts d'exploitation : Une infrastructure de recharge alimentée par des panneaux solaires permet de réduire les coûts d'exploitation liés à l'électricité. Une fois les panneaux solaires installés, l'énergie solaire est gratuite et ne nécessite pas de paiement de factures d'électricité. Cela peut être avantageux pour les opérateurs de recharge, réduisant ainsi les coûts à long terme.

- voici une projection optimale d'évolution de parc de voiture électrique au Maroc.



Etude comparative du marché :

Le marché des infrastructures de recharge évolue rapidement, avec de nouveaux acteurs, des partenariats et des avancées technologiques. cependant on site quelques acteurs clés du marché:

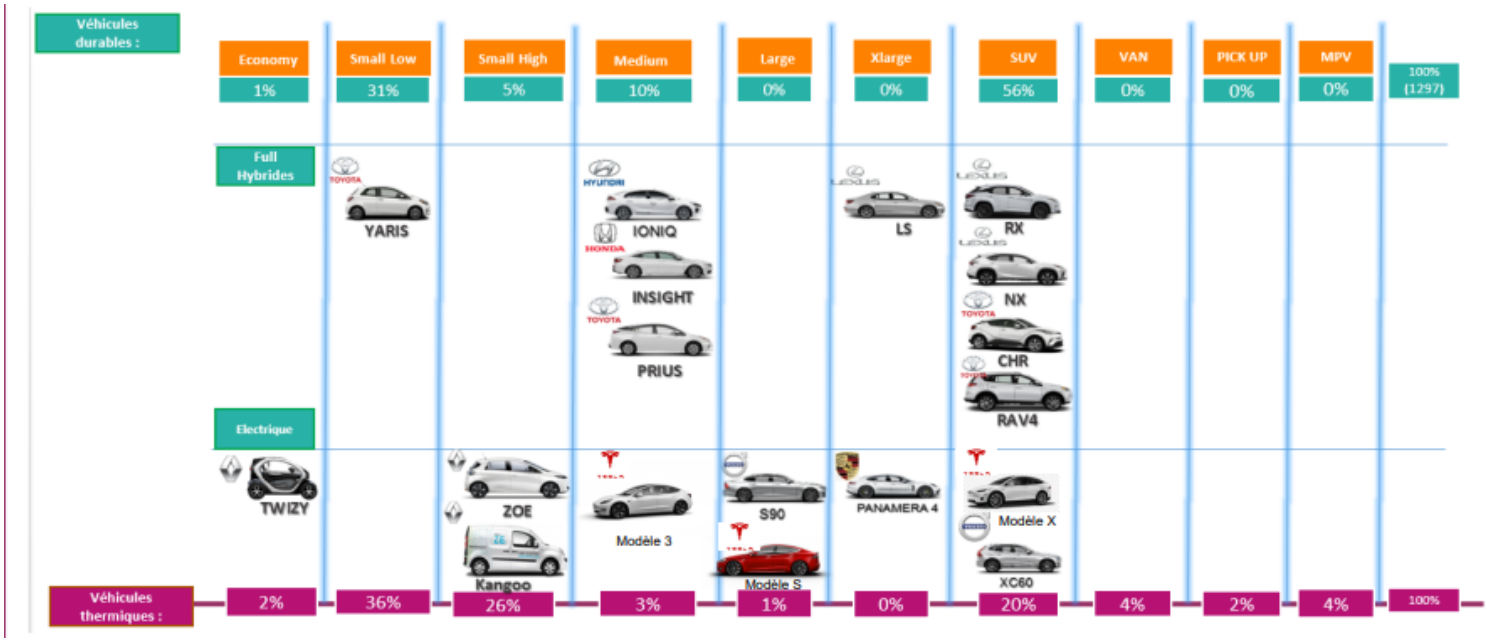
- Tesla : Tesla est un leader du marché dans le domaine des infrastructures de recharge.
La société exploite son propre réseau de super chargeurs à grande vitesse ,qui couvre un vaste réseau de stations de recharge dans de nombreux pays.
Tesla a également développé des solutions de recharge pour un usage domestique et commercial.

- ChargePoint: est l'un des plus grands réseaux de recharge aux États-Unis et en Europe.
Ils proposent des solutions de recharge résidentielle, commerciale et publique, ainsi que des stations de recharge en entreprise.
ChargePoint offre également des services de gestion de flotte et de paiement.

- EVgo : EVgo est un fournisseur de services de recharge pour les voitures électriques en Amérique du Nord.
Ils se concentrent principalement sur les stations de recharge publiques rapides et ultra-rapides et travaillent en partenariat avec des entreprises, des municipalités et des organismes gouvernementaux.

