



RAPPORT FINAL

SUR L'UTILISATION DE BUS

100 % ÉLECTRIQUES À BAYONNE

ET SAINT-SÉBASTIEN

Interreg
POCTEFA
E-MOBASK



UNIÓN EUROPEA
UNION EUROPÉENNE

Le projet E-MOBASK a été cofinancé à 65 % par le FEDER.

Table des matières

1. INTRODUCTION	3
1.1 Le projet E-MOBASK et le programme POCTEFA.....	3
1.2 Agents mobilisés dans le cadre de ce projet	3
1.3 Un engagement à réduire la pollution émise par son parc	6
2. ÉLECTROMOBILITÉ : ÉTAT ACTUEL	7
2.1 Propulsion	7
2.2 Éléments utilisés pour la recharge	14
2.3 Système de stockage de l'énergie	18
2.4 Pourquoi privilégier les moteurs hybrides et électriques, plutôt que le diesel ? Le TCO	24
3. BUS DE 12 MÈTRES 100 % ÉLECTRIQUES À SAINT-SÉBASTIEN (DBUS)	26
3.1 Les types de véhicules.....	26
3.2 Retour d'expérience sur les différentes lignes (Irizar i2e)	33
3.3 Retour d'expérience des différents véhicules	49
3.4 Principaux facteurs conditionnant le rendement et son impact	56
3.5 Bilan de l'utilisation à Saint-Sébastien	65
4. AUTOBUS 100% ELECTRIQUES DE 18 METRES A BAYONNE (SMPBA)	77
4.1 Projet Tram'Bus	77
4.2 Phase préparatoire.....	86
4.3 Exploitation ligne Tram'Bus T1	96
4.4 Maintenance.....	116
4.5 Aspects énergétiques	120
4.6 Aspects environnementaux.....	128
4.7 Résultat de Bayonne.....	130
5. CONCLUSIONS FINALES (SMPBA ET DBUS)	131

1. INTRODUCTION

1.1 Le projet E-MOBASK et le programme POCTEFA

Le présent rapport a été rédigé par la société DBUS et le Syndicat des Mobilités Pays Basque - Adour (SMPBA) dans le cadre du projet transfrontalier E-MOBASK, afin de promouvoir des transports publics urbains simples, intégrés et durables dans l'Eurocité basque.

Pendant les trois années du projet, de 2018 à 2020, les trois partenaires (la Compañía del Tranvía de San Sebastián, l'Autorité territoriale de transport du Gipuzkoa et le Syndicat des Mobilités Pays Basque - Adour) ont concentré leur action conjointe sur trois pôles pour dynamiser et améliorer les transports de la région :

- des informations plus accessibles, en trois langues, grâce aux différents supports de communication disponibles ;
- une billetterie intégrée entre les réseaux de transport de Bayonne et du Gipuzkoa ;
- un retour d'expérience concernant l'introduction des bus électriques et la réduction du CO₂ émis par les véhicules existants.

L'intégration de bus 100 % électriques dans le parc existant fait partie de ce troisième pôle d'action.

Le projet E-MOBASK a été cofinancé à 65 % par le Fonds européen de développement régional (FEDER) dans le cadre du programme Interreg V-A Espagne-France-Andorre (POCTEFA 2014-2020). Pour rappel, le POCTEFA a pour objectif de renforcer l'intégration économique et sociale de la zone frontalière Espagne-France-Andorre. Son aide se concentre sur la mise en place d'activités économiques, sociales et environnementales transfrontalières par le biais de stratégies communes pour un développement territorial durable.

1.2 Agents mobilisés dans le cadre de ce projet



1. CTSS (DBUS)

La Compañía del Tranvía de San Sebastián (CTSS) est l'entreprise chargée de gérer les transports publics urbains dans la ville de Donostia-San Sebastián (Saint-Sébastien), mission qu'elle mène actuellement sous le nom de DONOSTIABUS ou DBUS.

Fondée en août 1986, elle compte parmi les plus anciennes entreprises de la province. Au cours de ses presque 133 ans d'existence, l'entreprise s'est efforcée de couvrir les besoins en transport urbain des habitants de Saint-Sébastien, en utilisant quatre systèmes de transport différents : des tramways hippomobiles, des tramways électriques, des trolleybus et enfin des autobus, qui sont actuellement en circulation.

La compagnie a travaillé en collaboration avec la municipalité jusqu'au 30 septembre 1981, date fondamentale dans l'histoire de la Compañía del Tranvía de San Sebastián, la municipalité de Donostia (Saint-Sébastien) ayant acquis la majorité du capital social de l'entreprise. La compagnie a alors cédé les lignes Rentería et Beraun (car toutes deux se situaient en dehors de la municipalité), pour concentrer son activité exclusivement sur la zone de Donostia-San Sebastián.

En 2005, la Compañía del Tranvía de San Sebastián a adopté l'actuel nom commercial de DONOSTIABUS, également abrégé DBUS. La même année, DONOSTIABUS a apposé son nouveau logo (rainette méridionale) sur ses véhicules, en incorporant également le bleu, couleur de Saint-Sébastien, et le vert (signe de son engagement en faveur de l'environnement).

Depuis 2005, la compagnie s'est considérablement développée, évolution qui se traduit par une offre de meilleure qualité, proposant davantage de services, d'horaires et de lignes, si bien que 99 % des habitants de la municipalité ont accès à un bus à proximité de leur domicile. Parallèlement, DBUS a su élaborer et déployer des avancées technologiques qui améliorent le fonctionnement de ses services. Enfin, cette entreprise se distingue par son engagement clair en faveur de l'environnement et de la mobilité durable.

Sa flotte compte actuellement 132 autobus (28 bus articulés de 18 mètres de long, 11 minibus, 3 autobus de 10 mètres de long et 90 autobus de 12 mètres de long, dont 3 électriques, 20 hybrides et 67 diesel). Ces véhicules circulent sur un réseau de 29 lignes de jour et 9 lignes de nuit. Pour développer son activité, l'entreprise emploie plus de 500 salariés.

