

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة

العلم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي - برج بوعريريج

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département Électromécanique

MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : Électromécanique

Spécialité : Énergie renouvelable en électrotechnique

Par : - KARDI ELAMRI.

- FATMI HICHEM.

Sujet

**Conception et réalisation d'un arrêt de bus
alimenter par l'énergie renouvelable**

Soutenu publiquement, le 12 /11 /2024, devant le jury composé de :

M.SaadSaoud Marwan

Grade

Univ-BBA

Président

M.Bengueddoudj Abdallah

Grade

Univ-BBA

Examineur

Remercîment

Le plus grand merci s'adresse au bon Dieu, le tout puissant de nous avoir accordé le courage et la volonté pour accomplir ce travail.

Nous remercions nos familles et tous nos amis qui nous ont toujours encouragé et soutenu durant toutes nos études.

Nous tenons également, à exprimer nos forts remerciements à nos promoteurs, Dr. Saad Saoud Merwan et Dr. Abdallah Bengueddoudj nous guide et donne des suggestions précieuses, qu'elles trouvent ici le témoignage de notre haute considération et de notre profond respect.

Nous remercions les membres de jury qui ont bien voulu accepter d'examiner ce mémoire et à cet égard nous leurs présentons nos profonds respects, et notre grande gratitude.

Nous rendons grâce à tous les enseignants du département Électromécanique, qui nous ont suivis durant notre cursus, et tous ceux qui ont contribué, à ce que ce travail prenne forme.

Dédicace

A toi seigneur DIEU tout puissant créateur du ciel et de la terre.

*Je te remercie pour m'avoir donnée la volonté et surtout le courage de
mener dans de bonnes conditions ce travail.*

*A celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde
dans son vaste paradis, À toi mon père.*

A la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, maman que j'adore.

A mes frères pour leurs appuis et leur encouragement.

*A tous mes amis et Reda, Yacine, Imad, Raid, Mokim, Mimou, Hamid,
Hakou, Anis, Yaakoub, Taha, Aymen, Khaled, Djaber, et toute ma
promotion, et en particulier mon binôme et mon frère Hichem.*

À celui qui continue de me soutenir de près et de loin, mon pilier, Boutheina.

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit
de votre soutien infailible.*

KARDI

Dédicace

A toi seigneur DIEU tout puissant créateur du ciel et de la terre.

*Je te remercie pour m'avoir donnée la volonté et surtout le courage de
mener dans de bonnes conditions ce travail.*

*A celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde
dans son vaste paradis, À toi mon père.*

A la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, maman que j'adore.

A mes frères pour leurs appuis et leur encouragement.

*A tous mes amis et Reda, Yacine, Imad, Raid, Mokim, Mimou, Hamid,
Hakou, Anis, Yaakoub, Taha, Aymen, Khaled, Djaber, et toute ma
promotion, et en particulier mon binôme et mon frère Chemsou.*

À celui qui continue de me soutenir de près et de loin, mon pilier, Djoumana.

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit
de votre soutien infaillible.*

FATMI

Liste de Figure

Chapitre I

Figure I-1 Le réseau du Carrosse à cinq sols.	15
Figure I-2 L'omnibus parisien.	15
Figure I-3 Le "chemin de fer américain" à Paris.	16
Figure I-4 Le tramway Mekarski.	16
Figure I-5 Le Tramway électrique de Roue.	17
Figure I-6 construction du métro de Paris.	17
Figure I-7 Autobus Daimler.	18
Figure I-8 Recettes d'exploitation du transport en commun urbain et déplacements de passagers, données mensuelles, 2019 à 2024, millions.	19
Figure I-9 métro d'Alger.	20
Figure I-10 L'évolution des arrêts de bus.	20
Figure I-11 Paris a inauguré sa première station de bus intelligente sur la place de la Bastille.	24
Figure I-12 La première station de bus intelligente fonctionnant à l'énergie solaire en Tunisie.	25
Figure I-13 Station de Bus Intelligente Solaire à Shenzhen, Chine.	25

Chapitre II

Figure II-1 Différent usage dans l'arrêt de bus.	30
Figure II-2 Aluminium.	32
Figure II-3 Verre trempé.	32
Figure II-4 Conception d'une Structure de Station de Bus en Béton Armé.	33
Figure II-5 Cages de protection anti-vandalisme.	33
Figure II-6 Arrêt de Bus Moderne et Sécurisé Conforme aux Normes de Construction.	34
Figure II-7 effet photovoltaïque.	35
Figure II-8 Système photovoltaïque.	36
Figure II-9 Arrêt de Bus Ordinaire avec Aménagements Minimalistes.	38

Chapitre III

Figure III-1 Schéma synaptique du système.	42
Figure III-2 Schéma globale du système.	52
Figure III-3 diagramme de système en générale.	53
Figure III-4 interface de notre site.	59
Figure III-5 l'interface principale.	60
Figure III-6 l'interface Personnalisation de l'Annonce.	61
Figure III-7 Interface de Liste des Annonces.	62
Figure III-8 conception.	63
Figure III-9 teste recharge le téléphone dans l'arrêt.	63
Figure III-10 Écran Publicitaire Alimenté par Énergie Solaire dans l'Arrêt.	64
Figure III-11 Test de suivi du bus effectuer dans la ville de Bordj BouArreridj.	65

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I

I.1. Introduction	13
I.2. Historique des systèmes de transport en commun :	14
I.3. Les transports en commun urbains aujourd’hui :	18
I.4. État de l'art sur les arrêts de bus :	20
I.4.1. Les origines des arrêts de bus :	20
I.4.2. L'évolution des designs :	21
I.4.3. Les fonctionnalités modernes :	21
I.4.4. Technologies émergentes dans le domaine des transports :	22
I.4.5. L'essor du Big Data dans la logistique	22
I.4.6. Logistique intelligente.....	22
I.4.7. Conduite autonome.....	22
I.4.8. Technologie de la blockchain dans la logistique:	23
I.5. Relie les points grâce à un system de gestion de la relation client :	23
I.5.1. Fonctionnalités clés des CRM dans la logistique:	23
I.5.2. Optimisation des routes et planification :	23
I.5.3. Ciblage des clients et gestion des données :	24
I.5.4. Intégration avec les chaînes d’approvisionnement :	24
I.6. Les arrêts de bus intelligent dans le monde :	24
I.6.1. Distribution des Stations de Bus Intelligentes dans le Monde :	25
I.6.1.1. China – Shenzhen	25
I.6.1.2. Espagne – Barcelone	26
I.6.1.3. États-Unis - New York.....	26
I.6.1.4. Royaume-Uni – Londres	26
I.6.1.5. Pays-Bas – Amsterdam	26
I.6.1.6. Corée du Sud – Séoul.....	26
I.6.1.7. Allemagne – Berlin.....	26
I.6.1.8. Dubaï - Émirats Arabes Unis.....	26
I.7. Conclusion.....	27
II.1. Introduction.....	29
II.2. Identification des besoins des usagers et des opérateurs de transports :	30
II.3. Contraintes techniques, économiques et réglementaires :	30

II.3.1. Configuration de l'arrêt :	31
II.3.2. Signalétique et équipement :	31
II.3.3. Matériaux et entretien :	32
II.3.3.1. Matériaux résistants	32
II.3.3.2. Bornes de recharge et écrans :	33
II.3.3.4. Entretien et maintenance :	33
II.3.4. Réglementation locale :	34
II.3.4.1. Réglementations générales	34
II.3.4.2. Réglementations Spécifiques aux Arrêts de Bus :	34
II.3.4.3. Environnement et Durabilité :	35
II.3.4.4. Engagement et Communication avec la Communauté :	35
II.4. Intégration de l'Énergie Photovoltaïque :	35
II.4.1. Énergie Solaire Photovoltaïque :	35
II.4.2. Sélection des Composants du Système PV :	35
II.4.3. Intégration des panneaux solaires au système de la station de bus :	36
II.5. Contraintes des Arrêts de Bus Ordinaires :	37
II.5.1. Manque d'Énergie :	37
II.5.2. Manque de Sécurité :	38
II.5.3. Insuffisance d'Information en Temps Réel Concernant l'Arrivée des Bus Absence d'indications sur l'arrivée des bus:	38
II.6. Conclusion	39
III.1. Introduction	41
III.2. Schéma synaptique du système :	42
III.3. Architecture générale du système :	42
III.4. La partie matériel (Hardware) :	42
III.4.1. Panneau Solaire:	42
III.4.2. Onduleur ordinaire :	43
III.4.3. Régulateur solaire MPPT 40A EZA :	44
III.4.4. Parafoudre :	44
III.4.5. Disjoncteur 1P+N :	45
III.4.6. Batterie de stockage :	45
III.4.7. Multytype charge :	46
III.4.8. Écran publicitaire :	47
III.4.9. Module de développement SIM800L :	47
III.4.10. Arduino :	48
III.5. Dimensionnement d'un Système Photovoltaïque pour un Atribus :	49
III.6. Schémas et branchement globale réalisée :	52
III.7. L'organigramme de la réalisation :	53

III.7.1. Module de Suivi de Position GPS :.....	54
III.7.2. Schéma de câblage de système de GPS :	54
III.7.3. La base des données envoyé du bus :.....	54
III.8. Description Détaillée et Justification Académique du Site:	55
III.8.1. Interface Utilisateur (UI) et Conception Front-End :.....	55
III.8.1.1. HTML (Langage de Marquage Hypertexte) :.....	55
III.8.2. CSS (Feuilles de Style en Cascade).....	55
III.8.3. JavaScript (Optionnel pour la Validation des Formulaires)	55
III.8.4. Opérations côté serveur (PHP pour le contenu dynamique)	55
III.8.4.1. PHP (Hypertext Preprocessor)	55
III.8.5. Conception de la base de données et gestion des données	56
III.8.5.1. SQLite (Système de gestion de base de données léger)	56
III.8.6. Authentification et Gestion des Rôles.....	56
III.8.6.1. Sessions en PHP	56
III.8.7. Flux Utilisateur et Architecture du Système	56
III.8.7.1. Plan du Site et Navigation.....	56
III.8.8. Tests, Débogage et Considérations de Sécurité	57
III.8.8.1. Tests de Compatibilité Multi-Navigateurs	57
III.8.8.2. Prévention des Injections SQL	57
III.8.9. Système d'Achat et Fonctionnalités de Commerce Électronique	57
III.8.9.1. Système de Commerce Électronique Simple	57
III.8.10. Les caractéristiques de Sécurité et Meilleures Pratiques.....	57
III.8.10.1. Contrôle d'Accès (RBAC).....	58
III.8.10.2. Gestion Sécurisée des Sessions.....	58
III.8.10.3. Le site web :.....	58
III.9. Le prototype (conception) :.....	62
III.9.1. Test de Performance de Charge pour Téléphone dans l'Arrêt :	63
III.9.2. Test l'écran publicitaire :	64
III.9.3. Test de suivi du bus effectuer dans la ville de Bordj BouArreridj :	65
III.10. Conclusion	66
Conclusion générale	

Liste de symbole

GPS : Système de positionnement global, permettant la localisation géographique via satellites.

WIFI : Technologie de réseau sans fil permettant la connexion à Internet.

LED : Diode électroluminescente, source de lumière économe en énergie.

IOT : Internet des objets, réseau d'appareils connectés qui communiquent entre eux.

V2X : Communication 'Véhicule à Tout' pour les échanges entre véhicules et infrastructure.

DHL : Société de logistique spécialisée dans le transport international.

IBM : International Business Machines, entreprise spécialisée dans l'informatique et les technologies.

IA : Intelligence artificielle, technologie permettant aux machines de simuler l'intelligence humaine.

CRM : Gestion de la relation client, système pour gérer les interactions clients.

USB : Universal Serial Bus, standard de connexion pour les périphériques.

LCD : Écran à cristaux liquides, technologie d'affichage.

PV : Système photovoltaïque, conversion de la lumière solaire en électricité.

DC : Courant continu, flux électrique dans une seule direction.

AC : Courant alternatif, type de courant électrique changeant de direction.

MPPT : Suivi du point de puissance maximale, optimise la performance des systèmes photovoltaïques.

PWM : Modulation de largeur d'impulsion, technique de contrôle en électronique.

VAC : Tension alternative exprimée en volts.

kA : Kiloampère, unité de mesure pour le courant électrique.

Hz : Hertz, unité de fréquence représentant un cycle par seconde.

kV : Kilovolt, unité de mesure pour la tension électrique.

Pmax : Puissance maximale, niveau de performance maximum d'un appareil.

V_{\max} : Tension maximale supportée par un composant.

Résumé

ملخص

تعتبر محطة الحافلات الذكية المزودة بألواح شمسية مشروعًا مبتكرًا يجمع بين الاستدامة والتكنولوجيا الحديثة. تستخدم المحطة ألواح شمسية لتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل نقاط الشحن اللاسلكي والسلكي للأجهزة الإلكترونية، مما يضمن أمان وفعالية الشحن لمختلف أنواع الهواتف المحمولة. تتيح شاشة صغيرة عرض معلومات دقيقة عن وقت وصول الحافلة. كما تضمن الإضاءة العامة التي تعمل تلقائيًا باستخدام أجهزة استشعار توفير الطاقة، وتحتوي أيضًا GPS باستخدام نظام على شاشة رقمية للإعلانات. يتميز التصميم الحديث والجذاب للمحطة بسهولة صيانتها وتحديثها، مما يجعلها جزءًا إيجابيًا من البيئة المحيطة ويعزز من راحة المستخدمين وكفاءتهم.

الكلمات المفتاحية : طاقات متجددة – محطة حافلات ذكية – شمسية – جي بي اس – ذكية – جي اس ام .

Résumé

Les arrêts de bus intelligent équipée de panneaux solaires est un projet innovant qui allie durabilité et technologie moderne. La station utilise des panneaux solaires pour fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement des points de recharge sans fil et filaires pour les appareils électroniques, garantissant ainsi une recharge sûre et efficace pour différents types de téléphones mobiles. Un petit écran permet d'afficher des informations précises sur l'heure d'arrivée du bus grâce au GPS. L'éclairage général qui s'allume automatiquement grâce à des capteurs garantit également des économies d'énergie et dispose également d'un affichage numérique pour les publicités. Le design moderne et attrayant de la station est facile à entretenir et à mettre à jour, ce qui en fait un élément positif de l'environnement et améliore le confort et l'efficacité des utilisateurs.

Mots clés : gare routière intelligente – solaire – transport – GPS – GSM

Abstract

The smart bus stop with solar panels is an innovative project combining sustainability and modern technology. The station uses solar panels to provide the energy needed to operate wireless and wired charging points for electronic devices, ensuring safe and efficient charging for different types of mobile phones. A small screen displays precise information about the bus's arrival time thanks to GPS. The general lighting that turns on automatically thanks to sensors guarantees energy savings and has a digital display for advertisements. The modern and attractive design of the station is easy to maintain and update, making it a positive part of the environment and improving user comfort and efficiency.

Keywords: smart bus station – solar – transport – GPS – GSM.

Introduction générale

Introduction Générale

Avec l'évolution rapide de la technologie et la dépendance croissante aux appareils électroniques dans notre vie quotidienne, il est devenu évident qu'il est urgent de mettre en place des stations de recharge dans les lieux publics pour assurer une communication continue et la capacité de travailler. Cette demande est particulièrement forte dans les stations et les points de transit tels que les arrêts de bus, où les gens attendent souvent pendant de longues périodes. De plus, de nombreuses villes sont confrontées à des problèmes de congestion en raison de l'organisation inefficace des horaires de bus et du manque d'informations précises sur leur emplacement, ce qui nuit à l'expérience des passagers.

Dans un contexte marqué par le changement climatique et la nécessité d'une transition énergétique, les infrastructures publiques, telles que les stations de bus, se trouvent confrontées à des défis croissants en matière de gestion énergétique. La persistance de la dépendance aux sources d'énergie conventionnelles engendre des coûts économiques et environnementaux significatifs, aggravant ainsi les problèmes de pollution et de surexploitation des ressources naturelles. Avec l'expansion des villes et l'augmentation de la population urbaine, il devient crucial d'adopter des solutions durables et novatrices pour faire face à ces enjeux tout en améliorant le confort et la qualité de vie des citoyens.