- Ionity: Ionity est une joint-venture entre plusieurs constructeurs automobiles, dont BMW, Daimler, Ford, Volkswagen et Hyundai.
Ils se concentrent sur les stations de recharge haute puissance en Europe pour les véhicules électriques.
Ionity vise à établir un réseau de recharge rapide et pratique le long des principales autoroutes.

Analysons maintenant le marché des segments des voitures hybrides et électriques au Maroc.



Toyota détient 99% du marché des voitures Full hybrides avec 4 modèles.

• Les ventes de voitures Full hybrides sont principalement drivées par les segments « Small Low » et le « SUV ».

• Les modèles les plus vendus sont la Yaris et la CH-R de Toyota.

• Comparativement au parc thermique, on note un déficit de full hybride + électrique sur le segment Small high.

• D'autres marques commencent à s'intéresser au marché du durable en 2018 tel que BMW avec la série 5 30E et série 7 30E.

Segment	Part de marché (en %)	Modèle Full hybride ou électriques	Prix d'entrée de gamme	Modèle Thermique	Prix d'entrée de gamme	Ecart (en %)
Small High	26%	ZOE	250 000 DHS	Clio 4 - Essence	144 900 DHS	+ 72%
Small Low	36%	YARIS	212 000 DHS	YARIS - Essence	142 000 DHS	+ 50%
SUV	20%	PHEV XC90	795 000 DHS	XC90 - Diesel	689 000 DHS (757 900 incluant la taxe de luxe)	+ 15% (+5%)
		CHR	286 000 DHS	CHR - Essence	241 000 DHS	+ 18%
		RAV 4	361 000 DHS	RAV 4 - Essence	326 000 DHS	+ 11%

8.Plan de mise sur marché

- Après une étude approfondie de notre projet, en évaluant ses aspects techniques et fonctionnels, ainsi qu'en réalisant une analyse approfondie du marché et de ses tendances, nous avons également défini nos objectifs et procédé à des segmentations et ciblages précis.
- À présent, notre prochaine étape consiste à élaborer une stratégie de marketing solide, à définir clairement notre positionnement sur le marché et à mettre en avant notre proposition de valeur unique. Ensuite, nous pourrons passer à l'action en mettant en œuvre notre plan de mise sur le marché.

Qualité de produit :

- Notre produit se distingue par plusieurs caractéristiques avantageuses. Tout d'abord, il offre une grande accessibilité aux utilisateurs en permettant la détection des anomalies présentes dans le véhicule, ce qui facilite la maintenance et la réparation. De plus, notre produit se distingue par sa rapidité de charge, ce qui permet aux utilisateurs de recharger rapidement leur voiture électrique et de minimiser le temps d'attente.
- Une autre caractéristique remarquable de notre produit est l'implémentation d'une source d'alimentation secondaire, à savoir la plaque solaire. Cette fonctionnalité permet à notre produit de se positionner comme étant respectueux à l'environnement, en exploitant l'énergie renouvelable et en réduisant ainsi son empreinte carbone. En offrant une solution éco-friendly, notre produit répond aux exigences croissantes en matière de durabilité et de responsabilité environnementale.

Positionnement sur le marché :

Collaboration :

- Dans le but de consolider notre position sur le marché, nous avons pour objectif d'établir des collaborations stratégiques avec les stations-service existantes, en veillant à préserver leur rentabilité et à éviter tout impact économique négatif pour ces établissements. Cette approche permettra notamment d'élargir notre réseau de stations de recharge électrique.
- En collaborant avec les stations-service, nous cherchons à capitaliser sur leur infrastructure déjà en place, leur emplacement stratégique et leur clientèle existante. Nous travaillerons en étroite collaboration avec les propriétaires de stations-service pour déterminer les modalités de partenariat qui garantiront leur rentabilité et qui répondront à leurs besoins économiques spécifiques..

- Cette collaboration mutuellement bénéfique permettra d'étendre notre réseau de stations de recharge électrique de manière plus rapide et plus efficace, tout en assurant une transition plus harmonieuse vers la mobilité électrique. En offrant des solutions de recharge électrique dans le cadre des stations-service existantes, nous offrirons une commodité supplémentaire aux utilisateurs de véhicules électriques et contribuerons à l'expansion de l'infrastructure de recharge dans le paysage urbain.
- Nous envisageons une opportunité de mettre en place une carte de fidélité qui offrirait aux clients des promotions et des réductions avantageuses, dans le but d'encourager une adoption croissante de notre produit. Cette initiative vise à inciter les utilisateurs à opter de plus en plus pour notre solution.