2. SMPBA



Le Syndicat des Mobilités Pays Basque – Adour (SMPBA) est l'autorité organisatrice de la mobilité sur son ressort territorial, constitué du territoire de la Communauté d'Agglomération du Pays Basque (CAPB) et de la commune de Tarnos (Département des Landes). Il organise et assure l'exploitation des services de transports réguliers de personnes urbains et non urbains sur son territoire, ainsi que les services de transport scolaire. Dans ce cadre, il aménage l'ensemble des axes structurants de transports collectifs (voirie d'intérêt communautaire). Il concourt au développement des modes de déplacement terrestres non motorisés et des usages partagés de véhicules terrestres à moteur.

Le Syndicat des Mobilités pilote une multitude de services au travers différents types de contrats (Délégation de Service Public (DSP), marchés publics) : transports collectifs urbains, interurbains et scolaires, services vélos etc. L'ensemble de ces services de mobilités fonctionne encore sous leur propre identité, mais depuis mi-2019, la marque ombrelle « Txik-Txak » vient progressivement regrouper ces services.

Au 1er mars 2019, la flotte de véhicules affectés aux différents réseaux de transport collectif décrits plus haut compte 206 véhicules (bus standards, bus articulés, minibus, transport PMR, autocars).

Le Syndicat est propriétaire de 59% de cette flotte, le reste des véhicules appartenant à ses exploitants et leurs sous-traitants.

« Chronoplus » est la marque commerciale du réseau de transport en commun urbain du Nord-Ouest du territoire, le plus dense (11 communes : Bayonne, Anglet, Biarritz, Tarnos, Boucau, St Pierre d'Irube, Bidart, Mouguerre, Arcangues, Bassussarry et Villefranque). Le Syndicat des Mobilités a confié l'exploitation du réseau Chronoplus à la société Keolis Basque Adour (KBA) dans le cadre d'une Délégation de Service Public (DSP) pour une durée de 5 ans et 9 mois (01/04/2017 au 31/12/2023).

3. Irizar e-mobility



Le groupe Irizar est composé de 13 entreprises (Irizar, Irizar e-mobility, Alconza, Datik, Hispacold, Masats et Jema) qui exercent leurs activités de production dans 13 usines réparties à travers le monde (Espagne, Maroc, Brésil, Mexique et Afrique du Sud). Nouvelle entreprise du groupe Irizar, Irizar e-mobility a été créée en 2016 pour proposer des solutions d'électromobilité aux agglomérations. Pour cela, Irizar e-mobility produit des bus 100 % électriques, mais aussi les infrastructures nécessaires à la recharge, la traction et le stockage d'énergie.

Irizar e-mobility s'est récemment doté d'une usine de production, située dans la municipalité d'Aduna (province de Gipuzkoa). Irizar e-mobility propose ainsi une technologie 100 % européenne, assortie de la garantie et qualité de service d'Irizar.

Son catalogue comprend des bus de 10,8 et 12 mètres, qui sont en service depuis 2014 dans différentes villes européennes (dont Saint-Sébastien). L'entreprise propose également des bus articulés et bi-articulés, et d'autres véhicules électriques utilisés en milieu urbain.

Parmi ses dernières nouveautés, figure l'autobus BRT (Bus Rapid Transit) de 18 mètres de long, dont le prototype a été testé à Donostia-San Sebastián entre juillet 2018 et janvier 2019.

4. Vectia Mobility



Vectia est un fabricant d'autobus urbains hybrides et électriques qui possède des bureaux à Saint-Jacques-de-Compostelle, Castejón et Saint-Sébastien, en Espagne. Cette entreprise a été créée en 2013 par Carrocera Castrosua et CAF pour mettre au point des bus hybrides et électriques offrant une solution durable nouvelle dans le domaine du transport urbain. En 2017, SODENA est entré au capital de Vectia. La marque, qui parie sur de nouvelles solutions pour le transport urbain, fabrique en Espagne des bus hybrides et électriques modulaires, concurrentiels, fiables et sûrs. Comme elle l'indique sur son site web, Vectia propose « une gamme innovante répondant à une proposition de valeur unique pour les villes qui sont tournées vers l'avenir et qui cherchent à offrir une meilleure qualité de vie à leurs habitants grâce à des transports avant-gardistes et durables en harmonie avec le cadre urbain, conçus pour réduire l'impact environnemental et favoriser un habitat plus sain pour tous. »

1.3 Un engagement à réduire la pollution émise par son parc

La stratégie Europe 2020 et le livre blanc sur les transports intitulé « Feuille de route pour un espace européen unique des transports - Vers un système de transport compétitif et économe en ressources » encouragent la modernisation du secteur des transports et la planification d'une mobilité urbaine durable.

L'objectif principal du livre blanc est de réduire de 60 % les émissions du secteur des transports d'ici 2050 (par rapport aux niveaux de 1990). Pour le transport urbain, il prévoit un passage à des véhicules et des carburants plus propres afin de réduire de 50 % le nombre de véhicules à carburants conventionnels d'ici 2030 et de les éliminer totalement des villes d'ici 2050.

Aujourd'hui, l'utilisation des bus électriques n'est pas sans difficulté, car cette technologie est encore en cours de développement. Le présent document étudie le fonctionnement des trois bus 100 % électriques Irizar i2e, de 12 mètres, utilisés par DBUS. Il se penche également sur le bus Vectia et sur les bus ieTRAM de 18 mètres 100 % électriques déployés à Bayonne.

2. ÉLECTROMOBILITÉ : ÉTAT ACTUEL

En décembre 2015, 195 pays ont signé le premier accord mondial contraignant autour du climat. Pour éviter les conséquences dangereuses liées au changement climatique, ils ont convenu de limiter le réchauffement de la planète à 2 degrés Celsius.

Le secteur des transports est responsable d'un quart des émissions de gaz à effet de serre (GES) en Europe et constitue la principale cause de pollution atmosphérique dans les villes. C'est pourquoi la Commission européenne a inscrit la décarbonisation des transports parmi ses priorités politiques, dans une optique de développement durable et de protection de l'environnement, mais aussi pour préserver l'économie de l'UE (étant donné sa forte dépendance énergétique vis-à-vis de pays tiers).

Cet objectif de décarbonisation table sur une réduction minimale de 60 % des GES, en prenant comme référence les valeurs de 1990. Le passage à d'autres carburants, comme le biodiésel, ou à des systèmes de propulsion alternatifs, comme les véhicules électriques, sont quelques-unes des principales mesures envisagées par la Commission européenne pour atteindre ses objectifs de décarbonisation et de réduction des GES.