Problématique : Comment concevoir des infrastructures publiques, telles que les stations de bus, qui répondent aux exigences contemporaines en matière de transport tout en diminuant la dépendance aux sources d'énergie traditionnelles et en optimisant les services offerts aux usagers, dans un cadre de défis environnementaux et économiques croissants ?

Pour répondre à ces besoins, la conception d'une station de bus intelligente apparaît comme une solution pertinente et indispensable. Dotée de panneaux solaires, cette station ne se limite pas à fournir un service de transport, mais se transforme en un espace multifonctionnel qui satisfait les attentes modernes des usagers. La possibilité de recharger sans fil des appareils électroniques et de fournir des informations en temps réel sur l'arrivée des bus grâce à un système GPS intégré sont autant d'atouts qui enrichissent l'expérience utilisateur. Par ailleurs, la station inclut des points de recharge pour véhicules électriques, encourageant ainsi une mobilité durable et une transition vers des modes de transport moins polluants.

En combinant technologie et développement durable, cette initiative permet non seulement de diminuer l'empreinte carbone des infrastructures publiques, mais également de générer des revenus additionnels grâce à des espaces publicitaires. En résumé, la création d'une telle station représente une avancée significative vers un avenir plus durable.

CHAPITRE I
État de l'art sur les arrêts de
bus intelligent

I.1. Introduction :

Dans un contexte marqué par le changement climatique et la nécessité d'une transition énergétique, les infrastructures publiques, telles que les stations de bus, se trouvent confrontées à des défis croissants en matière de gestion énergétique. La persistance de la dépendance aux sources d'énergie conventionnelles engendre des coûts économiques et environnementaux considérables, aggravant ainsi les problèmes de pollution et de surconsommation des ressources naturelles. Avec l'expansion des villes et l'augmentation de la population urbaine, il devient crucial d'adopter des solutions durables et novatrices pour faire face à ces enjeux tout en améliorant le confort et la qualité de vie des citoyens.

Pour répondre à ces exigences, la conception d'une station de bus intelligente apparaît comme une solution pertinente et indispensable. Dotée de panneaux solaires, cette station ne se limite pas à fournir un service de transport, mais se transforme en un espace multifonctionnel répondant aux besoins contemporains des usagers.

La possibilité de recharger sans fil des appareils électroniques et de fournir des informations en temps réel sur les horaires des bus grâce à un système GPS intégré sont autant d'atouts qui enrichissent l'expérience des utilisateurs. Par ailleurs, la station comprend des points de recharge pour véhicules électriques, encourageant ainsi une mobilité durable et une transition vers des modes de transport moins polluants.

En combinant technologie et développement durable, cette initiative permet non seulement de diminuer l'empreinte carbone des infrastructures publiques, mais également de générer des revenus additionnels par le biais d'espaces publicitaires. En résumé, la mise en place de cette station de bus intelligente constitue une avancée significative vers des solutions énergétiques responsables et une gestion efficace des ressources, contribuant ainsi à un avenir plus durable pour nos villes.

I.2. Historique des systèmes de transport en commun :

L'année prochaine, les transports en commun urbains fêteront leurs 360 ans. Seulement ? Eh oui, les transports publics en général sont plus anciens, mais ce n'est que sous Louis XIV qu'ils commencent à transporter des voyageurs d'un point à un autre de la même ville.

Pour se déplacer, on a commencé par utiliser nos pieds, des cours d'eau, des animaux. On a inventé des moyens de locomotion, on les a perfectionnés, mais leur usage était réservé à leur propriétaire ou leur famille, quand ils avaient les moyens nécessaires pour en disposer.

Au 15^{ème} siècle, Louis XI instaure le Service royal de la Poste : en plus du courrier, les coches transportent des voyageurs d'une ville à l'autre en échange de quelques sous, puis des services plus réguliers se mettent en place au fur et à mesure que le réseau routier s'améliore.

Mais en ville, il n'y a guère que le cheval ou la marche pour se déplacer. Dans les grandes villes, les plus nantis s'offrent des carrosses pour voyager confortablement mais cela reste du transport individuel et privé.

À Paris, c'est plus difficile. Les distances à parcourir sont bien plus longues et la population beaucoup plus dense qu'ailleurs. Avec 500 000 habitants, la capitale est d'ailleurs la seconde ville la plus peuplée au monde (Londre est la première). Et c'est seulement au milieu du 17^{ème} siècle qu'une invention changera la donne. [1]

- En 1662, Blaise Pascal, éminent scientifique et inventeur, propose une solution novatrice pour améliorer la circulation à Paris : l'établissement de transports en commun urbains. Avec l'aval de Louis XIV, il fonde une société de carrosses publics, offrant des trajets réguliers à travers la ville pour un tarif de cinq sols, indépendamment de la distance parcourue. Bien que le projet connaisse un succès initial et qu'un premier réseau de cinq lignes soit mis en place, il fait face à une forte résistance de la part de la noblesse, qui refuse de partager ces carrosses avec les classes populaires. Cette opposition entraîne une diminution significative du nombre de clients, ce qui conduit à une augmentation du prix du billet à six sols. En fin de compte, l'initiative de Pascal est abandonnée en 1677, et les transports en commun ne réapparaîtront à Paris qu'un siècle et demi plus tard, à Nantes. [1]

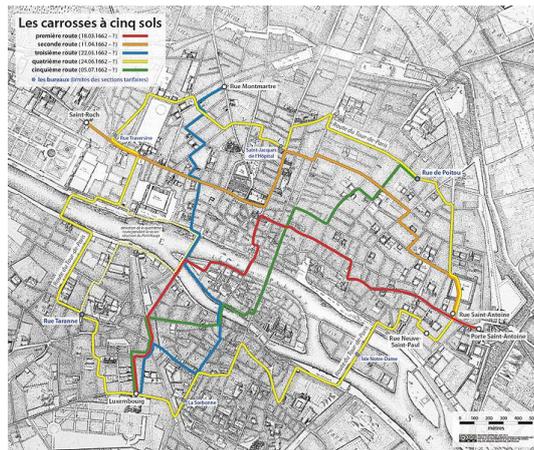


Figure I-1 Le réseau du Carrosse à cinq sols. [48]

- En 1826, Stanislas Baudry, ancien médecin militaire, inaugure à Nantes un service de transport public dans le but d'attirer des clients vers son établissement de bains-douches situé en périphérie de la ville. Il commence par instaurer une navette gratuite reliant le centre-ville aux bains, mais constate rapidement que les habitants de Nantes utilisent principalement ce service pour leurs déplacements urbains, sans visiter son établissement. Face à ce constat, Baudry choisit de fermer ses bains et de se consacrer à l'élaboration d'un service de transport public qu'il nomme "La Dame Blanche". En septembre 1826, il met en service deux lignes régulières utilisant des voitures à cheval de 16 places. Ces véhicules sont désignés sous le terme d'"omnibus", en référence à une enseigne latine ("Omnes Omnibus") à proximité de leur parcours, signifiant "pour tous". [1]

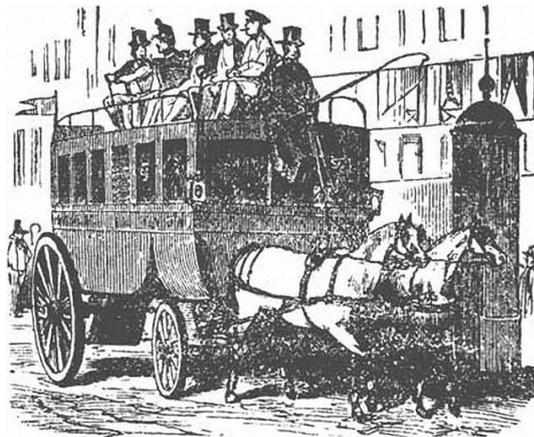


Figure I-2 L'omnibus parisien. [49]

- En 1855, face au désordre provoqué par la prolifération d'entreprises de transport à Paris, le baron Haussmann décide, sous la directive de Napoléon III, de fusionner ces compagnies. Un monopole de 30 ans est ainsi accordé à la Compagnie Générale des Omnibus, qui crée un réseau structuré de 25 lignes régulières dès l'année suivante. Ce modèle se répand aussi dans les grandes

villes de province. Parallèlement, le français Alphonse Loubat introduit les premiers tramways à chevaux sur rails, inspiré de son expérience à New York, bien que les rails surélevés posent des problèmes de circulation pour les autres véhicules. [1]

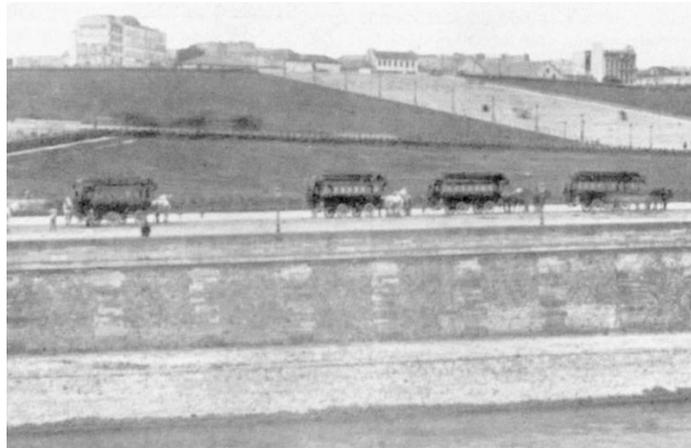


Figure I-3 Le "chemin de fer américain" à Paris. [50]

- Le tramway ne connaît pas de succès immédiat à Paris, mais en 1867, lors de la seconde Exposition Universelle, un service de tramways à chevaux est mis en place. L'arrivée de la machine à vapeur dans les années 1870 permet son essor, avec une première ligne à vapeur en 1876 à Paris. En 1875, l'ingénieur Louis Mékarski met au point un moteur à air comprimé, testé dès 1876 à Nantes et inauguré en 1879. Les "tramways Mékarski" remplacent progressivement ceux à vapeur, favorisant l'expansion des lignes en France. [1]

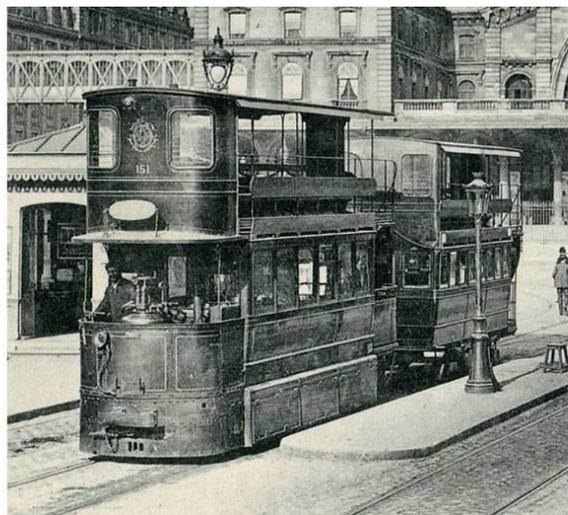


Figure I-4 Le tramway Mekariski. [51]

- En 1881, Siemens présente la traction électrique à l'Exposition internationale de l'Électricité à Paris. Le premier tramway électrique en France circule à Clermont-Ferrand en 1890, puis se développe à Paris et Strasbourg à partir de 1895. Les tramways électriques se répandent et

remplacent parfois les tramways Mékarski à air comprimé, devenant, avec eux, les principaux moyens de transport urbains et interurbains jusqu'à l'entre-deux-guerres. [1]



Figure I-5 Le Tramway électrique de Roue. [52]

- Depuis 1863, Londres dispose de l'Underground, premier chemin de fer souterrain au monde, où des voitures en bois tirées par des locomotives à vapeur circulent, remplacées progressivement par des trains électriques. À Paris, des projets similaires sont étudiés, notamment en vue de l'Exposition Universelle et des Jeux Olympiques de 1900. En 1895, le projet de l'ingénieur Fulgence Bienvenüe est retenu, et le métro parisien, adopté officiellement en 1898, commence alors sa construction, Bienvenüe y consacrant les 30 années suivantes. [1]

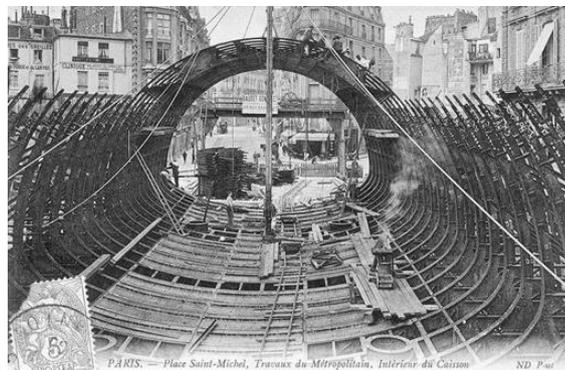


Figure I-6 construction du métro de Paris. [53]

- En 1905, la Compagnie Générale des Omnibus de Paris lance le premier autobus à vapeur entre Montmartre et Saint-Germain-des-Prés, suivie par le premier autobus à essence, introduit après le Salon de l'Automobile et utilisé entre La Bourse et le Cours la Reine. En 1912, les omnibus à cheval disparaissent, et les tramways, progressivement abandonnés, deviennent rares dès 1938. Dans les années 1960, ils sont presque totalement supprimés, sauf à Marseille, Saint-Étienne, Grenoble et Lille. En 1980, face aux enjeux de pollution, certaines villes réintroduisent les tramways sous une forme modernisée. [1]



Figure I-7 Autobus Daimler. [54]

I.3. Les transports en commun urbains aujourd'hui :

Les systèmes de transport public urbain connaissent actuellement une augmentation de leur fréquentation ainsi qu'une modernisation significative pour s'adapter aux nouvelles attentes des usagers, particulièrement après la diminution observée durant la période pandémique. En 2022, le volume de trafic en France a atteint environ 40 milliards de voyageurs-kilomètres, marquant une hausse de 23,7 % par rapport à 2021, bien que ce chiffre demeure inférieur aux niveaux d'avant la crise.

Afin d'améliorer l'expérience des usagers, divers projets sont en cours, tels que l'intégration de véhicules autonomes et l'expérimentation de systèmes de transport novateurs, incluant des taxis modulables et des drones de transport. Néanmoins, les coûts élevés et la nécessité d'infrastructures spécifiques rendent ces solutions encore peu accessibles à grande échelle. Parallèlement, la transition écologique et la pénurie de conducteurs constituent également des éléments influençant le secteur, poussant les réseaux urbains à réévaluer leurs offres de manière plus durable et efficace.