+

<u>Carte de fidélité:</u>

- Nous envisageons une opportunité de mettre en place une carte de fidélité qui offrirait aux clients des promotions et des réductions avantageuses, dans le but d'encourager une adoption croissante de notre produit. Cette initiative vise à inciter les utilisateurs à opter de plus en plus pour notre solution.
- La carte de fidélité serait conçue pour récompenser la fidélité des clients et offrir des avantages spécifiques liés à l'utilisation de notre produit. Les utilisateurs pourraient bénéficier de promotions exclusives, de réductions sur les recharges, de points de fidélité cumulables, ou encore d'autres incitations visant à renforcer leur engagement envers notre produit.
- Cette approche stratégique de fidélisation des clients permettrait non seulement de renforcer notre base d'utilisateurs existants, mais également d'attirer de nouveaux clients en offrant des avantages attrayants. En proposant des promotions et des réductions via la carte de fidélité, nous créons un environnement incitatif qui encourage les utilisateurs à choisir notre produit de recharge électrique.

Le choix de logo et dénomination :

- Concernant le logo on a choisi un symbole qui montre l'électrique .
- Pour le nom il s'agit du notre produit qui est station électrique.
- Pour BBBCI signifie le nom de notre membre de Projet BENMEKI / BENWADEH / BOUKABECHE / CHAHBOUN / IBRAHIMI

STATION
ELECTRIQUE
BBBCI

Stratégie Marketing :

Choix de l'identité visuelle et aménagement de la façade commerciale :

MARQUAGE:

Stratégie de communication :

Carte a visite :

9.Conclusion générale:

- Dans le cadre de cette étude, nous avons entrepris de concevoir un système d'équipement de bornes de recharge pour les voitures électriques, en analysant les différentes dimensions économiques, techniques et fonctionnelles.
- Notre objectif principal était d'évaluer les aspects économiques liés à la mise en place de ce système, en examinant les coûts d'installation, de maintenance et d'exploitation, ainsi que les modèles de revenus potentiels. Nous avons également étudié les opportunités de financement et les incitations gouvernementales disponibles pour soutenir ce type d'infrastructure.
- Sur le plan technique, nous avons pris en compte les exigences de puissance électrique, les protocoles de communication nécessaires pour la recharge, ainsi que les normes de sécurité et de compatibilité des équipements. Nous avons évalué les différentes technologies disponibles pour les bornes de recharge, en tenant compte de leur efficacité énergétique, de leur capacité de charge rapide et de leur intégration avec les réseaux électriques existants.
- En ce qui concerne la dimension fonctionnelle, nous avons étudié les besoins des utilisateurs, en termes de facilité d'utilisation, de convivialité de l'interface utilisateur et de la disponibilité des bornes de recharge. Nous avons également pris en considération les aspects liés à la gestion des bornes, tels que la réservation, la facturation et la maintenance.
- En résumé, notre produit se démarque par sa facilité d'utilisation grâce à la détection des anomalies, sa rapidité de charge et son caractère écologique grâce à l'exploitation de l'énergie renouvelable. Ces caractéristiques confèrent à notre produit un avantage concurrentiel sur le marché et répondent aux besoins des utilisateurs soucieux de l'efficacité, de la durabilité et de l'impact environnemental et notre stratégie consiste à établir des partenariats avec les stations-service existantes afin d'élargir notre réseau de stations de recharge électrique. Nous nous engageons à préserver la rentabilité des stations-service et à éviter tout impact économique négatif, tout en contribuant à l'essor de la mobilité électrique et à l'expansion de l'infrastructure de recharge.
- En conclusion, cette étude approfondie nous a permis d'analyser de manière approfondie les différentes dimensions du système d'équipement de bornes de recharge pour les voitures électriques, en tenant compte des aspects économiques, techniques et fonctionnels. Ces résultats nous ont guidés dans la conception d'un système optimal, répondant aux exigences du marché et aux besoins des utilisateurs.

Sources

- http://www.fedenerg.ma/wp-content/uploads/2019/07/Federation-de-lEnergie-Etude-sur-la-Mobilite-Durable-au-Maroc-Synthese-Juin-2019.pdf
- https://aujourdhui.ma/automobile/transport-electrique-au-maroc-encore-du-chemin-a-parcourir
- https://aujourdhui.ma/automobile/transport-electrique-au-maroc-encore-du-chemin-a-parcourir
- https://www.challenge.ma/cgem-principaux-resultats-dune-etude-sur-la-mobilite-electrique-260312/
- https://www.banquemondiale.org/fr/news/press-release/2022/11/11/new-research-economic-viability-of-electric-vehicles-is-strong-and-improving-in-many-developing-countries
- https://www.alec-montpellier.org/wp-content/uploads/2020/09/Ocea-Bornes-Solutions.pdf
- https://www.google.com/search?q=ingeniorat.pdf&oq=ingeniorat.pdf&aqs=chrome..69i57.795j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8&bshm=ncc/1
- http://thesis.essa-tlemcen.dz