La situation actuelle de l'électromobilité et les différentes technologies qui coexistent sont analysées ci-dessous. La suite de ce rapport présente également les caractéristiques techniques du modèle de bus Irizar i2e et de la borne de recharge Jema IF-100 afin d'analyser quelle technologie disponible à l'heure actuelle a été choisie par Irizar.

2.1 Propulsion

2.1.1 Hybride

Les bus hybrides associent un moteur à combustion interne classique (MCI) et un ou plusieurs moteurs électriques alimentés par une batterie (accumulateurs électrochimiques). Les véhicules hybrides se divisent en quatre catégories :

- micro-hybrides - le moteur démarre avec de l'énergie régénérée pour éviter le ralenti du moteur à combustion interne. Commercialement, ils sont vendus sous le nom de Stop&Start ;
- semi-hybrides (Mild Hybrid) - le système électrique est capable d'assister le moteur thermique, mais n'a pas la puissance suffisante pour entraîner le véhicule seul ;
- hybrides (Full Hybrid) - le système électrique est suffisamment puissant pour faire fonctionner le véhicule sans aucune assistance ;
- hybrides enchâssés - ils fonctionnent en mode électrique pendant un certain temps, avant de passer à un fonctionnement hybride conventionnel.



**SYNDICAT
DES
MOBILITÉS**
PAYS BASQUE - ADOUR

Le tableau suivant récapitule les quatre catégories de véhicules hybrides et leurs caractéristiques :

Fonctions	Micro-hybrides	Semi-hybrides	Hybrides	Hybrides enfichables
Fonction démarrage/arrêt	✓	✓	✓	✓
Assistance électrique	✗	✓	✓	✓
Freinage régénératif	✓	✓	✓	✓
Conduction électrique (VE)	✗	✗	✓	✓
Charge électrique (conduction)	✗	✗	✓	✓
Charge électrique (secteur)	✗	✗	✗	✓

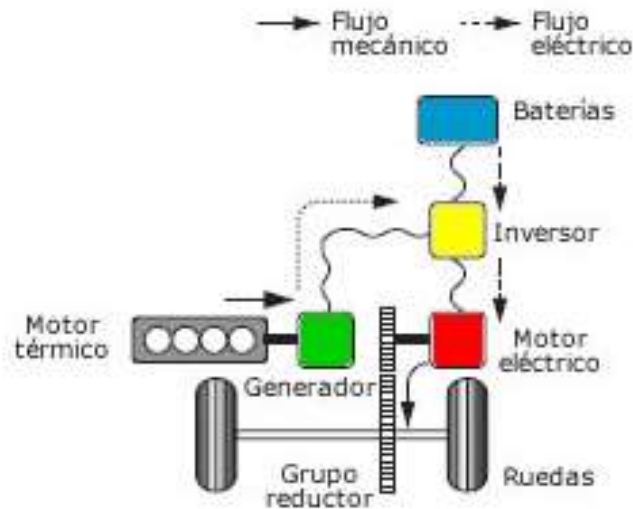
TYPES DE MOTEURS HYBRIDES ET CARACTERISTIQUES

Il existe deux types de moteurs hybrides :

1) Les moteurs hybrides série :

- Le moteur à combustion interne n'a pas de connexion mécanique avec les roues, mais sert uniquement à produire de l'électricité.
- Ce moteur fonctionne à un régime optimal et recharge la batterie jusqu'à ce qu'elle soit pleine, suite à quoi il se déconnecte temporairement.
- La traction est toujours électrique, puisque le moteur thermique sert exclusivement à produire de l'électricité.
- Comme ce dispositif ne dépend pas de la vitesse du véhicule, il est efficace pour les trajets dont la vitesse varie constamment, comme c'est (généralement) le cas en ville.

Le schéma ci-dessous montre le fonctionnement de ce type de moteur :

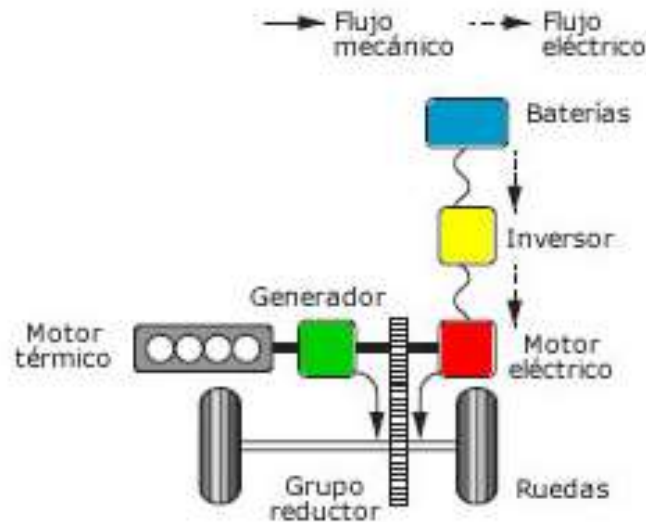


MOTEUR HYBRIDE SERIE

2) Les moteurs hybrides parallèles :

- Le moteur électrique et le moteur à combustion interne sont tous deux reliés aux roues du véhicule et peuvent fonctionner ensemble ou séparément.
- Le moteur électrique permet de réaliser des économies de carburant et d'éliminer les émissions de polluants, puisqu'il est alimenté par l'énergie stockée dans les batteries installées à l'intérieur du véhicule.
- Ces batteries peuvent être rechargées quand le véhicule est à l'arrêt, au moyen d'une prise de courant ou en passant par le générateur couplé au moteur à combustion interne (dans ce dernier cas, la force qui atteint les roues provient à la fois du moteur électrique alimenté par l'électricité du générateur, et du moteur à combustion classique).
- La transmission est alimentée simultanément par le moteur thermique et le moteur électrique.
- Bien que relativement simple, cette solution n'est pas la plus efficace.
- Comme elle est liée à la vitesse du véhicule, elle est plus efficace pour les trajets présentant de faibles variations de vitesse (par exemple, sur autoroute).