[2]

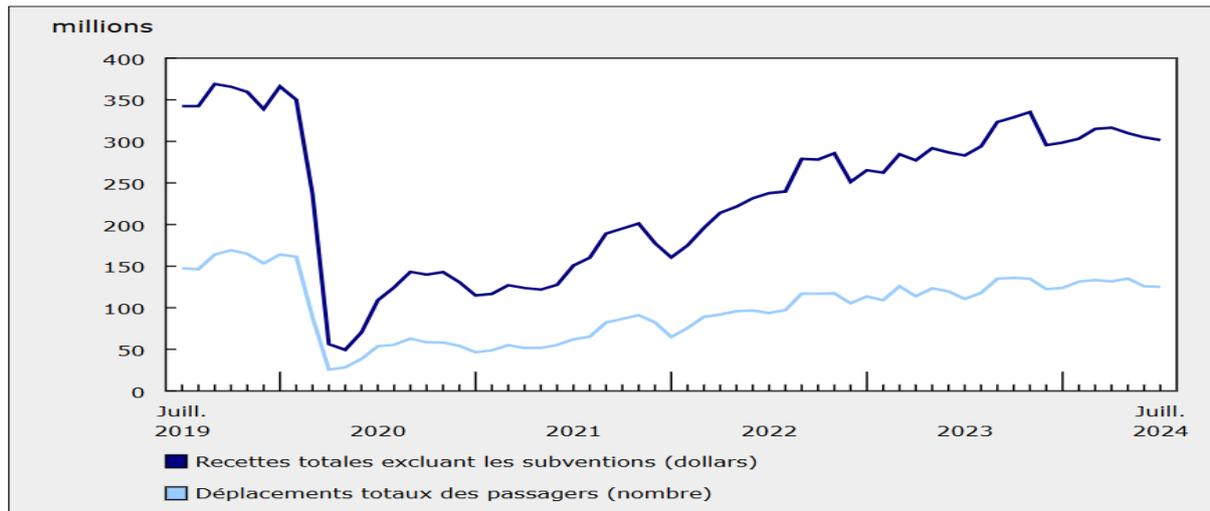


Figure I-8 Recettes d'exploitation du transport en commun urbain et déplacements de passagers, données mensuelles, 2019 à 2024, millions. [55]

Les transports en commun en Algérie jouent un rôle crucial dans les principales villes comme Alger, Oran et Constantine. La capitale dispose du métro, du tramway et de divers services de bus, ce qui permet de répondre aux besoins de plus de 150 000 passagers quotidiens. Le réseau de métro d'Alger, deuxième plus grand d'Afrique après celui du Caire, continue de s'étendre. Deux nouvelles extensions du métro, notamment vers la Place des Martyrs et l'aéroport, sont en cours de développement, renforçant la connectivité de la ville et facilitant l'accès aux zones stratégiques .[3]

Des initiatives pour moderniser les infrastructures de transport public sont également à l'œuvre. Par exemple, la récente autorisation d'importation de bus de moins de cinq ans vise à améliorer la qualité et la fiabilité des services d'autobus, souvent vieillissants et en mauvais état. En outre, l'Algérie développe ses réseaux de tramways dans des villes comme Constantine, Ouargla et Sétif, pour favoriser une mobilité plus durable et réduire les encombrements routiers .[4]



Figure I-9 métro d'Alger. [3]

I.4. État de l'art sur les arrêts de bus :

Les arrêts de bus sont devenus une caractéristique familière de nos paysages urbains, offrant aux usagers des transports en commun un abri contre les intempéries pendant leur attente. Mais connaissez-vous l'histoire fascinante de ces structures qui ont évolué au fil des décennies ? Dans cet article, nous explorerons l'évolution des abris de bus, depuis leurs modestes débuts jusqu'aux designs modernes qui intègrent des fonctionnalités innovantes pour améliorer l'expérience des passagers.[5]



Figure I-10 L'évolution des arrêts de bus

I.4.1. Les origines des arrêts de bus :

Les premiers arrêts de bus ont fait leur apparition à la fin du 19e siècle. À l'époque, les usagers des transports en commun étaient exposés aux intempéries pendant leur attente. Les premiers arrêts étaient souvent de simples structures en bois, offrant un abri rudimentaire contre la pluie et le soleil. Cependant, ils étaient peu nombreux et réservés aux arrêts les plus fréquentés des grandes villes. [5]

I.4.2. L'évolution des designs :

Au cours du 20^e siècle, les designs des abris de bus ont commencé à évoluer pour répondre aux besoins des usagers. Les structures en bois ont progressivement été remplacées par des matériaux plus durables tels que le métal et le verre. Les arrêts ont également été équipés de bancs pour offrir plus de confort aux passagers en attente.

Un autre développement important a été l'introduction des panneaux publicitaires sur les abris de bus. Les publicités permettaient de financer l'entretien et la construction de nouveaux arrêts, tout en offrant aux annonceurs un espace précieux pour promouvoir leurs produits et services. Cette évolution a contribué à l'expansion des arrêts de bus dans de nombreuses villes. [5]

I.4.3. Les fonctionnalités modernes :

Avec les avancées technologiques, les arrêts de bus ont connu une transformation majeure ces dernières années. Les fonctionnalités modernes visent à améliorer l'expérience des passagers et à rendre les abris de bus plus fonctionnels.

De nos jours, de nombreux arrêts de bus sont équipés de panneaux d'affichage numériques qui fournissent aux passagers des informations en temps réel sur les horaires de passage des bus, les retards éventuels et les conditions du trafic. Cette technologie permet aux usagers d'optimiser leur temps d'attente et de mieux planifier leurs déplacements.

En outre, les arrêts de bus modernes intègrent souvent des connexions Wi-Fi gratuites, permettant aux passagers de rester connectés pendant leur attente. Cela offre une valeur ajoutée aux usagers qui peuvent utiliser leur temps d'attente de manière productive ou se divertir en ligne.

Les arrêts de bus ont également évolué pour devenir plus accessibles aux personnes à mobilité réduite. Des rampes d'accès ont été ajoutées pour faciliter l'entrée et la sortie des passagers en fauteuil roulant, tandis que des dispositifs sonores ont été installés pour les personnes malvoyantes. Ces améliorations témoignent de l'engagement des collectivités à rendre les abris de bus plus inclusifs et à garantir l'égalité d'accès aux transports publics pour tous les citoyens.

De plus, de nombreux arrêts de bus sont désormais équipés de systèmes d'éclairage LED, ce qui améliore la visibilité et la sécurité des arrêts de bus pendant la nuit. Certains abris sont même équipés de capteurs qui activent l'éclairage lorsque des passagers s'approchent de l'arrêt, ce qui permet d'économiser de l'énergie.

Enfin, l'esthétique des arrêts de bus a également été prise en compte dans leur évolution. Les designs modernes intègrent des lignes épurées, des matériaux durables et des couleurs vives pour créer des structures attrayantes qui s'intègrent harmonieusement à l'environnement urbain. [5]

I.4.4. Technologies émergentes dans le domaine des transports :

La numérisation et l'intégration des nouvelles technologies transforment profondément le secteur des transports, apportant des gains significatifs en efficacité et en productivité. Les solutions basées sur les mégadonnées (big data) permettent de mieux gérer les chaînes d'approvisionnement en optimisant la logistique, réduisant les coûts et améliorant la fiabilité. En intégrant des technologies avancées telles que l'intelligence artificielle, les entreprises peuvent automatiser des processus clés, ce qui facilite une gestion plus agile et réduit les erreurs. Par exemple, l'utilisation des jumeaux numériques, qui simulent des infrastructures logistiques en temps réel, aide à optimiser la planification des installations et à prévenir les goulots d'étranglement avant leur déploiement. [6]

Pour les acteurs du secteur, qu'ils soient transporteurs ou chefs d'entreprise, se tenir au courant des innovations est essentiel pour rester compétitifs. En effet, l'adoption de ces technologies permet non seulement de répondre aux exigences actuelles en matière d'efficacité, mais aussi de s'adapter à des conditions économiques et écologiques en mutation. [7]

I.4.5. L'essor du Big Data dans la logistique :

Le Big Data transforme la logistique en permettant une analyse approfondie des données pour améliorer la gestion des chaînes d'approvisionnement. Les entreprises peuvent désormais prévoir les besoins en ressources, optimiser les routes de livraison, et améliorer la satisfaction client grâce à une analyse prédictive. Une meilleure visualisation et gestion en temps réel des données permet de minimiser les coûts et d'augmenter l'efficacité opérationnelle. [8]

I.4.6. Logistique intelligente :

Les technologies de logistique intelligente, comme l'Internet des objets (IoT) et la digitalisation, permettent une gestion proactive et flexible. Elles offrent une visibilité accrue sur les actifs critiques, ainsi que la possibilité d'anticiper et de résoudre des problèmes potentiels de manière autonome. La preuve de livraison numérique, la gestion d'inventaire en temps réel, et la protection des marchandises sensibles sont rendues possibles grâce à ces avancées. [9]

I.4.7. Conduite autonome :

La conduite autonome utilise une combinaison de capteurs, caméras, radars et intelligence artificielle pour naviguer sans intervention humaine. Les technologies de perception de

l'environnement, la fusion de capteurs, les réseaux V2X (véhicule-à-tout), et les cartes haute définition sont essentielles pour améliorer la sécurité et l'efficacité des véhicules autonomes. Ces véhicules détectent le trafic, les piétons, et les obstacles pour ajuster leur trajectoire en toute autonomie. [10]

I.4.8. Technologie de la blockchain dans la logistique :

La blockchain est en train de redéfinir le secteur de la logistique grâce à sa capacité à créer des enregistrements transparents et immuables des activités de la chaîne d'approvisionnement. Elle améliore la traçabilité, réduit les fraudes, et permet un suivi précis des produits tout au long de leur parcours. Des entreprises comme DHL et IBM intègrent cette technologie pour un suivi en temps réel et une meilleure transparence dans le processus logistique. [11]

Ces innovations permettent une meilleure gestion, une augmentation de la sécurité, et un service plus réactif dans le secteur des transports. Les applications de l'IoT, l'IA, et la blockchain sont cruciales pour construire des solutions logistiques intelligentes et des véhicules autonomes qui répondent aux défis modernes du transport.

I.5. Relie les points grâce à un system de gestion de la relation client :

Les systèmes de gestion de la relation client (CRM) jouent un rôle essentiel dans le secteur de la logistique et du transport, en permettant une interaction efficace avec les clients tout en améliorant l'efficacité des opérations. Les CRM dans la logistique centralisent les informations clients, améliorent la communication, et facilitent la planification stratégique en fonction des données clients.

I.5.1. Fonctionnalités clés des CRM dans la logistique :

Suivi en temps réel : Les CRM modernes offrent des fonctionnalités de suivi des livraisons et permettent de fournir des mises à jour automatiques aux clients sur le statut de leurs commandes, contribuant ainsi à une transparence accrue et à une meilleure satisfaction client. [12]

I.5.2. Optimisation des routes et planification :

Les CRM intégrés à des outils de géolocalisation et d'optimisation des itinéraires permettent de planifier les livraisons plus efficacement, ce qui réduit les coûts et améliore les délais de livraison. [13]

I.5.3. Ciblage des clients et gestion des données :

Les CRM permettent aux équipes de vente et de marketing de cibler plus efficacement leurs efforts en identifiant les clients les plus susceptibles de s'engager, ce qui optimise les ressources et accroît les ventes. [14]

I.5.4. Intégration avec les chaînes d'approvisionnement :

En intégrant les informations des clients et des fournisseurs, les CRM facilitent la coordination entre les différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement, rendant le système logistique global plus rentable et efficace. [15]

I.6. Les arrêts de bus intelligent dans le monde :

Les premières stations de bus intelligentes ont été mises en place dans plusieurs villes à travers le monde, intégrant des technologies avancées pour améliorer l'expérience des usagers.

En 2015, Paris a inauguré sa première station de bus intelligente sur la place de la Bastille. Cet abribus est équipé d'un écran tactile de 80 centimètres offrant des informations sur la vie du quartier, une carte interactive, ainsi que des services tels que des chargeurs de smartphones et des toits végétalisés ou des panneaux solaires. [16]



Figure I-11 Paris a inauguré sa première station de bus intelligente sur la place de la Bastille. [16]

En 2018, la Chine a introduit une série de stations de bus intelligentes alimentées par l'énergie solaire. Ces stations offrent des fonctionnalités telles que la connectivité Wi-Fi, des écrans d'information en temps réel et des points de recharge pour appareils mobiles.

Plus récemment, en 2023, la ville de Jemmal en Tunisie a installé sa première station de bus intelligente fonctionnant à l'énergie solaire. Cette station est équipée de systèmes solaires pour la production d'énergie renouvelable, de lampes LED pour l'éclairage nocturne et de prises USB pour recharger des téléphones portables. [17]



Figure I-12 La première station de bus intelligente fonctionnant à l'énergie solaire en Tunisie. [17]

I.6.1. Distribution des Stations de Bus Intelligentes dans le Monde :

I.6.1.1. China – Shenzhen :

Shenzhen a mis en œuvre un système complet de bus électriques, intégrant des stations de recharge rapide et un contrôle centralisé du trafic. Ces infrastructures sont optimisées par des systèmes intelligents de gestion énergétique. [18]



Figure I-13 Station de Bus Intelligente Solaire à Shenzhen, Chine. [18]

I.6.1.2. Espagne – Barcelone :

Barcelone est un exemple de ville intelligente où chaque station de bus est équipée de capteurs IoT et d'écrans dynamiques. Cela permet de fournir aux passagers des informations sur les horaires en temps réel et d'optimiser la gestion du trafic. [19]

I.6.1.3. États-Unis - New York :

La ville de New York propose des stations de bus intelligentes avec bornes Wi-Fi publiques et affichages dynamiques. Ce réseau permet une gestion intelligente du trafic en ville et une meilleure connectivité pour les usagers. [20]

I.6.1.4. Royaume-Uni – Londres :

Londres déploie des abris de bus intelligents avec panneaux solaires et applications de géolocalisation en temps réel, offrant une expérience utilisateur fluide et durable. [21]

I.6.1.5. Pays-Bas – Amsterdam :

Amsterdam utilise un modèle de transport intelligent avec des bus autonomes et des arrêts connectés. Ces infrastructures facilitent la gestion intelligente du flux de passagers. [22]

I.6.1.6. Corée du Sud – Séoul :

Séoul a lancé un système avancé de transport intelligent qui informe les passagers via des applications mobiles en temps réel. [23]

I.6.1.7. Allemagne – Berlin :

Berlin a développé des infrastructures pour les bus électriques avec des arrêts équipés de bornes de recharge. [24]

I.6.1.8. Dubaï - Émirats Arabes Unis :

Dubaï a déployé des arrêts de bus climatisés et intelligents, offrant des services Wi-Fi et un système de paiement sans contact. [25]

I.7. Conclusion :

En somme, l'examen de l'évolution et de la situation actuelle des transports en commun met en évidence l'importance essentielle d'une innovation constante pour satisfaire les exigences croissantes de mobilité dans les milieux urbains. En retraçant l'historique des réseaux de transport, nous avons constaté une transformation significative, passant d'infrastructures simples à des systèmes intelligents et interconnectés contemporains, illustrant ainsi l'ingéniosité humaine et l'adaptation face aux défis de l'urbanisation.

L'analyse des arrêts de bus modernes révèle l'accent mis sur le confort, la sécurité et la durabilité, des éléments devenus primordiaux pour optimiser l'expérience des usagers. Parallèlement, les technologies émergentes telles que la connectivité en temps réel, le Big Data, la blockchain et l'intégration des énergies renouvelables envisagent un avenir où les réseaux de transport seront plus performants, résilients et respectueux de l'environnement.

En conclusion, cette étude met en avant la nécessité d'un engagement continu en matière d'innovation dans le domaine des transports en commun. En investissant dans la recherche et le développement de solutions technologiques avancées, les villes seront en mesure de répondre aux besoins variés de leurs habitants, tout en avançant vers des modèles de développement urbain plus durables et inclusifs. Ces initiatives contribueront à la création de métropoles résilientes, prêtes à affronter les défis futurs.

Chapitre II
Analyse des besoins et des
contraintes

II.1. Introduction :

Dans le but d'améliorer et de moderniser les systèmes de transport en commun, il est primordial de mener une analyse approfondie des besoins et des contraintes afin de concevoir des solutions efficaces et durables. Cette analyse se décompose en trois volets principaux. Tout d'abord, l'étude des utilisateurs potentiels permet de comprendre les caractéristiques démographiques, les habitudes de déplacement et les attentes spécifiques des différents groupes de passagers. Cette connaissance approfondie des usagers est essentielle pour adapter les services de transport à leurs besoins réels. Ensuite, l'identification des besoins des usagers et des opérateurs de transports vise à établir une liste détaillée des exigences fonctionnelles et opérationnelles. Pour les usagers, cela inclut des aspects tels que la commodité, la sécurité et la fiabilité, tandis que pour les opérateurs, il s'agit de l'efficacité, de la rentabilité et de la gestion optimale des ressources.

L'analyse des contraintes techniques, économiques et réglementaires fournit un cadre réaliste pour le développement des solutions proposées. Cette section examine les défis liés aux infrastructures existantes, aux coûts de mise en œuvre et d'exploitation, ainsi qu'aux régulations locales et nationales qui peuvent influencer la planification et l'exécution des projets de transport. Ensemble, ces volets offrent une vision globale et intégrée des facteurs à prendre en compte pour développer des systèmes de transport en commun qui répondent aux besoins des utilisateurs tout en surmontant les diverses contraintes rencontrées.

II.2. Identification des besoins des usagers et des opérateurs de transports :

Il est crucial de prendre en compte les besoins des utilisateurs et des opérateurs de transports lors de la conception des arrêts de bus intelligents. Cela permettra de proposer des solutions adaptées.