Le schéma ci-dessous montre le fonctionnement de ce type de moteur :



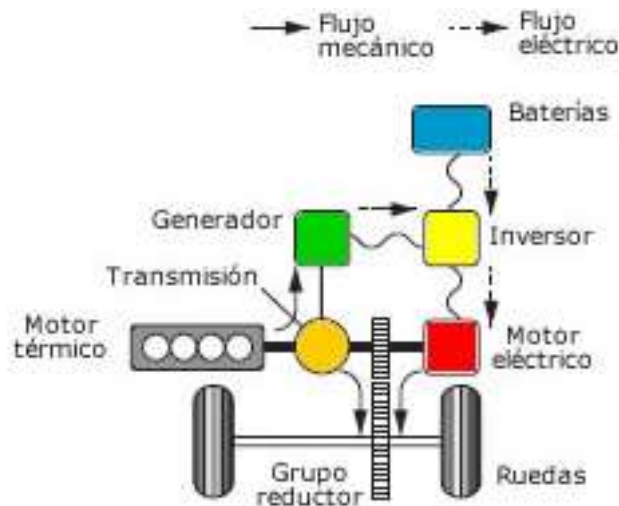
MOTEUR HYBRIDE PARALLELE

3) Les moteurs hybrides combinés (série-parallèle) :

- Ce type de moteur présente à la fois les avantages et les inconvénients des moteurs séries et parallèles.
- Le moteur peut soit alimenter directement le véhicule (comme dans la distribution parallèle), soit être coupé de sorte que seul le moteur électrique alimente le véhicule (comme dans la distribution en série).
- À faible vitesse, le fonctionnement est plus proche de la distribution en série, tandis qu'à vitesse plus élevée, la distribution en série étant moins efficace, le moteur prend le contrôle pour réduire la perte d'énergie.
- Ce moteur est plus coûteux que sur les systèmes purement parallèles, car il nécessite un générateur et un bloc de batteries plus importants, ainsi qu'une conception qui lui permette de contrôler le double système.
- Grâce à ses caractéristiques, il est plus efficace que les moteurs uniquement séries ou parallèles.

En bref : dans tous les cas, le moteur sert à faire rouler le véhicule. Le moteur hybride combiné est un moteur hybride série avec une connexion mécanique aux roues. S'il est vrai qu'elle est très efficace, cette solution est la plus complexe sur les plans mécanique et électronique. Elle associe un moteur hybride série et un moteur hybride parallèle.

Le schéma ci-dessous montre le fonctionnement de ce type de moteur :



MOTEUR HYBRIDE COMBINÉ

2.1.2 100 % électrique

Un bus électrique est un bus qui utilise l'énergie électrique exclusivement pour sa propulsion. Ce type de véhicule se divise en plusieurs catégories :

- les bus électriques dans lesquels l'énergie électrique est stockée à l'intérieur du bus lui-même. Bien qu'il existe d'autres systèmes de stockage, cette énergie électrique est habituellement emmagasinée dans des batteries, qui peuvent être rechargées soit dans les dépôts, soit via des recharges par opportunité ;
- les bus dans lesquels l'alimentation électrique est assurée en permanence de l'extérieur du véhicule, comme les trolleybus. L'énergie électrique peut être fournie par des câbles électriques, comme dans le cas des trolleybus, ou par des conducteurs sans contact au sol (il s'agit de l'induction, système beaucoup plus récent et pas encore disponible à grande échelle).

Le 12 mars 2015, la Commission européenne a envoyé une demande de normalisation au CEN/CENELEC, afin que ce comité prépare, avant la fin 2019, une proposition sur ce que devraient être les normes pour les infrastructures de ravitaillement en carburant alternatif.

Cette technologie étant déjà mise en œuvre dans différentes villes et chez différents opérateurs de transport, les acteurs en question (villes, opérateurs de transport, constructeurs de véhicules...) critiquent depuis le début ce délai très large.

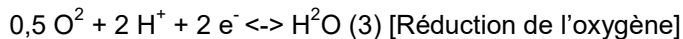
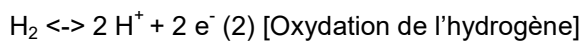
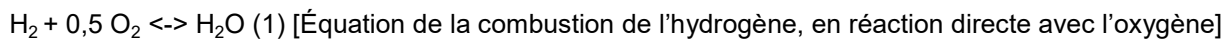
Aujourd'hui, un grand nombre d'organisations participent au processus de normalisation. De multiples conférences, séminaires et réunions de haut niveau sont également organisés pour discuter de l'avenir du bus électrique.

2.1.3 Pile à combustible

La pile à combustible est un convertisseur d'énergie. Son fonctionnement consiste essentiellement à transformer l'énergie chimique, stockée dans plusieurs réactifs, en énergie électrique. Elle produit ainsi un courant électrique capable d'alimenter différents appareils. Contrairement à un moteur à combustion interne, une pile à combustible est capable de transformer l'énergie chimique stockée dans les réactifs en énergie électrique, sans avoir à passer par les étapes de l'énergie mécanique et thermique, ce qui augmente l'efficacité du processus.

En résumé, la pile à combustible est un dispositif qui permet de transformer directement l'énergie chimique stockée dans les réactifs, en énergie électrique, par une série de réactions électrochimiques de manière continue, tant que l'approvisionnement en réactifs est maintenu.

Ce processus répond à la formule chimique suivante :



Le carburant (hydrogène) est fourni à une électrode (anode) sur laquelle un catalyseur est déposé pour accélérer la réaction d'oxydation du carburant. D'autre part, l'oxydant (oxygène) est fourni à une autre électrode, différente (cathode), sur laquelle un catalyseur est également déposé, ce qui permet, dans ce cas, d'augmenter la vitesse de la réaction de réduction. En reliant les deux électrodes, on obtient un flux constant d'électrons qui peut être utilisé, par exemple, pour alimenter un moteur électrique.

Aujourd'hui, les véhicules équipés de cette technologie ne sont pas commercialement viables car, bien que l'hydrogène soit l'élément le plus abondant sur terre, il n'existe pas à l'état pur. En outre, ce carburant est compliqué à stocker et l'infrastructure nécessaire à sa distribution n'existe pas non plus. Enfin, le coût de production d'un véhicule alimenté par pile à combustible est considérablement plus élevé que pour d'autres véhicules, notamment conventionnels.

2.2 Éléments utilisés pour la recharge

2.2.1 Prises de courant

Les modes de recharge des véhicules électriques sont étudiés et évoluent en permanence, au fur et à mesure que les véhicules électriques eux-mêmes sont perfectionnés. C'est ainsi que les différents modes de recharge sont désormais encadrés par une norme (norme internationale CEI 62196), qui distingue quatre catégories en fonction de leurs caractéristiques et utilisations :

- Mode 1 (charge lente) : dans le mode de recharge 1, le véhicule est branché sur une prise qui n'est pas exclusivement destinée à sa recharge. On utilise alors une prise secteur classique (de type SCHUKO). Ce système est le plus simple, puisqu'il nécessite uniquement de brancher le véhicule à l'aide d'un câble Schuko 230 V à une seule fiche. En temps normal, ce mode de recharge concerne les petits véhicules tels que les motos, les vélos électriques, les trottinettes, etc. La prise de courant ne comporte pas de sécurité et n'est pas recommandée pour les véhicules plus volumineux ;
- Mode 2 (charge lente ou semi-rapide) : le mode de charge 2 consiste à installer une alimentation munie d'une prise de type Schuko, qui est habituellement utilisée préférentiellement pour recharger le véhicule électrique en question. Cette alimentation doit être équipée de systèmes de protection adaptés. Le courant utilisé reste monophasé, avec une tension de 230 V (courant alternatif) ;
- Mode 3 (charge lente, semi-rapide ou rapide) : ce mode de recharge nécessite un dispositif appelé Wallbox (borne destinée exclusivement à la recharge des véhicules électriques), qui intègre différents systèmes de protection nécessaires pour sécuriser l'installation électrique et le véhicule. Le mode 3 est compatible avec les courants monophasé et triphasé. Par conséquent, selon les véhicules, il peut être utilisé pour recharger jusqu'à 32 A (plus de 7,2 kWh et 400 V). Le courant utilisé est toujours alternatif ;
- Mode 4 (charge rapide) : considéré comme rapide à partir de 50 kWh, ce mode de charge fournit un courant continu au véhicule. L'onduleur est situé dans l'équipement de recharge, et non dans le véhicule lui-même, contrairement aux trois autres modes ci-dessus.

Pour les bornes de recharge (mode de charge 3 tel que décrit dans la norme CEI 61751-1), une norme de branchement répondant aux exigences européennes et pouvant être utilisée dans tous les États membres n'a pas encore été définie.

Pour les voitures, les camions légers et les bus, la norme CEI 62196 prévoit deux types de prises : le type 2 et le type 3-c.



PRISES DE TYPE 2 (A GAUCHE) ET 3-C (A DROITE)

2.2.2 Pantographe

La recharge de nuit est la méthode la plus courante pour recharger les bus électriques : le véhicule est branché pendant plusieurs heures et dispose d'une batterie complètement chargée lorsqu'il est mis en circulation tous les jours.

L'alternative à la recharge de nuit est la recharge par opportunité, c'est-à-dire des recharges rapides et intenses dans des lieux stratégiques tout au long de l'itinéraire, recharges qui peuvent augmenter l'autonomie du véhicule. En général, cette méthode passe par un pantographe.

Il existe deux types de pantographes : les pantographes embarqués (intégrés dans le bus lui-même) et les pantographes inversés (intégrés dans l'infrastructure). Les avantages et les inconvénients des deux solutions sont présentés ci-dessous.

- Pantographe embarqué :

- Avantages :

- a) en cas de panne, un seul véhicule est touché ;
- b) la capacité de recharge maximale est de 600 kW.

- Inconvénients :

- a) le véhicule est plus lourd et coûteux ;
- b) la consommation d'énergie est plus élevée, en raison du point a).

- Pantographe inversé :

- Avantages :

- a) les véhicules nécessitent un équipement passif dont le poids est seulement d'environ 15 kg ;
- b) de par leur conception habituelle, les pantographes inversés sont compatibles avec des bus de différentes dimensions ou différents types de véhicules, tels que les camions de collecte des ordures.

- Inconvénients :

- a) en cas de panne, toute la ligne est touchée ;
- b) le transfert d'énergie est limité.



PANTOGRAPHES INVERSES SLS 102 (GAUCHE) ET SLS 201 (DROITE)

2.2.3 Induction

La recharge par induction, ou « sans fil », ne nécessite pas d'infrastructure physique pour relier le véhicule au réseau électrique. Au lieu de cela, le système crée un champ électromagnétique localisé autour d'une borne de recharge, champ qui est activé lorsqu'un véhicule électrique équipé d'un récepteur compatible est positionné au-dessus.

À l'heure actuelle, ce système fonctionne dans des endroits rares, où des essais pilotes sont en cours, de sorte qu'il n'est pas encore disponible commercialement pour une utilisation à grande échelle. À titre indicatif, cette technologie est actuellement testée dans certaines gares routières en Belgique, en Allemagne, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni ou en Suède (pour la recharge de voitures uniquement). En Espagne, cette solution est testée par l'EMT à Madrid.

En 2012, dans le cadre du septième programme-cadre de recherche et de développement technologique (7^e PC), le projet UNPLUGGED a réuni 17 acteurs du secteur et de différents pays européens afin de collaborer pour le développement et l'utilisation de cette technologie. Trois cas de figure sont possibles, selon les caractéristiques :

- 1) Recharge statique (STATIONARY charging)
 - a. Il est possible d'immobiliser le véhicule pendant un laps de temps moyen/long (> 5 minutes).
 - b. Le conducteur ne compte pas utiliser le véhicule immédiatement.
 - c. Utilisations possibles : stationnement à domicile/au bureau/au supermarché...

- 2) Recharge statique au cours de l'itinéraire (EN-ROUTE charging)
 - a. Il est possible d'immobiliser le véhicule pendant un laps de temps court (< 5 minutes).
 - b. Le conducteur restera très probablement dans le véhicule.
 - c. Utilisations possibles : feux de circulation, arrêts de bus, stations de taxis...

- 3) Recharge dynamique au cours de l'itinéraire (dynamic EN-ROUTE charging)
 - a. Le véhicule est en mouvement.
 - b. Le conducteur se dirige vers un point.
 - c. Utilisations possibles : autoroutes et routes stratégiques

Le projet UNPLUGGED a principalement permis le développement, la production et le déploiement de deux bornes de recharge, pour les véhicules transportant des personnes (3,7 kW) et pour les utilitaires légers (50 kW). Parmi les autres résultats, deux technologies ont été élaborées : un système de localisation à 10 cm près, qui combine une caméra, la technologie RFID et un panneau adapté aux informations embarquées ; et un système de communication sans fil interopérable entre le véhicule et la borne de recharge.