- La présence de ports de charge USB et de charge sans fil pour les appareils électroniques sera très appréciée par les usagers.
- Un éclairage adéquat est essentiel pour assurer la sécurité des usagers, surtout la nuit.
- L'intégration d'écrans affichant les horaires de bus en temps réel grâce au suivi GPS est une fonctionnalité importante.
- Les écrans peuvent également être utilisés pour diffuser des publicités, ce qui peut contribuer au financement des arrêts de bus intelligents. Il est primordial d'impliquer les usagers dès le début du processus de conception et de recueillir leurs besoins à l'aide de différentes méthodes afin de garantir que les arrêts de bus intelligents répondent aux attentes de la communauté.
- La présence de caméras de sécurité est également nécessaire pour assurer la sécurité des utilisateurs.
- Utiliser l'énergie solaire à travers les panneaux solaires sur les toits des parkings peut réduire les coûts environnementaux et économiques.

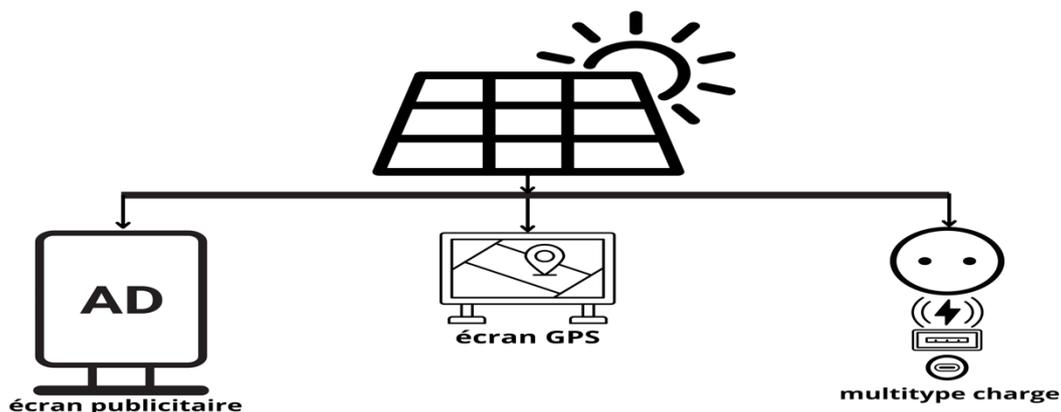


Figure II-1 Différent usage dans l'arrêt de bus.

II.3. Contraintes techniques, économiques et réglementaires :

Les arrêts de bus intelligents doivent prendre en compte des contraintes techniques, économiques et réglementaires afin d'assurer leur efficacité, leur sécurité et leur accessibilité. Voici quelques éléments à considérer :

II.3.1. Configuration de l'arrêt :

L'emplacement et la configuration de l'arrêt sont d'une grande importance. Les arrêts "en ligne" ou "en avancée" peuvent optimiser l'accostage des autobus au quai et garantir une meilleure accessibilité.

Avantages :

- Facilité d'accès pour les bus
- Rapidité de service
- Moins coûteux à construire, car il ne nécessite pas de modification majeure de la chaussée.

Inconvénients :

- Interférence avec la circulation : Les arrêts en ligne peuvent bloquer la circulation lorsqu'un bus est à l'arrêt, provoquant des ralentissements.
- Nécessite plus d'espace latéral, ce qui peut ne pas être possible dans des zones urbaines denses.

Considération supplémentaire :

Des panneaux clairs et un marquage au sol distinctif sont essentiels pour informer les conducteurs et les passagers.

Des feux spécifiques pour les bus peuvent être installés pour faciliter leur sortie des baies d'arrêt.

II.3.2. Signalétique et équipement :

La signalisation et l'équipement des arrêts de bus intelligents jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de l'expérience des utilisateurs en fournissant des informations claires et en temps réel. Voici une analyse détaillée des éléments nécessaires :

- **Panneaux d'information** : Des panneaux bien visibles affichant des informations claires sur les itinéraires et les correspondances.
- **Noms des arrêts** : Les noms des arrêts doivent être clairement affichés et lisibles de loin afin que les passagers puissent les identifier facilement.
- **Plans du réseau** : Des cartes du réseau de bus doivent être affichées pour aider les passagers à planifier leurs trajets.
- **Signalisation multilingue** : Les informations doivent être disponibles dans plusieurs langues pour aider les touristes et les utilisateurs du transport.
- **Pictogrammes** : Utilisation de pictogrammes universels pour indiquer les équipements et services disponibles.

- **Écrans LCD/LED** : Des écrans numériques de haute qualité affichant les horaires des bus en temps réel grâce à l'intégration du suivi GPS.

- **Abribus** : Des abris doivent être installés pour protéger les informations des intempéries et les rendre facilement visibles pour les utilisateurs.

- **Bornes de recharge USB et Type C** : Des bornes de recharge équipées de ports USB et Type C pour répondre aux besoins de la plupart des appareils mobiles.

- **Poubelles** : Pour maintenir la propreté de l'arrêt.

II.3.3. Matériaux et entretien :

Pour assurer la durabilité et la facilité d'entretien des arrêts de bus intelligents, il est primordial de choisir des matériaux appropriés. Voici un guide détaillé des matériaux recommandés et des pratiques d'entretien :

II.3.3.1. Matériaux résistants

Métaux :

Aluminium : léger, résistant à la corrosion et recyclable. Utilisé pour les panneaux d'information et les cadres d'abris.



Figure II-2 Aluminium.

Verre et Plastique :

Verre trempé : Résistant aux chocs et aux intempéries, utilisé pour les parois transparentes des abris. Offre une bonne visibilité et est facile à nettoyer.



Figure II-3 Verre trempé.

Béton et Pierre :

Béton armé : Utilisé pour les fondations et les surfaces des arrêts. Très durable et nécessite peu d'entretien.



Figure II-4 Conception d'une Structure de Station de Bus en Béton Armé.

II.3.3.2. Bornes de recharge et écrans :

Boîtiers anti vandalisme : Protègent les bornes de recharge et les écrans contre les dommages.

Matériaux imperméables : Utilisés pour les bornes de recharge afin de prévenir les dommages causés par l'eau.

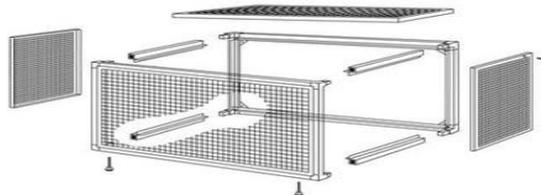


Figure II-5 Cages de protection anti-vandalisme.

II.3.3.4. Entretien et maintenance :

Inspection périodique : vérifications régulières des structures pour détecter les signes de corrosion, d'usure ou de dommages.

Réparation rapide : réparation immédiate des dommages pour prévenir des dégradations plus importantes et assurer la sécurité des usagers.

II.3.4. Réglementation locale :

Lorsque vous installez des arrêts de bus intelligents, il est essentiel de respecter les réglementations locales pour garantir la sécurité, l'accessibilité et l'efficacité. Voici un guide pour vous aider à naviguer à travers les différentes exigences réglementaires :

II.3.4.1. Réglementations générales :

Normes de Construction et de Sécurité :

- **Code de la Construction** : assurez-vous que toutes les structures respectent les codes locaux en matière de construction, incluant les exigences de stabilité, de résistance aux intempéries et de sécurité incendie.

- **Normes de Sécurité** : Respectez les normes de sécurité pour les matériaux utilisés, comme l'inflammabilité, la résistance aux chocs et la durabilité.

II.3.4.2. Réglementations Spécifiques aux Arrêts de Bus :

Emplacement et Conception :

- **Zonage Urbain** : Vérifiez les réglementations de zonage pour déterminer où les arrêts de bus peuvent être installés.

- **Droits de Passage et Autorisations** : Assurez-vous d'obtenir toutes les autorisations nécessaires pour l'utilisation de l'espace public ou privé.

Équipements et Installations :

- **Signalétique** : Respectez les exigences locales pour la signalétique, y compris les dimensions, les couleurs et la visibilité.



Figure II-6 Arrêt de Bus Moderne et Sécurisé Conforme aux Normes de Construction.

II.3.4.3. Environnement et Durabilité :Réglementations Environnementales :

- **Impact Environnemental** : Évaluez et réduisez l'impact environnemental de l'installation des arrêts de bus, en suivant les réglementations locales concernant la préservation des espaces verts et la gestion des déchets.

- **Énergie Renouvelable** : Assurez-vous de respecter les normes locales en matière d'énergie renouvelable et d'installation.

II.3.4.4. Engagement et Communication avec la Communauté :

- **Collaboration avec la communauté** : Impliquez activement la communauté locale dans le processus d'installation des stations de bus intelligentes. Cela peut inclure des consultations publiques, des ateliers participatifs, et la prise en compte des besoins spécifiques des résidents pour assurer que les nouvelles infrastructures répondent aux attentes et améliorent réellement la qualité de vie locale.

II.4. Intégration de l'Énergie Photovoltaïque :**II.4.1. Énergie Solaire Photovoltaïque :**

L'énergie photovoltaïque est obtenue par la conversion directe du rayonnement solaire en énergie électrique. Ce processus de conversion se produit dans une cellule photovoltaïque, qui utilise un phénomène physique connu sous le nom d'effet photovoltaïque. Cet effet génère une force électromotrice lorsque la surface de la cellule est exposée à la lumière, produisant ainsi de l'électricité grâce à l'interaction entre les photons et les semi-conducteurs . [26]

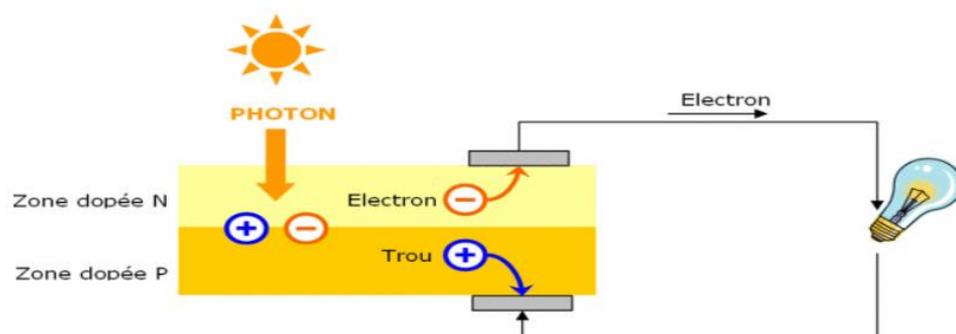


Figure II-7 effet photovoltaïque

II.4.2. Sélection des Composants du Système PV :

Un système photovoltaïque (PV) est composé de divers éléments conçus pour produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire. Les composants principaux comprennent le champ photovoltaïque, l'équipement de conditionnement de puissance, un système de stockage d'énergie (optionnel) et la charge. L'équipement de conditionnement de puissance peut inclure un régulateur

seul, un régulateur avec un convertisseur (DC/DC, DC/AC ou les deux) ou un convertisseur seul. [27]

- **Champ Photovoltaïque** : Ce composant capte la lumière du soleil et la convertit en énergie électrique. Il se compose de plusieurs cellules photovoltaïques connectées en série ou en parallèle pour atteindre la puissance souhaitée. [28]

- **Unité de Conditionnement de Puissance** : Cette unité assure un flux d'énergie stable et efficace entre le champ PV et la charge. Elle peut inclure des dispositifs tels que des régulateurs et des convertisseurs qui adaptent l'énergie aux besoins du système. [29]

- **Système de Stockage** : Dans les cas où l'alimentation hors réseau ou la continuité de l'alimentation lors de faibles périodes d'ensoleillement est nécessaire, un système de stockage (généralement des batteries) est intégré pour stocker l'énergie excédentaire produite pendant les heures de forte luminosité pour une utilisation ultérieure. [30]

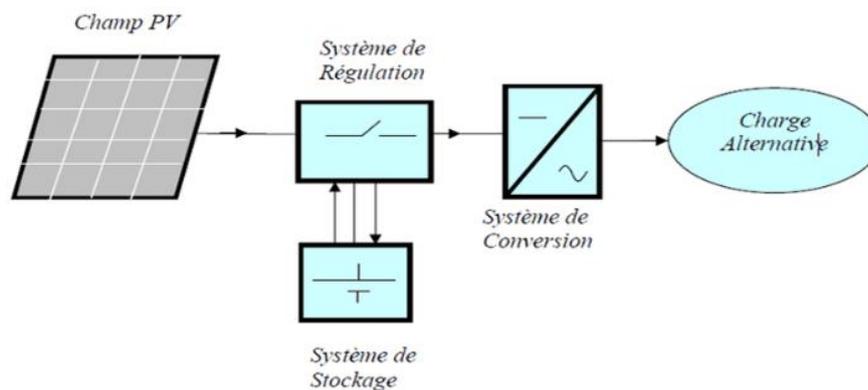


Figure II-8 Système photovoltaïque

II.4.3. Intégration des panneaux solaires au système de la station de bus :

L'intégration des panneaux solaires avec un système de l'arrêt de bus peut être réalisée selon les étapes suivantes :

Installation des panneaux solaires : Les panneaux solaires doivent être montés sur le toit de la station ou sur une structure adéquate afin d'optimiser leur exposition à la lumière du soleil. Un professionnel qualifié peut analyser les besoins énergétiques du système et concevoir l'installation solaire en conséquence, assurant ainsi une efficacité maximale.

Régulateur de charge solaire : Le régulateur de charge gère le flux d'électricité provenant des panneaux solaires, veillant à ce que la tension et le courant demeurent dans des limites

sécurisées pour le système de stockage d'énergie, ce qui contribue à prolonger la durée de vie et la fiabilité de l'ensemble.

Batterie de stockage d'énergie : La batterie a pour fonction de conserver l'électricité générée par les panneaux solaires, permettant ainsi d'alimenter la station de bus même en l'absence de lumière solaire, comme durant la nuit ou par temps nuageux.

Onduleur : L'onduleur transforme l'énergie électrique stockée en courant alternatif, rendant celle-ci utilisable pour alimenter divers appareils au sein de la station. Grâce à cet onduleur, la station peut fournir de l'énergie au GPS pour des informations de localisation en temps réel, faire fonctionner l'écran publicitaire, et offrir des ports de recharge pour permettre aux passagers de recharger leurs téléphones et autres appareils portables pendant leur attente.

Connexion aux dispositifs de la station : Une fois le système solaire installé et opérationnel, il peut être intégré au système principal de la station, ce qui peut nécessiter l'intervention d'un technicien afin d'assurer une intégration sécurisée et fiable.

II.5. Contraintes des Arrêts de Bus Ordinaires :

Les arrêts de bus ordinaires présentent plusieurs problèmes spécifiques en lien avec le manque d'énergie, la sécurité et la gestion des informations pour les passagers. Voici un développement plus précis sur ces problèmes :

II.5.1. Manque d'Énergie :

Absence d'éclairage : Beaucoup d'arrêts de bus ordinaires n'ont pas d'éclairage autonome, ce qui les rend peu sécurisés et inconfortables la nuit, surtout dans les zones où l'éclairage public est faible ou inexistant. [31]

Pas de source d'énergie pour les panneaux d'affichage : En l'absence de source d'énergie, il est difficile de fournir des informations numériques (comme les horaires en temps réel), et les arrêts de bus sont limités aux affichages statiques, souvent moins utiles et pas toujours à jour. [32]

Opportunité manquée pour des solutions écologiques : Le manque de systèmes d'énergie renouvelable (comme le solaire) signifie que la consommation énergétique des arrêts dépend de l'infrastructure électrique locale, ce qui peut limiter leur installation dans certaines zones. [32]

II.5.2. Manque de Sécurité :

Éclairage insuffisant ou inexistant : Sans éclairage adéquat, les passagers peuvent se sentir vulnérables, surtout le soir ou la nuit, et cela peut également rendre l'arrêt plus susceptible au vandalisme. [33]

Absence de surveillance : La plupart des arrêts de bus ordinaires n'ont pas de caméras de sécurité ou de systèmes de surveillance, ce qui peut entraîner des problèmes de sécurité pour les usagers, avec des risques de vols, d'agressions, ou de vandalisme. [33]

Manque de visibilité pour les conducteurs : En l'absence d'un éclairage suffisant, les conducteurs peuvent avoir du mal à distinguer les passagers en attente, ce qui augmente le risque de manquement à un arrêt, en particulier dans les zones faiblement éclairées. [33]



Figure II-9 Arrêt de Bus Ordinaire avec Aménagements Minimalistes.