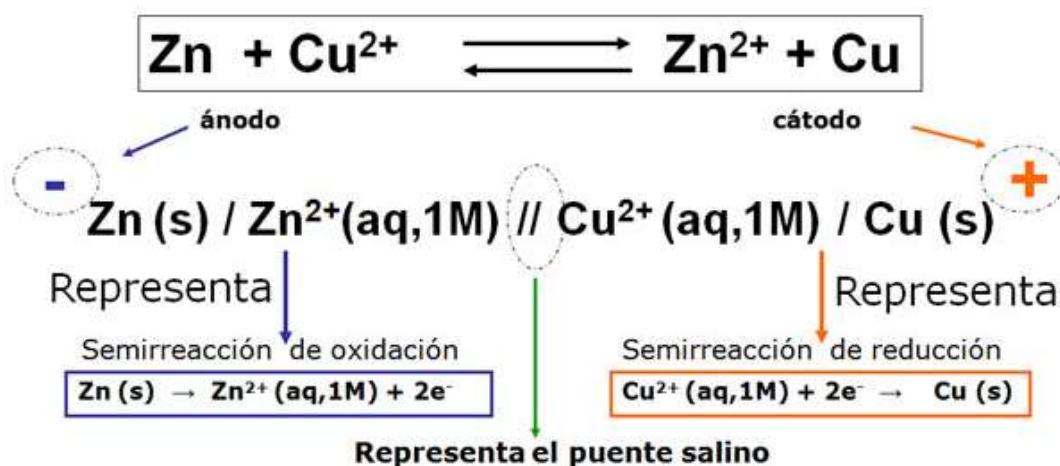
2.3 Système de stockage de l'énergie

2.3.1 Batterie

Dans tout véhicule électrique, l'un des composants les plus importants est la batterie. Son importance est telle que l'autonomie et le prix du véhicule dépendent de sa taille et de son type. Cet accumulateur d'énergie stocke l'électricité au moyen d'éléments électrochimiques, selon un processus qui réduit au maximum les pertes et permet ainsi un rendement proche de 100 %. Cependant, le nombre de cycles complets de charge et de décharge que peuvent accomplir les batteries n'est pas infini (cycle de vie de la batterie).

Du point de vue du fonctionnement chimique, sur les véhicules électriques, les différents types de batteries utilisent l'énergie libérée par les réactions d'oxydoréduction pour produire un courant électrique. Ainsi se résume le processus de décharge, tandis que la recharge reprend le même principe, à l'inverse (utilisation d'un courant électrique pour produire un changement chimique).

La réaction d'oxydoréduction (« redox ») est un processus par lequel l'un des composants de la batterie perd des électrons tandis que l'autre en gagne, c'est-à-dire que l'un s'oxyde et l'autre se réduit. Une batterie est constituée de deux électrodes (anode et cathode) immergées dans un électrolyte. Tandis que l'un s'oxyde, le second gagne des électrons (réduction). C'est le cas lors du processus de décharge : le signal électrique va dans le sens opposé au flux d'électrons, c'est-à-dire du pôle positif (cathode) au pôle négatif (anode). Dans le processus de charge, la cathode et l'anode sont inversées : la seconde récupère les électrons perdus lors du processus de décharge de la batterie.



REACTION D'OXYDATION : REPRESENTATION D'UNE BATTERIE

Les principales caractéristiques à examiner lorsqu'il s'agit des batteries pour véhicules électriques sont les suivantes :

- la densité d'énergie. Énergie pouvant être fournie par la batterie pour chaque kg. Plus elle est élevée, plus l'autonomie du véhicule est grande ou plus son poids est faible. La densité d'énergie se mesure en Wh/kg ;
- la puissance. Il s'agit de la capacité à fournir un ampérage maximal pendant le processus de décharge. Plus la puissance est élevée, plus le véhicule est performant. La puissance se mesure en W/kg ;
- l'efficacité. Il s'agit du rendement de la batterie (énergie réellement utilisée par rapport à l'énergie consommée). L'efficacité se mesure en pourcentage ;
- le cycle de vie. Cette donnée indique le nombre de cycles complets de charge et de décharge que peut effectuer la batterie avant de devoir être remplacée. Plus le nombre de cycles est important, plus la durée de vie de la batterie est longue.

Les principaux types de batteries pour les véhicules électriques sont répertoriés ci-dessous.

Batteries lithium-ion

Ces batteries récentes sont composées d'un électrolyte à base de sel de lithium et d'électrodes en lithium et oxyde de cobalt. L'utilisation de nouveaux matériaux tels que le lithium permet d'obtenir des énergies spécifiques élevées et efficaces, tout en éliminant l'effet mémoire et les opérations d'entretien, et tout en facilitant le recyclage des déchets. Par rapport à d'autres modèles, par exemple au nickel-cadmium, les batteries lithium-ion ont une densité deux fois plus élevée et un volume inférieur de 30 %. Cependant, leur production est coûteuse et elles doivent être stockées avec soin (dans un endroit frais). Les batteries lithium-ion représentent aujourd'hui la meilleure option pour une utilisation dans les véhicules électriques, mais de nombreuses améliorations sont encore possibles.

Batteries lithium-fer-phosphate

Les batteries lithium-fer-phosphate sont une variante des batteries lithium-ion. Plus sûres et plus stables, elles offrent une durée de vie plus longue et une plus grande puissance. Cependant, leur densité est plus faible, ce qui diminue la quantité d'énergie qu'elles peuvent accumuler par kg de leur poids. Toutefois, leur coût de production est considérablement moins élevé, ce qui explique qu'elles soient souvent privilégiées pour les véhicules électriques.

Batteries lithium-manganèse

Ce type de batterie a pour avantage d'être très peu polluante, tout en conservant une tension plus élevée et en supportant mieux la chaleur. Son principal inconvénient est sa densité d'énergie, qui se traduit par une faible capacité de stockage par kg de son poids.

Batteries lithium-nickel-cobalt-manganèse

Ce type de modèle est une combinaison des variantes ci-dessus. Très bon équilibre entre les performances et le coût, la batterie lithium-nickel-cobalt-manganèse compte parmi les options les plus attrayantes et les plus populaires pour les véhicules électriques. Elle possède l'une des meilleures densités d'énergie, sa durée de vie utile est longue et, de plus, elle est compatible avec les hautes tensions.

Batteries lithium-polymère

Les batteries lithium-polymère sont une autre variante du lithium-ion, avec dans ce cas quelques améliorations telles qu'une densité d'énergie et une puissance plus élevées. Légères et efficaces, elles ne présentent aucun effet mémoire. Leur cycle de vie court et leur coût élevé sont leurs principaux inconvénients. Elles ne sont pas très répandues.

Batteries lithium-titane

C'est la variante au lithium qui offre la plus grande durée de vie. En effet, ce type de batterie peut résister à 12 000 recharges, ce qui dépasse de loin les autres modèles de batteries. Sa densité d'énergie affiche un bon rapport énergie emmagasinée/poids. Son principal inconvénient est son coût élevé en raison de l'utilisation du titane.

Batteries au plomb

Ce type de batterie, le plus utilisé et le plus ancien, se compose de deux électrodes, une positive et une négative, reliées en circuit fermé pour générer un courant électrique lorsque les électrons circulent spontanément d'une électrode à l'autre. L'électrode positive est constituée d'une plaque de plomb recouverte d'oxyde de plomb (II) PbO_2 , tandis que l'électrode négative est constituée de plomb spongieux. Ces batteries utilisent une solution d'acide sulfurique comme électrolyte. Leur faible coût les rend idéales pour les fonctions de démarrage, d'éclairage ou d'assistance électrique. C'est pourquoi elles sont utilisées comme batteries dans les petits véhicules. Elles ont pour inconvénients un poids excessif, la toxicité du plomb et la lenteur de la recharge.

Batteries nickel-fer

Ce type de batterie contient de l'oxyde de nickel (III). Les plaques positives utilisent un hydroxyde et les plaques négatives contiennent du fer, le tout complété par un électrolyte d'hydroxyde de potassium. Les matériaux actifs sont conservés dans des tubes en acier nickelé ou dans des sacs perforés. Parce que ces différents éléments ont un coût élevé, la batterie nickel-fer n'est pas privilégiée par les fabricants. Elle est davantage utilisée dans les avions, les hélicoptères et les véhicules militaires en raison de ses bonnes performances à basse température. Très robuste, résistante aux chocs et capable de maintenir une longue durée de vie, cette batterie présente néanmoins un faible rendement, compris entre 65 et 80 %.

Batteries nickel-hydrure métallique

Ce type de batterie utilise une anode en oxyhydroxyde de nickel (NiOOH) et une cathode en alliage d'hydrure métallique. Elle permet d'éliminer le cadmium, qui est coûteux (et dangereux pour l'environnement). En bref, cette batterie similaire à la variante nickel-cadmium, jouit d'une meilleure capacité et réduit l'effet mémoire, ainsi que l'aspect polluant. Cependant, elle nécessite un entretien constant et se détériore face aux températures élevées, aux courants de décharge importants et aux surcharges. En outre, elle chauffe beaucoup et sa recharge est lente.

Batteries ZEBRA (Na-Ni)

Ces batteries, également appelées batteries à sels fondus, fonctionnent à 250 °C et utilisent comme électrolyte un aluminat de sodium broyé. Il s'agit d'une batterie complexe à teneur chimique plus élevée, mais dont les caractéristiques énergétiques et la puissance sont compétitives. L'électrolyte se solidifie lorsqu'il n'est pas utilisé, et nécessite donc un temps de fusion pouvant aller jusqu'à deux jours pour atteindre une température optimale. De tous les types de batteries, c'est celle qui possède le meilleur cycle de vie, mais elle est volumineuse et peu puissante.

Batteries aluminium-air

Connues sous le nom de « piles à combustible », ces batteries utilisent un dispositif électrochimique, capable de convertir directement l'énergie chimique contenue dans un combustible, en énergie électrique. Cette transformation électrochimique (sans combustion) n'est pas limitée par le rendement de Carnot, si bien que son efficacité est élevée et ses applications potentielles sont très nombreuses. Ces batteries possèdent une capacité de stockage jusqu'à dix fois supérieure à celle des batteries lithium-ion et une densité d'énergie bien supérieure aux autres batteries. Néanmoins, elles n'ont pas été largement adoptées en raison de leurs problèmes de recharge et de fiabilité. Leur développement est à un stade expérimental.

Batteries zinc-air

Comme la batterie aluminium-air, celle-ci est à un stade expérimental, bien que son développement soit plus avancé. Ces batteries nécessitent de l'oxygène issu de l'atmosphère pour générer un courant. Leur potentiel énergétique est élevé ; elles sont fiables et, pour un même volume, leur capacité de stockage est trois fois plus importante qu'une batterie lithium-ion. De tous les types de batteries analysés ici, c'est celui qui présente le plus grand potentiel.

Le tableau ci-dessous compare certains types de batteries présentés ci-dessus (les plus utilisées) :

Tipo de baterías recargables	Energía (Wh/kg)	Energía/volumen (Wh/litro)	Potencia/Peso (W/kg)	Número de ciclos	Eficiencia energética-%
Zebra (NaNiCl)	125	300		1.000	92,5
Polímero de litio	200	300	>3.000	1.000	90,0
Iones de litio	125	270	1.800	1.000	90,0
Niquel-Hidruro Metálico (NiMH)	70	140-300	250-1.000	1.350	70,0
Niquel Cadmio (NiCd)	60	50-150	150	1.350	72,5
Plomo-ácido	40	60-75	150	500	82,5

COMPARAISON DES PRINCIPAUX TYPES DE BATTERIES

Et voici un tableau comparatif des batteries au lithium :

Bateria	LiFePO4	LiCoO2	LiMn2O4	Li(NiCo)O2
Seguridad	Segura	Inestable	Aceptable	Inestable
Contaminacion medioambiental	La mas ecologica	Muy contaminante		Muy contaminante
Durabilidad	Excelente	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Relacion fuerza/peso/capacidad	Aceptable	Buena	Aceptable	La mejor
Costo a largo plazo	Excelente	Alto	Aceptable	Alto
Temperatura de trabajo	Excelente (-20C to 70C)	Decae mas alla de (-20C to 55C)	Decae rapidamente a mas de 50 C	-20C to 55C

COMPARAISON DES PRINCIPAUX TYPES DE BATTERIES AU LITHIUM

En raison de leurs caractéristiques, les batteries lithium-ion sont souvent utilisées pour la recharge rapide des véhicules électriques et d'autres appareils, tels que les outils électriques, l'éclairage de secours ou les systèmes d'énergie solaire.