II.5.3. Insuffisance d'Information en Temps Réel Concernant l'Arrivée des Bus

Absence d'indications sur l'arrivée des bus :

De nombreux arrêts de bus classiques manquent de dispositifs permettant d'informer les usagers sur le temps d'attente en temps réel, engendrant ainsi une certaine incertitude et un inconfort, particulièrement en cas de retard des véhicules. [34]

Mise à jour des informations déficiente : Les panneaux d'affichage statiques ne sont pas fréquemment actualisés, ce qui prive les passagers d'informations récentes sur les retards ou les interruptions de service, les contraignant souvent à patienter sans aucune visibilité. [34]

Dépendance aux technologies mobiles : Dans certaines régions, notamment rurales ou moins développées, les usagers n'ont pas accès à des applications de suivi en temps réel, et les arrêts de bus ne proposent pas d'alternatives, rendant le suivi des bus particulièrement complexe. Ces enjeux soulignent la nécessité de moderniser les arrêts de bus en intégrant des solutions plus autonomes, sécurisées et informatives afin d'améliorer la qualité du service offert aux usagers. [34]

II.6. Conclusion :

L'analyse approfondie des besoins et des contraintes menées dans ce chapitre a permis de mettre en lumière les éléments fondamentaux nécessaires à la modernisation des arrêts de bus. En identifiant les attentes des utilisateurs, comme la présence de sources d'énergie, la sécurité, la fiabilité, et le suivi en temps réel des bus, nous avons posé les bases pour concevoir des infrastructures qui répondent aux besoins actuels des passagers.

L'étude des contraintes techniques, économiques et réglementaires a souligné les défis et les limitations auxquels il faut faire face pour déployer ces améliorations de manière réaliste et durable. L'intégration de solutions énergétiques autonomes, de dispositifs de sécurité avancés, et de systèmes de gestion d'information en temps réel devient indispensable pour offrir un service de transport public adapté aux exigences urbaines modernes.

Ainsi, l'approche adoptée dans ce chapitre propose une réponse intégrée qui non seulement améliore l'expérience des utilisateurs, mais optimise aussi les opérations pour les opérateurs, tout en respectant les cadres réglementaires en place. Ce modèle de conception est fondamental pour bâtir des réseaux de transport en commun résilients, écologiques, et efficaces, capables de relever les défis urbains actuels et futurs.

Chapitre III
Conception du système
d'arrêt de bus intelligent

III.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous examinerons en détail les différentes étapes clés de la conception d'un système d'arrêt de bus intelligent, une avancée significative dans l'amélioration des infrastructures de transport en commun. Ce projet a pour objectif de moderniser les arrêts de bus afin de répondre aux besoins croissants de connectivité, d'efficacité énergétique et de confort des usagers.

Tout d'abord, l'architecture globale du système offre une vue d'ensemble des principaux composants et de leur interconnexion, établissant ainsi la base structurelle sur laquelle repose le projet. Cela comprend l'intégration de panneaux solaires pour l'alimentation électrique, des bornes de recharge pour les appareils électroniques, des capteurs pour l'éclairage automatique, et des écrans d'affichage pour les informations en temps réel et la publicité.

Ensuite, les spécifications fonctionnelles et techniques détaillent les exigences précises que le système doit remplir. Les fonctionnalités attendues comprennent le suivi en temps réel des bus via GPS, des solutions de recharge pour les appareils électroniques avec différents types de chargeurs (y compris sans fil et USB), ainsi que des dispositifs d'affichage d'informations montrant les horaires des bus et diffusant des publicités.

La phase de réalisation décrit le processus de mise en œuvre du système, depuis le développement initial jusqu'à l'installation finale sur le terrain. Cette étape implique la sélection des technologies appropriées, la construction de prototypes et les tests de validation nécessaires pour garantir la performance et la fiabilité du système. La réalisation est un processus collaboratif impliquant des ingénieurs, des designers et des opérateurs de transport afin d'assurer une intégration fluide et efficace.

Dans ce chapitre, nous examinerons en détail chaque aspect. Les résultats et discussions présentent les performances obtenues suite à l'installation et à l'évaluation du système d'arrêt de bus intelligent.

III.2. Schéma synoptique du système :

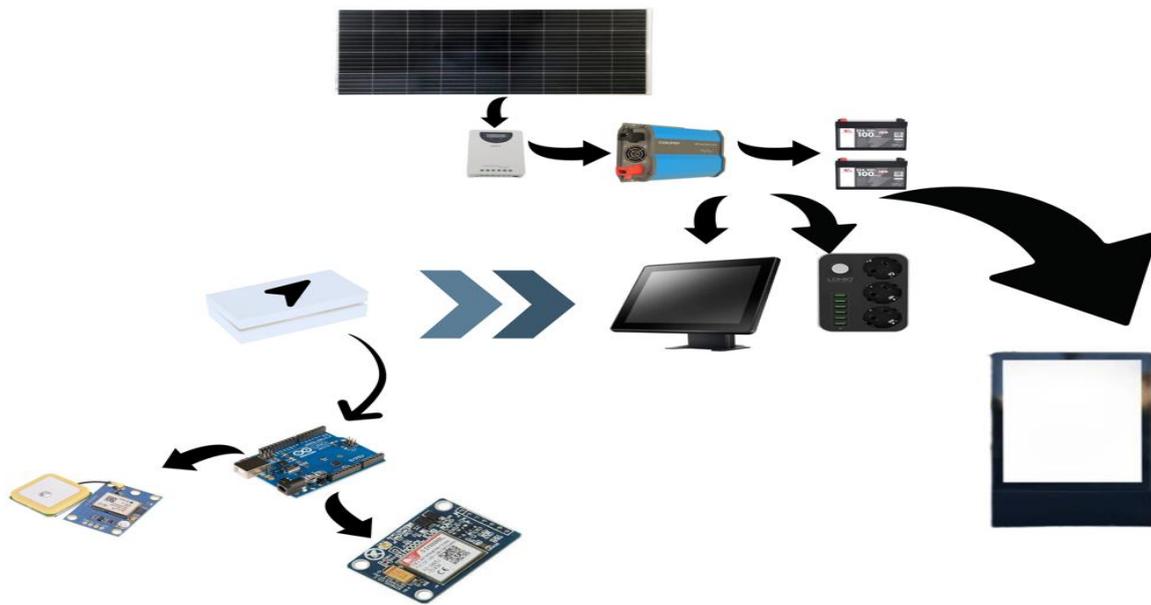


Figure III-1 Schéma synoptique du système.

Le schéma met en évidence un système complet et autonome de production et de gestion d'énergie solaire, adapté aux besoins d'un arrêt de bus. Le panneau solaire et les batteries assurent l'autonomie énergétique, tandis que les dispositifs de gestion (convertisseur, contrôleur de charge, etc.) permettent une alimentation sécurisée et continue des différents appareils connectés. Le module GPS et de communication offre une dimension de connectivité, permettant des informations en temps réel. L'ensemble du système est conçu pour être autonome, avec un potentiel d'extension pour d'autres applications ou services, comme la publicité.

III.3. Architecture générale du système :

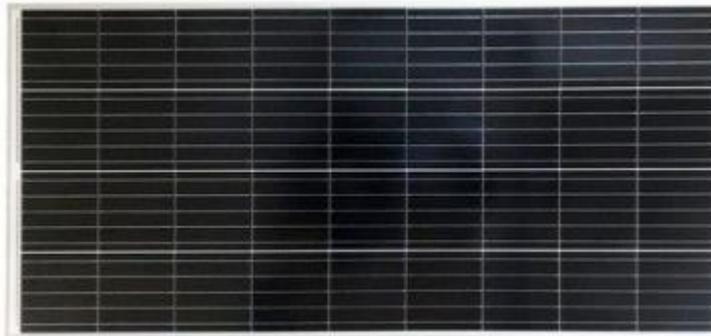
L'arrêt est équipé de panneaux solaires qui fournissent l'énergie indispensable au fonctionnement des différents dispositifs. Un système GPS intégré permet de suivre en temps réel les horaires et la localisation des bus, offrant ainsi aux usagers des informations précises sur les temps d'arrivée. Par ailleurs, des ports de recharge pour téléphones et appareils portables sont accessibles pour améliorer l'expérience des passagers. Enfin, un écran numérique affiche des annonces publicitaires et informatives, contribuant à l'autofinancement et à l'engagement des usagers.

III.4. La partie matériel (Hardware) :

III.4.1. Panneau Solaire :

Un panneau solaire, c'est cet appareil placé au sol, sur les toits ou sur les ombrières de parking par exemple qui utilise la lumière du soleil pour produire de l'énergie électrique.

C'est cet appareil placé au sol, sur les toits ou sur les ombrières qui utilise la lumière du soleil pour produire de l'énergie électrique. [35]

**Donnée Technique :**

- Puissance Maximal (Pmax) : 285 Wp.
- Tension à Puissance Maximal (Vmax) : 32,2 V.
- Courant à Puissance Maximum (Cmax) : 8,85 A.
- Tension Circuit Ouvert (Voc) : 38,8 V.
- Courant Circuit Court (Isc) : 9,28 A.
- Efficacité Module : 17,56 %.

III.4.2. Onduleur ordinaire :

Un onduleur est un dispositif permettant de transformer en alternatif une énergie électrique de type continue.

**Donnée Technique :**

- Puissance nominale : 1000 W.
- Tension de sortie : 110 v ; 230 v.
- Tension d'entrée : 12 v ; 24 v ; 48 v.
- Fréquence de sortie : 50 hz/60 hz.
- Matériau de la coque : alliage d'aluminium.

III.4.3. Régulateur solaire MPPT 40A EZA :

Les régulateurs de charge MPPT grâce à leur micro-processeur et algorithmes de charges plus perfectionnés sont les régulateurs les plus performants à l'heure actuelle. Victron Energy est l'un des pionniers de cette technologie qui permet d'obtenir jusqu'à 30% de rendement supplémentaire par rapport à un PWM (notamment lors des périodes nuageuses). Ils sont dotés des algorithmes de charge les plus perfectionnés et permettent ainsi d'atteindre les meilleures productions. [36]

**Donnée Technique :**

- Courant maximal : 40A.
- Hauteur : 7,5 cm
- Longueur : 24 cm
- Largeur : 1,75 cm
- Poids : 1.52 cm

III.4.4. Parafoudre :

Ces termes en apparence similaires ne désignent pas la même chose. Pour comparer les deux dispositifs, encore faut-il connaître leur rôle et leur fonctionnement. Voici justement leur définition. [37]

**Donnée Technique :**

- Tension nominale U_n : 230 VAC.
- Tension max. de service permanent U_c (50Hz) : 335 VAC.
- Courant nominal de décharge I_n (8/20 μ s) : 20kA.
- Niveau de protection U_p sous I_n : <1,5 kV.
- Niveau de protection U_p sous I_{lim} : 1,2 kV.

III.4.5. Disjoncteur 1P+N :

Est un appareillage modulaire qui assure la protection électrique d'un circuit.



Donnée Technique :

- Tension nominale : 230 V.
- Courant nominal : 25A.

III.4.6. Batterie de stockage :

Batterie de stockage solaire permet de stocker le surplus d'énergie produit par des panneaux photovoltaïques en vue d'une utilisation ultérieure.

Une batterie de stockage fonctionne comme une pile : c'est une réserve d'énergie qui est emmagasinée pour être utilisée plus tard. Couplée à une installation solaire. Résultat : une augmentation de l'autonomie énergétique. [38]



Donnée Technique :

- Capacité de la batterie : 100 Ah

- Tension nominale : 12 V
- Courant de chargement de la batterie : max. 30 A
- Dimensions : 330 x 171 x 214 mm.
- Fabricant/Marque : V-PRO.
- Garantie : 2 ans.

Avantages :

1. Maintenance réduite
2. Cycle de vie plus long
3. Résistance aux températures extrêmes
4. Moins de dégagement de gaz
5. Résistance aux vibrations
6. Sécurité accrue

Inconvénients :

1. Coût élevé
2. Sensibilité aux surcharges
3. Performances limitées à haute intensité
4. Recharge lente
5. Sensibilité à des conditions spécifiques
6. Poids élevé

III.4.7. Multytype charge :

Les dispositifs polyvalents de charge se réfèrent à des équipements ou des systèmes qui offrent plusieurs options de connexion pour charger des appareils électroniques. Ils sont souvent équipés de plusieurs ports ou prises, ce qui les rend plus flexibles et compatibles avec une variété d'appareils.



III.4.8. Écran publicitaire :

Un panneau publicitaire numérique est spécialement conçu pour diffuser des messages publicitaires, des annonces, des vidéos et d'autres contenus visuels. Ces écrans sont disponibles en différentes tailles et résolutions, et sont fréquemment utilisés dans des lieux à forte affluence pour capter l'attention d'un large public.



III.4.9. Module de développement SIM800L :

C'est un module puissant qui démarre automatiquement et recherche automatiquement le réseau. Ce module nécessite une alimentation entre 3,4V et 4,4V. L'alimentation 5V de l'Arduino ne lui convient donc pas. Pour contrer ce problème d'alimentation, on ajoute une diode 1N4007 entre le 5V de l'Arduino et le pin VCC du SIM800L. Le SIM800L nécessite un pic de courant d'environ 2A. [39]



Donnée Technique :

- Alimentation par 5V, peut être alimenté par USB.
- TTL 5V et interface 3V3.
- Sur l'interface RS232 du conseil d'administration, facile pour le débogage. Sur la gauche, broches blanches.
- A bord LED de signal de sonnerie.
- Le Conseil réinitialiser et redémarrer broches.
- Port série est protégée par TVS et perles circuit, pour éviter toute flambée actuelle ou HV.
- Circuit SIM a électrostatique de SMF05C libérant IC.
- Le forfait comprend l'antenne et DC prise.
- La taille du conseil d'administration est de 5 x 5 cm

III.4.10. Arduino :

Est un ensemble matériel et logiciel qui permet d'apprendre l'électronique (en s'amusant) tout en se familiarisant avec la programmation informatique. Arduino est en source libre ; vous pouvez donc télécharger le schéma d'origine et l'utiliser pour élaborer votre propre carte et la vendre sans payer des droits d'auteur. [40]



Donnée Technique :

- Clock Speed :16 MHz.
- Length : 68.6 mm.
- Weight : 25 g.
- Width :53.4 mm.
- Flash Memory : 32 KB.
- DC Current for 3.3V Pin : 50 mA.
- Input Voltage : 7-12V.
- Operating Voltage : 5V.
- Digital I/O Pins : 14 (of which 6 provide PWM output).
- PWM Digital I/O Pins : 6.

- DC Current per I/O Pin : 20 mA.
- Analog Input Pins : 6.
- Microcontroller : ATmega328P.

III.5. Dimensionnement d'un Système Photovoltaïque pour un Atribus :

Project summary			
Geographical Site		Situation	
Mechta Bezeria		Latitude	36.05 °N
Algeria		Longitude	4.80 °E
		Altitude	486 m
		Time zone	UTC+1
Meteo data		Project settings	
Mechta Bezeria		Albedo	0.20
Meteonorm 8.1 (1991-2000), Sat=100% - Synthetic			

Localisation Géographique : Le projet est situé à Mechta Bezeria, en Algérie, avec une latitude de 36.05° N et une longitude de 4.80° E, à une altitude de 486 mètres. Ces données sont essentielles pour évaluer l'irradiation solaire disponible sur le site, un facteur crucial pour les performances du système photovoltaïque.

Données Météorologiques : Les données météorologiques utilisées proviennent de la base Meteonorm (période 1991-2000), avec un ensoleillement synthétique. Ces données permettent de prédire la production d'énergie solaire en fonction de l'ensoleillement moyen de la région.

Albédo : Un albédo de 0,20 est mentionné, indiquant la réflectivité de la surface. Ce facteur influence légèrement l'énergie réfléchiée vers les panneaux solaires et contribue à optimiser la production d'énergie.

System summary			
Standalone system		PV Field Orientation	
		Fixed plane	
		Tilt/Azimuth	32.8 / 0 °
System information		Battery pack	
PV Array		Technology	Lead-acid, sealed, Gel
Nb. of modules	1 unit	Nb. of units	2 units
Pnom total	285 Wp	Voltage	24 V
		Capacity	100 Ah
User's needs			
Daily household consumers			
Constant over the year			
Average	5.8 kWh/Day		

Système Autonome : Il s'agit d'un système photovoltaïque autonome, sans connexion au réseau, ce qui signifie que toute l'énergie doit être produite et stockée localement pour alimenter l'arrêt de bus.

Configuration PV : Un seul module photovoltaïque de 285 Wp est utilisé, avec une orientation fixe (inclinaison de 32,8°). Cela indique que le panneau est optimisé pour capter l'irradiation solaire en fonction de la latitude du site.

Batterie : Deux unités de batteries plomb-acide (gel) de 24 V et 100 Ah sont utilisées pour stocker l'énergie. Cette capacité de stockage permet de répondre aux besoins énergétiques même en cas de faible ensoleillement pendant quelques jours.

Besoin Énergétique : Les besoins énergétiques sont estimés à 5,8 kWh par jour, ce qui semble assez élevé pour un arrêt de bus. Cette estimation comprend probablement des équipements consommateurs d'énergie comme les affichages électroniques et l'éclairage.

Results summary					
Available Energy	459.6 kWh/year	Specific production	1613 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	40.06 %
Used Energy	2106.4 kWh/year			Solar Fraction SF	10.59 %

Énergie Disponible et Consommée : L'énergie disponible annuelle est de 459,6 kWh, tandis que l'énergie utilisée est de 2106,4 kWh par an. Il y a un déficit énergétique important, ce qui suggère que le système photovoltaïque actuel ne couvre pas les besoins énergétiques estimés.

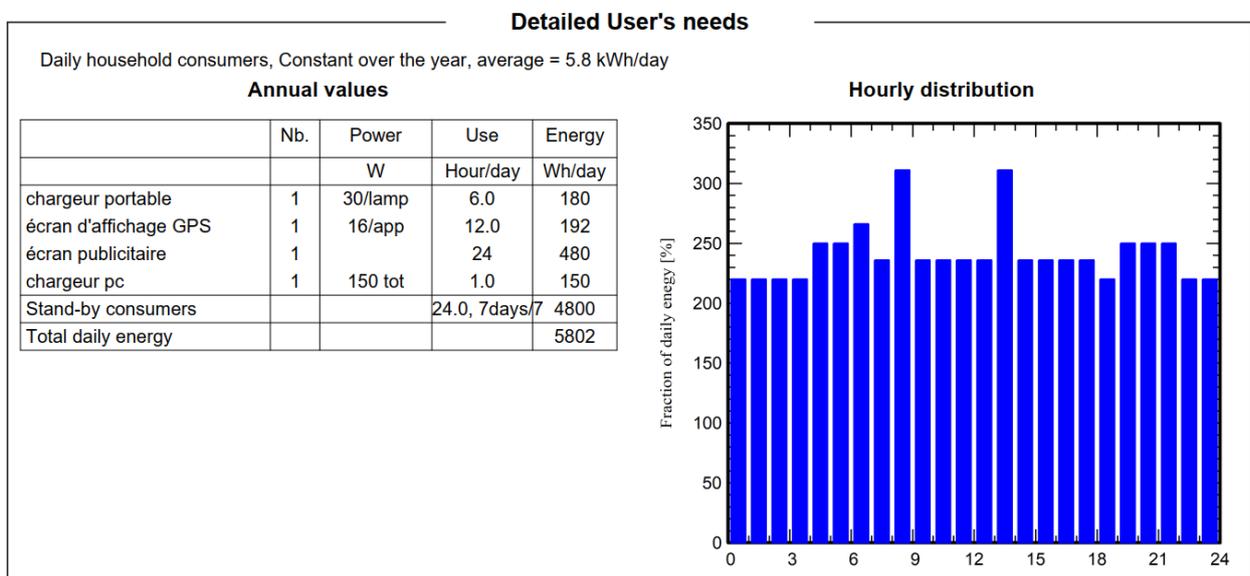
Production Spécifique et Ratio de Performance : La production spécifique est de 1613 kWh/kWp/an, avec un ratio de performance de 40,06 %, ce qui est relativement faible, indiquant des pertes importantes ou des conditions d'ombrage partiel. La fraction solaire de 10,59 % confirme que la contribution photovoltaïque reste insuffisante pour couvrir les besoins énergétiques de l'arrêt de bus.

PV Array Characteristics			
PV module		Battery	
Manufacturer	Bisol	Manufacturer	Narada
Model	BMU-285 Premium	Model	AcmeG 12V 100 F
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, sealed, Gel
Unit Nom. Power	285 Wp	Nb. of units	2 in series
Number of PV modules	1 unit	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	285 Wp	Stored energy	2.0 kWh
Modules	1 String x 1 In series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (50°C)		Voltage	24 V
Pmpp	258 Wp	Nominal Capacity	100 Ah (C10)
U mpp	29 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	9.0 A	Battery Management control	
Controller		Threshold commands as	SOC calculation
Universal controller		Charging	SOC = 0.90 / 0.75
Technology	MPPT converter	approx.	26.9 / 25.3 V
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.	Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
Converter		approx.	23.5 / 24.6 V
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %	Back-Up Genset Command	SOC = 0.25/0.45
		approx.	23.8 / 25.4 V

Module PV : Le panneau solaire utilisé est un modèle Bisol BMU-285 Premium de 285 Wp, capable de produire un courant de 9,0 A à 50°C. Il est adapté pour les conditions climatiques chaudes du site.

Batterie : Les batteries Narada AcmeG 12V 100 F sont des batteries gel de 24 V avec une capacité nominale de 100 Ah. Elles sont configurées en série, ce qui leur confère une capacité de stockage totale de 2 kWh. Une gestion appropriée de l'état de charge (SOC) est implémentée pour prolonger la durée de vie des batteries.

Contrôleur et Convertisseur : Un contrôleur MPPT est utilisé pour optimiser la conversion d'énergie. Le convertisseur présente une efficacité maximale de 97 %, garantissant une perte minimale lors de la conversion de l'énergie pour les appareils.



Équipements Alimentés : Les besoins énergétiques quotidiens sont décomposés pour chaque appareil : chargeur portable, écran GPS, écran publicitaire, et chargeur de PC. Le total quotidien atteint 5802 Wh, avec une consommation continue de 24 W pour les consommateurs en veille.

Distribution Horaire : Le graphique de distribution horaire montre une répartition assez stable de la consommation d'énergie tout au long de la journée, avec quelques pics autour de midi et de l'après-midi, correspondant probablement aux pics d'utilisation des équipements d'affichage.

III.6. Schémas et branchement globale réalisée :

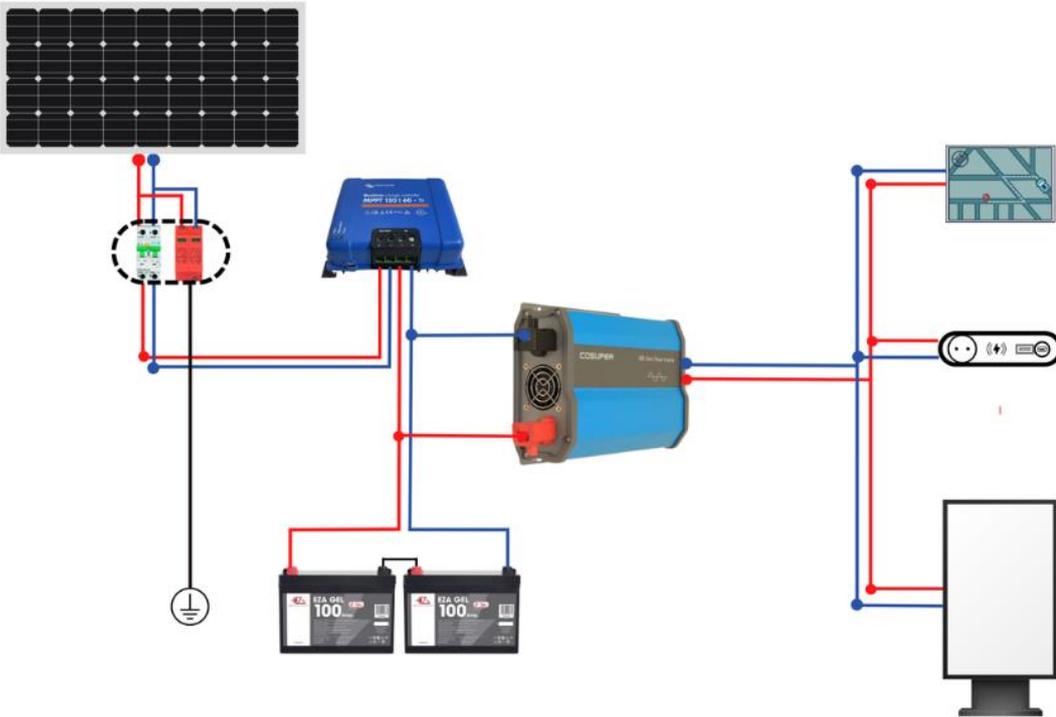


Figure III-2 Schéma globale du système

III.7. L'organigramme de la réalisation :

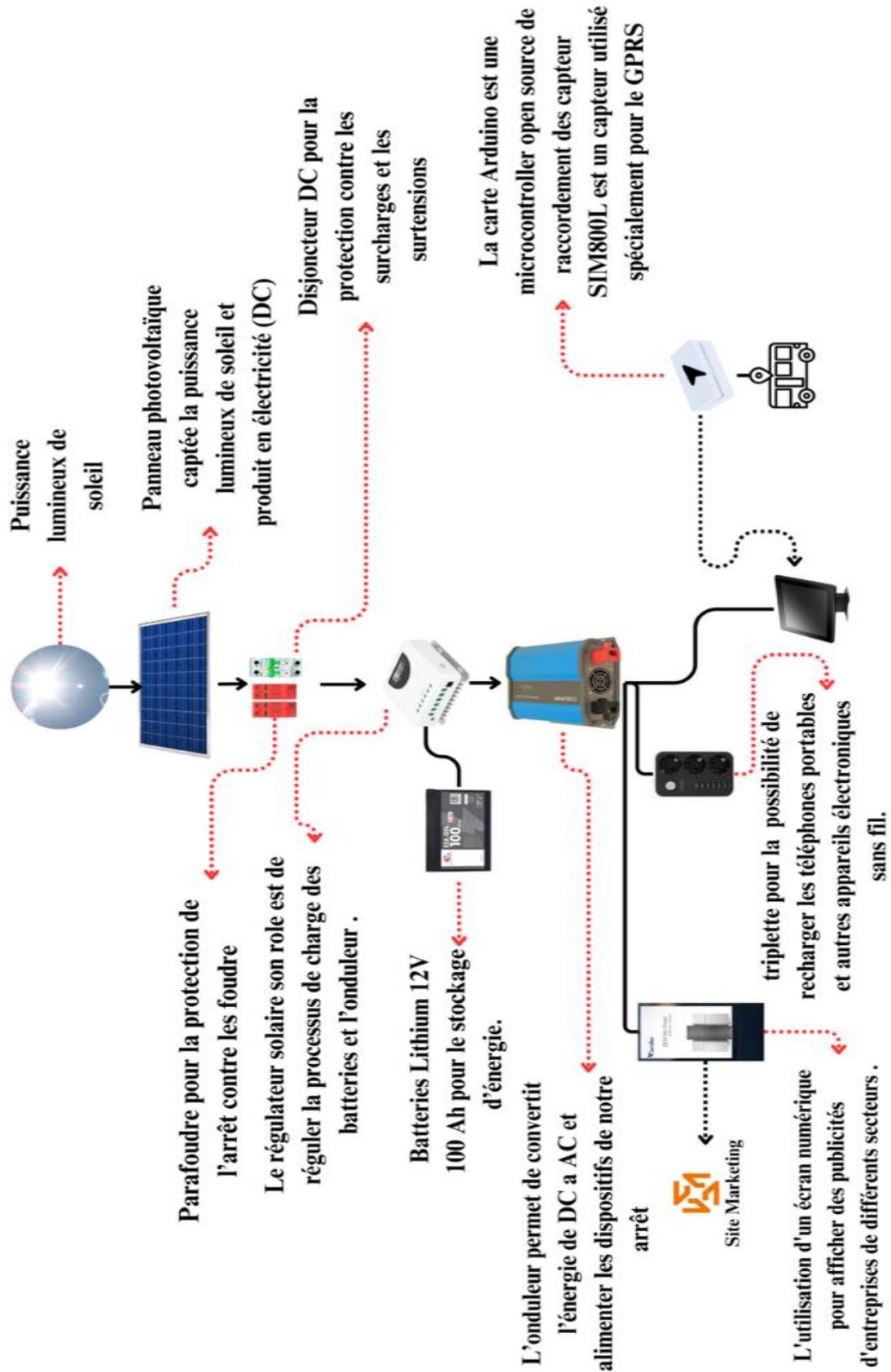


Figure III-3 diagramme de système en générale.

III.7.1. Module de Suivi de Position GPS :

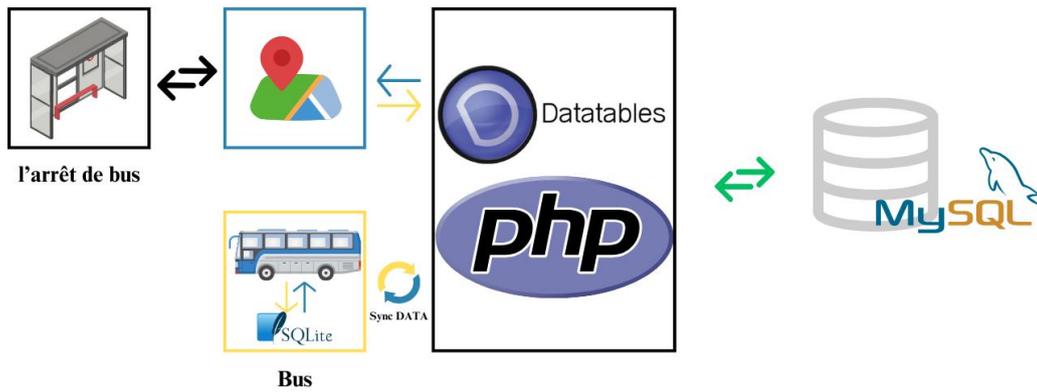


Figure III-4 Architecture du système suivi de bus.

III.7.2. Schéma de câblage de système de GPS :

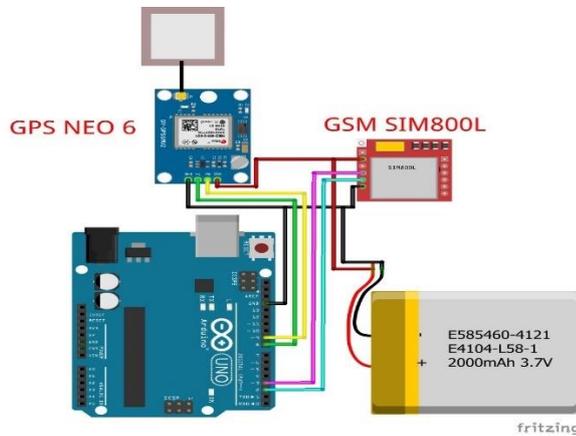


Figure III-5 Schéma de câblage de système de GPS.

III.7.3. La base des données envoyé du bus :

```

{} gps_data.json > ...
1  [
2    {"latitude": 36.074040, "longitude": 4.760574,
3    {"latitude": 36.073806, "longitude": 4.763782,
4    {"latitude": 36.073709, "longitude": 4.767389,
5    {"latitude": 36.073709, "longitude": 4.767389,
6    {"latitude": 36.073757, "longitude": 4.771703,
7    {"latitude": 36.070210, "longitude": 4.774476,
8    {"latitude": 36.067798, "longitude": 4.776082,
9    {"latitude": 36.066135, "longitude": 4.780978,
10   {"latitude": 36.067950, "longitude": 4.786936,
11  ]
12
13
14
15
    
```

Figure III-6 La base des données envoyé du bus.

III.8. Description Détaillée et Justification Académique du Site :**III.8.1. Interface Utilisateur (UI) et Conception Front-End :****III.8.1.1. HTML (Langage de Marquage Hypertexte) :**

HTML constitue le langage de balisage standard pour établir la structure des pages web. Il organise le contenu en utilisant divers éléments tels que les en-têtes, les paragraphes, les formulaires et les boutons. Chaque élément HTML est délimité par une balise d'ouverture et une balise de fermeture, ce qui définit son rôle au sein du document. [41]

Utilisation dans ce projet : Les formulaires HTML sont présents dans login.html et register.html pour recueillir les informations des utilisateurs (par exemple, nom d'utilisateur, mot de passe). Ces formulaires servent de lien entre l'utilisateur et la logique du système en transmettant les données au serveur.

III.8.2. CSS (Feuilles de Style en Cascade) :

CSS est responsable de la mise en forme et de la disposition des éléments HTML, améliorant ainsi l'attrait visuel d'un site web. Il garantit une cohérence à travers les pages en appliquant des styles globaux ou spécifiques à chaque page, tels que les couleurs, les polices et les espacements. CSS peut être intégré sous forme de styles en ligne, internes ou externes. [41]

Utilisation dans ce projet : CSS veille à ce que le site web soit esthétiquement agréable et réactif, ce qui signifie que le design s'adapte à différentes tailles d'écran (par exemple, ordinateurs de bureau et smartphones).

III.8.3. JavaScript (Optionnel pour la Validation des Formulaires) :

JavaScript est un langage de programmation utilisé dans le développement web pour créer des fonctionnalités interactives et dynamiques, telles que la validation des formulaires et les animations. Bien qu'il ne soit pas explicitement mentionné dans vos fichiers de projet, JavaScript pourrait améliorer l'expérience utilisateur en validant les formulaires côté client, évitant ainsi les erreurs avant que les données ne soient soumises au serveur. [42]

III.8.4. Opérations côté serveur (PHP pour le contenu dynamique) :**III.8.4.1. PHP (Hypertext Preprocessor) :**

PHP est un langage de script côté serveur couramment utilisé pour créer des sites web et des applications web dynamiques. Il interagit avec des bases de données pour récupérer, insérer ou

mettre à jour des données et gérer des sessions qui conservent l'état de connexion des utilisateurs. [43]

Utilisation dans ce projet : Dans login.php et register.php, PHP extrait les données des utilisateurs de la base de données SQLite et gère le contrôle des sessions. Il permet également un accès basé sur les rôles via admin.php et facilite la mise à jour sécurisée des offres à travers admin_offers.php.

II.7. III.8.5. Conception de la base de données et gestion des données :

III.8.5.1. SQLite (Système de gestion de base de données léger) :

SQLite est un système de gestion de base de données relationnelle (SGBDR) autonome et sans serveur. Contrairement à MySQL ou PostgreSQL, il stocke l'ensemble de la base de données sous forme d'un seul fichier, ce qui le rend idéal pour des applications web légères ne nécessitant pas d'infrastructure serveur complexe. [44]

Utilisation dans ce projet : La base de données, bus_station.db, conserve les identifiants des utilisateurs et les offres. Ce projet utilise SQLite pour garantir un déploiement facile et une exécution rapide des requêtes sans exigences supplémentaires en matière de serveur.

III.8.6. Authentification et Gestion des Rôles :

III.8.6.1. Sessions en PHP :

Les sessions PHP conservent les informations des utilisateurs sur le serveur, permettant au système de reconnaître les utilisateurs connectés lors de leur navigation entre différentes pages. Lorsqu'une session est créée, PHP attribue un identifiant de session unique à chaque utilisateur, maintenant ainsi l'état entre les chargements de pages. [43]

Utilisation dans ce projet : Les sessions sont initiées dans login.php pour maintenir les utilisateurs connectés jusqu'à leur déconnexion. Cette fonctionnalité garantit une expérience utilisateur personnalisée et empêche l'accès non autorisé à des pages restreintes telles que le panneau d'administration.

III.8.7. Flux Utilisateur et Architecture du Système :

III.8.7.1. Plan du Site et Navigation :

Le plan du site offre une structure hiérarchique des pages web, illustrant comment les différents éléments sont interconnectés. Il aide les utilisateurs et les administrateurs à comprendre le flux de navigation et assure un accès facile aux pages critiques.

Utilisation dans ce projet : Le plan du site comprend des pages essentielles telles que index.php (Accueil), login.html (Connexion), offers.php (Offres) et admin.php (Panneau d'Administration). Cela garantit que le site web reste intuitif, améliorant ainsi l'expérience utilisateur et l'utilisabilité.

III.8.8. Tests, Débogage et Considérations de Sécurité :

III.8.8.1. Tests de Compatibilité Multi-Navigateurs :

Il est crucial de garantir qu'un site web fonctionne de manière cohérente sur différents navigateurs pour offrir une expérience utilisateur fluide. Les tests de compatibilité entre navigateurs consistent à vérifier le site sur des navigateurs populaires tels que Chrome, Firefox et Safari afin de s'assurer qu'il n'y a pas de problèmes d'affichage. [45]

Utilisation dans ce projet : Les pages front-end comme login.html et register.html doivent être testées pour confirmer qu'elles fonctionnent de manière identique sur tous les navigateurs cibles.

III.8.8.2. Prévention des Injections SQL :

L'injection SQL est une forme d'attaque de sécurité où des utilisateurs malveillants insèrent des commandes SQL dans des formulaires pour manipuler la base de données. L'utilisation de déclarations préparées en PHP permet de prévenir ces attaques en assainissant les entrées, garantissant qu'elles sont traitées comme du texte brut plutôt que comme du code SQL exécutable. [46]

Utilisation dans ce projet : Le système de connexion utilise des déclarations préparées pour vérifier les noms d'utilisateur et les mots de passe de manière sécurisée. Cette pratique réduit le risque d'injection SQL et renforce la sécurité du site web.

III.8.9. Système d'Achat et Fonctionnalités de Commerce Électronique :

III.8.9.1. Système de Commerce Électronique Simple :

Un système d'achat permet aux utilisateurs d'acheter des produits ou des services directement via un site web, constituant ainsi la base de la plupart des plateformes de commerce électronique. [47]

Utilisation dans ce projet : Dans purchase.php, les utilisateurs peuvent sélectionner une offre et effectuer un achat. L'achat est enregistré dans la base de données SQLite, illustrant une fonctionnalité transactionnelle de base.

III.8.10. Les caractéristiques de Sécurité et Meilleures Pratiques :

III.8.10.1. Contrôle d'Accès (RBAC) :

Basé sur les Rôles (RBAC) Le RBAC garantit que seuls les utilisateurs autorisés peuvent accéder à des fonctionnalités ou des zones spécifiques du système. Il attribue des rôles (par exemple, utilisateur, administrateur) aux utilisateurs, régulant ainsi ce qu'ils peuvent voir et faire sur le site web. [48]

Utilisation dans ce Projet : Le panneau d'administration, géré via admin.php et admin_offers.php, est accessible uniquement aux utilisateurs disposant de privilèges administratifs, ce qui assure que seules les personnes autorisées peuvent gérer les offres.

III.8.10.2. Gestion Sécurisée des Sessions :

La gestion des sessions joue un rôle essentiel dans la sécurité et la fiabilité des applications web. En contrôlant les états de session et en veillant à ce que les utilisateurs se déconnectent correctement, le système réduit le risque de détournement de session et d'accès non autorisé.

Utilisation dans ce Projet : Le système de gestion des sessions garantit que les utilisateurs connectés conservent leur accès tout en naviguant sur le site, tandis que les utilisateurs non autorisés sont bloqués des pages critiques.

III.8.10.3. Le site web :

Le site web dédié à la publicité sur les écrans des stations de bus constitue une plateforme numérique visant à optimiser l'expérience de promotion publicitaire pour les clients. Ce site permet aux utilisateurs de diffuser des annonces pour leurs produits ou entreprises sur l'écran d'affichage de la station, en choisissant la durée d'affichage souhaitée, chaque durée étant associée à un coût spécifique et à un nombre déterminé d'apparitions quotidiennes de l'annonce. Cette plateforme offre aux clients une flexibilité et une efficacité dans la gestion de leurs options publicitaires, améliorant ainsi leur capacité à atteindre directement et de manière ciblée leur public.

Lien : <http://localhost/smart-bus-station>

- Interface authentification

L'interface du site permet aux utilisateurs de se connecter en utilisant leurs informations d'identification afin d'accéder de manière sécurisée aux services de publication d'annonces et de gestion de leurs comptes.



Figure III-7 interface de notre site

- **Interface de Connexion et d'Inscription**

Cette interface est conçue pour les processus de connexion et d'inscription sur notre plateforme, offrant une expérience simple et efficace pour les utilisateurs nouveaux et existants. Elle se compose de deux sections principales :

- **Interface de Connexion :**

- Elle permet aux utilisateurs actuels de saisir leur adresse e-mail et leur mot de passe pour accéder à leur compte.
- Le bouton de connexion est mis en valeur en bleu, le rendant facile à repérer et à utiliser.

- **Interface d'Inscription :**

- Elle fournit aux nouveaux utilisateurs des champs pour saisir leur nom d'utilisateur, adresse e-mail et mot de passe, simplifiant ainsi la création de compte.
- Le bouton d'inscription est visible et attrayant, facilitant le processus d'inscription.

Login to Your Account

Email address

Password

[Login](#)

Create an Account

Username

Email address

Password

[Register](#)

Figure III-8 Interface de Connexion et d'Inscription.

- **Interface Principale / Profiles**

Les clients ont la possibilité de consulter les différentes options de publicité disponibles, lesquelles incluent les tarifs et la durée de chaque offre. Les utilisateurs peuvent ainsi sélectionner l'option qui correspond le mieux à leurs besoins marketing et personnaliser les détails de leur annonce en fonction des choix proposés.

1

Unlimited rides for one month on all routes.

Price: 5000 DZD

Duration: 1 month

2

Unlimited rides for one week on all routes.

Price: 1000 DZD

Duration: 1 week

3

Unlimited rides for one day on all routes.

Price: 2000 DZD

Duration: 1 day

4

Unlimited rides for 3 months on all routes.

Price: 8000 DZD

Duration: 3 months

5

Unlimited rides for six months on all routes.

Price: 10000 DZD

Duration: 6 month

Manage Offers

Title	Description	Price (DZD)	Duration	Actions
1	Unlimited rides for one month on all routes.	5000 DZD	1 month	Edit
2	Unlimited rides for one week on all routes.	1000 DZD	1 week	Edit
3	Unlimited rides for one day on all routes.	2000 DZD	1 day	Edit
4	Unlimited rides for 3 months on all routes.	8000 DZD	3 months	Edit
5	Unlimited rides for six months on all routes.	10000 DZD	6 month	Edit

Figure III-9 l'interface principale.

- Interface de Soumission et de Personnalisation de l'Annonce

L'interface de soumission de l'annonce permet aux utilisateurs d'entrer le nom de l'entreprise et de télécharger le fichier associé à l'annonce, tel que des images ou des vidéos promotionnelles. De plus, cette interface comprend des outils d'édition qui permettent aux utilisateurs de personnaliser certains éléments de l'annonce, y compris la taille de l'affichage ou la position à l'écran, afin de répondre au mieux à leurs besoins marketing.

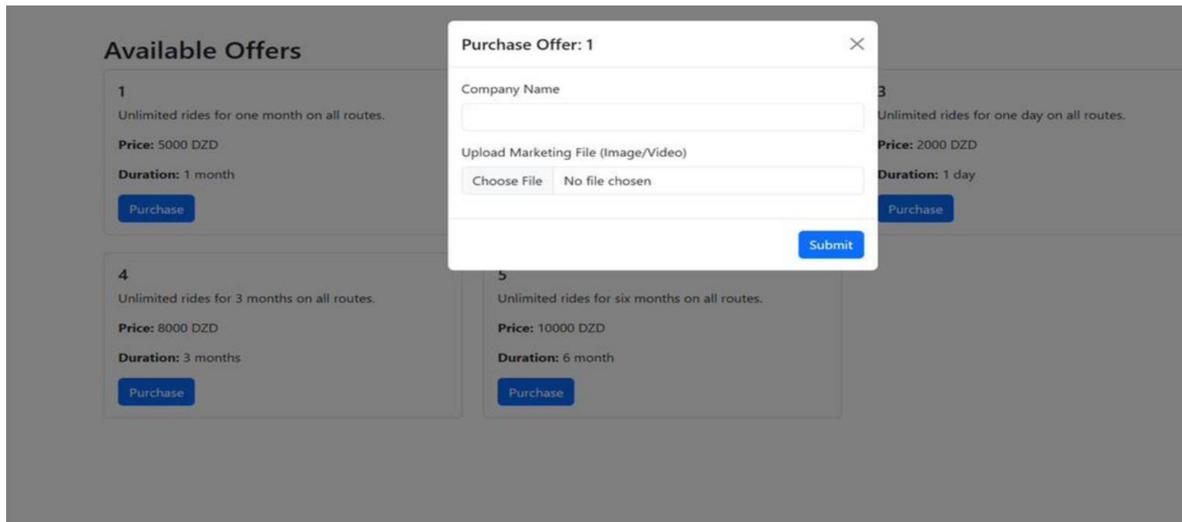
The image shows a form titled "Edit Offer: 1". It contains several input fields: "Offer Title" with the value "1", "Description" with the value "Unlimited rides for one month on all routes.", "Price (DZD)" with the value "5000", and "Duration" with the value "1 month". At the bottom of the form is a blue button labeled "Update Offer".

Figure III-10 l'interface Personnalisation de l'Annonce.

- Interface de Liste des Annonces :

L'interface de la "Liste des Annonces" présente un récapitulatif de toutes les annonces soumises, incluant des informations essentielles telles que le nom de l'entreprise, le nom d'utilisateur, ainsi que les fichiers d'annonce téléchargés (tels que des images ou des vidéos). Cette interface permet aux utilisateurs de consulter rapidement leurs annonces.

Users		
User ID	Username	Email
1	youbert	youcef.7koudria@gmail.com
2	youcef	youcefhackerbba@gmail.com
3	youbert34	youcef@gmail.com

Purchases				
Purchase ID	Username	Offer Title	Company Name	Marketing File
1	youcef	5		View File
2	youcef	2	auralens	View File
3	youcef	3	test	View File

Figure III-11 Interface de Liste des Annonces

III.9. Le prototype (conception) :





Figure III-12 conception.

Vidéo de réalisation : Conception de l'arrêt de bus

<https://www.dropbox.com/scl/fi/pskxnsbib7r1p7cyfktdq/r-alisation.mp4?rlkey=6zxgc1bv1pyjo1c31535xqo4y&st=rvmddijk&dl=0>

III.9.1. Test de Performance de Charge pour Téléphone dans l'Arrêt :



Figure III-13 teste recharge le téléphone dans l'arrêt.

Le dispositif de recharge pour téléphone intégré dans cet abribus offre une solution pratique et innovante pour les usagers. Alimenté par un système solaire, il permet aux utilisateurs de recharger leurs appareils mobiles pendant qu'ils attendent le bus, améliorant ainsi l'expérience utilisateur.

III.9.2. Test l'écran publicitaire :



Figure III-14 Écran Publicitaire Alimenté par Énergie Solaire dans l'Arrêt.

L'écran publicitaire installé dans cet abribus ajoute une dimension innovante et fonctionnelle à l'espace d'attente pour les usagers. Alimenté potentiellement par l'énergie solaire, cet écran affiche des publicités et des informations pertinentes, ce qui offre aux entreprises locales une opportunité de promouvoir leurs produits, comme illustré ici avec une publicité pour un réfrigérateur de la marque Condor.

III.9.3. Test de suivi du bus effectuer dans la ville de Bordj BouArreridj :

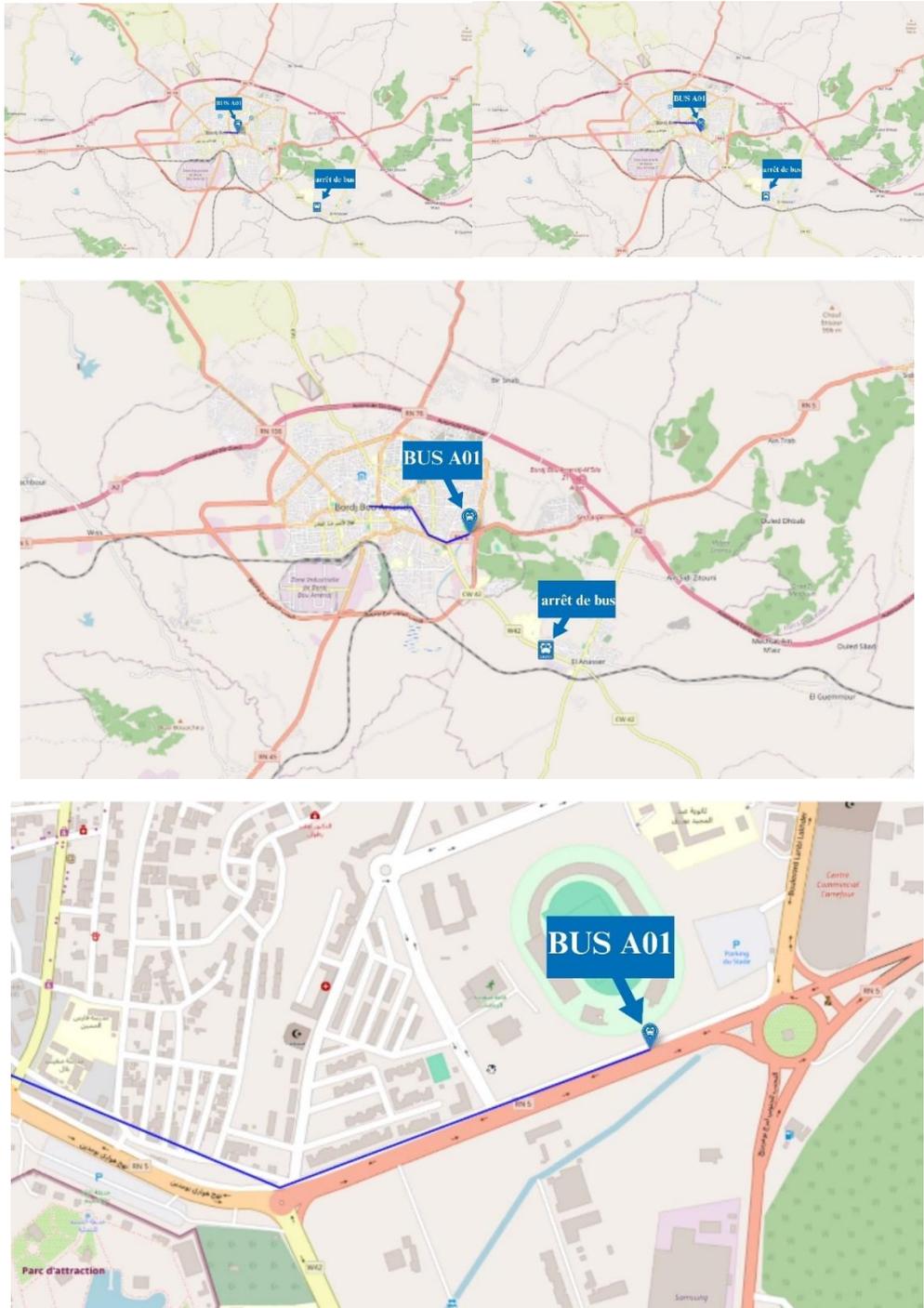


Figure III-15 Test de suivi du bus effectuer dans la ville de Bordj BouArreridj.

Cette image montre une carte avec un itinéraire de bus tracé en bleu, représentant le suivi en temps réel d'un bus. Ce type de suivi est rendu possible par un système GPS, qui transmet la position actuelle du bus au système de gestion de l'abribus. Sur un écran installé dans l'abribus, les passagers peuvent voir la progression du bus, le temps estimé d'arrivée, et des informations sur les arrêts à venir.

III.10. Conclusion

Pour conclure ce chapitre, nous avons présenté une vue d'ensemble détaillée de la conception d'un système intelligent d'arrêt de bus, dans le but de moderniser et d'optimiser les infrastructures de transport en commun. L'architecture globale du système a été définie, intégrant des composants essentiels tels que des panneaux solaires pour l'alimentation en énergie, des bornes de recharge pour les appareils électroniques, des capteurs pour l'éclairage automatique, et des écrans d'affichage pour les informations en temps réel et les publicités.

Les spécifications fonctionnelles et techniques ont été élaborées afin de garantir que le système réponde efficacement aux besoins des utilisateurs et des opérateurs de transport, en incluant des fonctionnalités telles que le suivi en temps réel des bus via le GPS, des solutions de recharge pour différents types d'appareils électroniques, et des dispositifs d'affichage d'informations publiques et commerciales.

Ce projet de site web marketing illustre l'application pratique des technologies HTML, CSS, PHP et SQLite dans la création d'une plateforme web interactive pour une station de bus intelligente. Il combine des technologies front-end et back-end, un contrôle d'accès basé sur les rôles, ainsi que des fonctionnalités de commerce électronique, afin de fournir une expérience fluide tant pour les utilisateurs que pour les administrateurs.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans le premier chapitre, nous avons étudié les avancées actuelles concernant les arrêts de bus, en mettant l'accent sur les innovations en matière de design, de confort, de sécurité et de gestion de l'énergie. Nous avons analysé en détail les solutions adoptées pour améliorer l'expérience des passagers et rendre les arrêts de bus plus efficaces et durables, démontrant ainsi l'importance croissante de ces infrastructures dans les systèmes de transport en commun.

Le deuxième chapitre aborde l'analyse des besoins et des contraintes. Cette analyse a révélé l'importance de comprendre les profils des utilisateurs potentiels, d'identifier les besoins des usagers et des opérateurs de transport, et de prendre en compte les contraintes techniques, économiques et réglementaires. Ce chapitre a souligné la nécessité d'une approche globale pour développer des solutions de transport en commun qui répondent aux besoins des utilisateurs tout en étant viables sur le plan opérationnel et économique.

Dans le troisième chapitre, nous avons présenté en détail la conception d'un système d'arrêt de bus intelligent. Nous avons abordé l'architecture générale, les spécifications fonctionnelles et techniques, la mise en œuvre du système, ainsi que les résultats et les discussions. Nous avons également exploré les perspectives d'améliorations futures et d'expansions potentielles, démontrant comment une approche intégrée et innovante peut transformer les arrêts de bus en éléments clés d'un système de transport en commun moderne, efficace et durable.

De plus, les tests de localisation par GPS et GPRS ont démontré l'efficacité du système de suivi et de localisation de l'arrêt de bus intelligent, ainsi que sa fiabilité et son autonomie énergétique.

En résumé, chaque chapitre de ce document a contribué à une compréhension globale et approfondie des défis et des opportunités liés à la modernisation des systèmes de transport en commun.

Référence

- [1] L'histoire des transports en commun urbains. Busmania. <https://www.busmania.fr/lhistoire-des-transports-encommun-urbains.html>
- [2] Du Canada Statistique Canada, G. (2024, September 16). Recettes d'exploitation du transport en commun urbain et déplacements de passagers, données mensuelles, 2019 à 2024. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/240916/cg-c001-fra.htm>
- [3] F, L. (2023, December 5). Transports : des autobus importés de moins de 5 ans bientôt en circulation en Algérie. *Algerie360*. https://www.algerie360.com/transports-des-autobus-importes-de-moins-de-5-ans-bientot-en-circulation-en-algerie/#google_vignette
- [4] Hichem. (2019, April 10). Algérie- Les réseaux de tram et de métro ont renforcé les capacités de transport urbain (document OBG). *Algerie360*. <https://www.algerie360.com/algerie-les-reseaux-de-tram-et-de-metro-ont-renforce-les-capacites-de-transport-urbain-document-obg/>
- [5] L'histoire des abris de bus : évolution et innovations. (n.d.). <https://www.espaceurbain.net/1-histoire-des-abris-de-bus-comment-ils-ont-evolue-au-fil-du-temps/>
- [6] Cfh. (2022, October 31). Les défis du secteur des transports à l'ère numérique. Conde Fernández Hermanos. <https://condefernandez.com/fr/2022/10/31/les-defis-du-secteur-des-transports-a-lere-numerique/>
- [7] Ag, K. (2023, November 2). Jumeau numérique : plus d'efficacité en logistique I KNAPP. KNAPP. <https://www.knapp.com/fr/savoir/blog/digitaler-zwilling-logistik-definition-vorteile-einsatzgebietejumeau-numerique-logistique-definition-avantages-domaines-dapplication/>
- [8] Ruiz, S. (2024, June 20). The Future of Logistics Technology: Emerging Technologies and Trends Transforming the Logistics Industry. GRYDD. <https://grydd.com/the-future-of-logistics-technology-emerging-technologies-and-trends-transforming-the-logistics-industry/>
- [9] ST_Jeandrew. (2024, July 30). Smart Logistics Management - Smarter Technologies. Smarter Technologies. <https://smartertechnologies.com/logistics/>
- [10] Garsten, E. (2024, January 24). What Are Self-Driving Cars? The Technology Explained. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/technology/article/self-driving-cars/>
- [11] | Blockchain in Logistics: Definition, Role in Logistics, and Benefits. (2024, June 1). <https://www.inboundlogistics.com/articles/blockchain-in-logistics/>
- [12] CRM software for deliveries. (n.d.). <https://clickup.com/features/crm/deliveries>
- [13] Oü, P. I. /. P. (n.d.). Logistics CRM | Best CRM for transportation companies. Pipedrive. <https://www.pipedrive.com/en/industries/logistics-crm>
- [14] Team, W. (2024, March 21). Customer Relationship Management and Supply Chain Management. WalkMe Blog. <https://www.walkme.com/blog/customer-relationship-management-and-supply-chain-management/>
- [15] Zhou, A. (2024, March 13). Customer Relationship Management in Logistics. GoFreight. <https://www.gofreight.com/blog/general/customer-relationship-management-in-logistics.html>
- [16] <https://www.cnews.fr/france/2015-03-23/des-abribus-nouvelle-generation-paris-701795>
- [17] <https://africanmanager.com/une-premiere-station-de-bus-intelligente-fonctionnant-a-lenergie-solaire-a-jemmal/>

Référence

- [18] Optimisation multicritère de la gestion de la recharge de la charge d'une flotte de bus électriques <https://theses.hal.science/tel-02537873/document>
- [19] MOOC Villes Intelligentes: défis technologiques et sociétaux https://inria.hal.science/hal-01552430/file/MOOC_Villes_Int2_Act_W1-W3_V4.pdf
- [20] L'importance attribuée par les usagers à l'information fournie par les technologies avancées <https://hal.science/hal-01670619/document>
- [21] Se déplacer en ville: panorama de la mobilité urbaine à travers le monde https://shs.hal.science/halshs04483677/file/Lesteven%2C%202024%2C%20Se%20d%C3%A9placer%20en%20ville_Chapitre1_Syst%C3%A8mes%20de%20mobilit%C3%A9%20urbaine.pdf
- [22] Pas de transition énergétique sans réseau intelligent <https://www.cairn.info/revue-responsabilite-et-environnement-2015-2-page-78.htm>
- [23] Entre Europe et Chine, des gares insolites au carrefour des mondes <https://hal.science/hal-01270451/document>
- [24] Application des réseaux de neurones artificiels dans le contrôle de la tension des réseaux de distribution intelligents https://dspace.univouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/30285/1/M%C3%A9moire%20Finale%20badro%20_c_ompressed.pdf
- [25] La ville intelligente, de l'administration à la gouvernance <https://www.cairn.info/revue-reseaux-2019-6-page-105.htm>
- [26] S. K. Fondamentaux de l'énergie solaire photovoltaïque. Renewable Energy, 2019. <https://www.researchgate.net/publication/333999825>
- [27] J. M. Conception et fonctionnement des systèmes photovoltaïques. IEEE Transactions on Sustainable Energy, 2020. [IEEE Xplore] <https://ieeexplore.ieee.org/>
- [28] Agence Internationale de l'Énergie. Guide de conception de systèmes PV, 2021. [Publications de l'AIE] <https://www.iea.org/>
- [29] R. H. Conditionnement de puissance pour les systèmes PV. Journal of Solar Energy Engineering, 2018. [ASME Digital Collection] <https://asmedigitalcollection.asme.org/>
- [30] T. L. Solutions de stockage pour les systèmes solaires. Energy Storage Journal, 2021. [Elsevier] <https://www.elsevier.com/>
- [31] The International Association of Public Transport | UITP. (n.d.). UITP. <https://www.uitp.org/>
- [32] Accueil - Agence de la transition écologique. (2023, March 3). Agence De La Transition Écologique. <https://www.ademe.fr/>
- [33] Accueil - Agence de la transition écologique. (2023, March 3). Agence De La Transition Écologique. <https://www.ademe.fr/>
- [34] APTAAdmin. (2024, October 29). Home - American Public Transportation Association. American Public Transportation Association. <https://www.apta.com/>
- [35] EDF ENR. (2024, August 2). *Panneaux photovoltaïque - Définition.* <https://www.edfenr.com/lexique/panneaux-solaires/>

Référence

- [36] *Quel régulateur solaire choisir? PWM ou MPPT?* (n.d.). MyShop Solaire. <https://www.myshop-solaire.com/quel-regulateur-solaire-choisir-pwm-ou-mppt- r 80 a 183.html>
- [37] Jeremi, & Jeremy. (2023, September 6). Parafoudre et paratonnerre : quelle est la différence ? *IZI by EDF*. <https://izi-by-edf.fr/blog/parafoudre-paratonnerre-difference/>
- [38] EDF ENR. (2024a, August 2). *Batterie de stockage solaire - Définition*. <https://www.edfenr.com/lexique/batterie-de-stockage/>
- [39] *SIM800L MODULE GSM /GPRS*. (n.d.). <https://www.orbit-dz.com/product/sim800l/>
- [40] Lejeune, O. (n.d.). *Qu'est-ce que Arduino? Définition et description simple*. © 2004 2024. <https://www.positron-libre.com/electronique/arduino/arduino.php>
- [41] **Duckett, J. (2014).** *HTML and CSS: Design and Build Websites*. Wiley.
- [42] **Duckett, J. (2014).** *JavaScript and JQuery: Interactive Front-End Web Development*. Wiley.
- [43] **Nixon, R. (2018).** *Learning PHP, MySQL & JavaScript: With jQuery, CSS & HTML5*. O'Reilly Media.
- [44] **Owens, M. (2010).** *The Definitive Guide to SQLite*. Apress.
- [45] **Beizer, B. (2003).** *Software Testing Techniques*. Dreamtech Press.
- [46] **Anderson, R. (2010).** *Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems*. Wiley.
- [47] **Laudon, K. C., & Traver, C. G. (2020).** *E-Commerce 2020: Business, Technology and Society*. Pearson.
- [48] La BnF propose des ressources approfondies sur l'histoire de Paris et peut disposer de documents détaillés concernant "Les Carrosses à Cinq Sols.
- [49] La bibliothèque numérique Gallica propose de nombreux documents et images historiques sur l'histoire de la France, y compris les développements en matière de transport comme "Les Carrosses à Cinq Sols".
- [50] Le « Chemin-de-fer Américain », une ligne de tramways hippomobiles établie lors de l'exposition de 1867.
- [51] Extrait de la carte postale ancienne éditée par CM N° 558 (Paris, la Gare de l'Est).
- [52] Tramway de Rouen à Bon-Secours et à Mont-Esnard - Dans la cavée - Vue sur la colline de Bon-secours.
- [53] Busmania. (2024, January 9). L'histoire des transports en commun urbains. *Busmania*. <https://www.busmania.fr/lhistoire-des-transports-en-commun-urbains.html>
- [54] Bundesarchiv Bild 183-S50155, Berlin, Daimler-Doppeldecker-Bus.
- [55] Du Canada Statistique Canada, G. (2024, October 17). *Recettes d'exploitation du transport en commun urbain et déplacements de passagers, données mensuelles, 2019 à 2024*. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/241017/cg-c001-fra.htm>