Parallèlement, les données montrent que la batterie lithium-phosphate de fer est la plus écologique. Les batteries lithium-ion pèchent principalement par leur sécurité, car la surcharge et la surchauffe peuvent provoquer des incendies et des explosions, sauf pour la batterie LiFePO4, qui, comparativement, s'avère plus sûre.

2.3.2 Ultra-condensateur

Un ultra-condensateur, également appelé « condensateur double couche », est un condensateur électrochimique qui présente une densité d'énergie exceptionnellement élevée. Les ultra-condensateurs ne nécessitent pas de matériau diélectrique, de sorte qu'ils peuvent être fabriqués dans presque toutes les dimensions, de la taille d'un timbre (pour les téléphones portables) aux grands volumes (pour les véhicules). Ces dispositifs fonctionnent en polarisant une solution électrolytique, ce qui permet de stocker l'énergie électrique de manière statique. Par rapport à une batterie rechargeable, l'ultra-condensateur présente cinq différences :

- les cycles de charge. Les ultra-condensateurs peuvent être chargés et déchargés des centaines de milliers, voire des millions de fois, sans perte d'efficacité ;
- la durée nécessaire pour les recharger. Comme ils ne reposent pas sur des réactions chimiques, les ultra-condensateurs se chargent et se déchargent très rapidement ;
- les dimensions et le poids. Les ultra-condensateurs sont plus petits et plus légers que les batteries ;
- la densité d'énergie. Les ultra-condensateurs stockent entre un cinquième et un dixième de ce que stocke une batterie ;
- la libération d'énergie. Les ultra-condensateurs libèrent leur charge très rapidement. Dans les véhicules électriques, ces explosions d'énergie sont très utiles pour, par exemple, surmonter des obstacles tels que des pentes raides.

Les ultra-condensateurs ont de multiples applications, de l'alimentation de la mémoire dans les systèmes essentiels, à la fourniture d'énergie sous forme d'impulsions dans les systèmes à forte puissance. La capacité de stockage des ultra-condensateurs n'est pas aussi importante que sur les batteries, mais ils peuvent fournir ou absorber les impulsions d'énergie, ce qui atténue les pics de courant associés aux batteries. Par conséquent, la tendance générale ne consiste pas à remplacer complètement les batteries, mais à les compléter, afin de réduire leurs dimensions et de prolonger leur durée de vie.

Différents projets et études s'intéressent au déploiement de cette technologie dans les véhicules électriques. Parmi eux, le projet « Hyheels » (High Capacity Hybrid Electric Energy Storage) s'efforce d'optimiser les caractéristiques thermiques, le poids et le coût d'un système de stockage et de fourniture d'énergie reposant sur des ultra-condensateurs, afin de pouvoir l'utiliser dans des véhicules hybrides et à pile à combustible.

2.4 Pourquoi privilégier les moteurs hybrides et électriques, plutôt que le diesel ?

Le TCO

La principale justification des bus hybrides et électriques par rapport au diesel est le respect de l'environnement, puisque ces deux types de véhicules sont associés à une réduction des émissions polluantes.

Dans des conditions identiques, à savoir 200 km/jour et une utilisation 330 jours par an :

Bus diesel E6

- Consommation : 50 l/100 km
- Émet 279 kg de CO₂ par jour
- Émet 92 000 kg de CO₂ par an

9 000 bus urbains au diesel en Espagne émettent 828 000 tonnes de CO₂ par an.

Bus hybride

- Réduction de 25 % de la consommation
- Émet 43,4 kg de CO₂ par jour
- Émet 13 000 kg de CO₂ par an

**9 000 bus urbains hybrides émettraient 621 000 tonnes de CO₂ par an.
207 000 tonnes < le diesel**

Bus électrique

- Réduction de 100 % des émissions directes en milieu urbain
- Émet 0 kg de CO₂ par jour
- Émet 0 kg de CO₂ par an

9 000 bus urbains électriques en Espagne émettent 0 tonne de CO₂ par an. (*)

828 000 tonnes < le diesel

Malgré l'absence d'émissions directes dans les zones urbaines, les bus électriques ne peuvent pas encore être considérés comme des véhicules zéro émission, puisque l'énergie électrique utilisée pour leur propulsion ne provient pas entièrement de sources renouvelables.

Ils contribuent toutefois à une meilleure qualité de l'air dans les villes précisément grâce à cette absence d'émissions directes en phase d'utilisation (CO₂, NO_x).

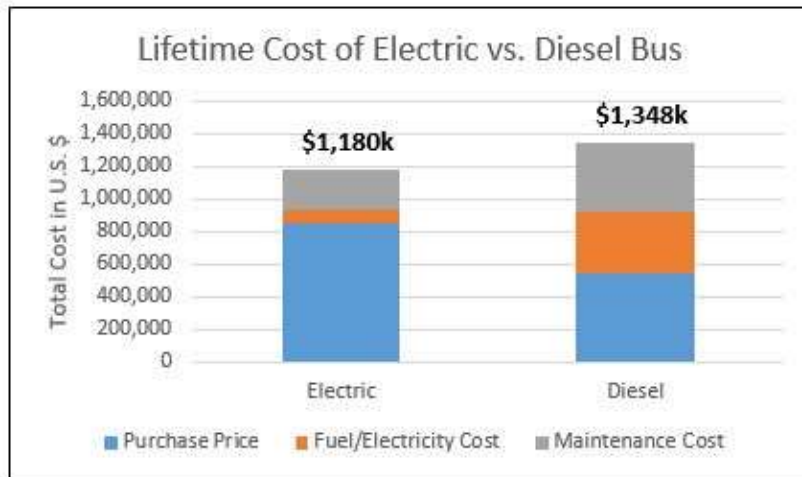
Remarque :

2,79 kg de CO₂ = 1 l de gazole

Émissions de CO₂ = (kWh/an x 181 g CO₂/kWh) = g de CO₂/an

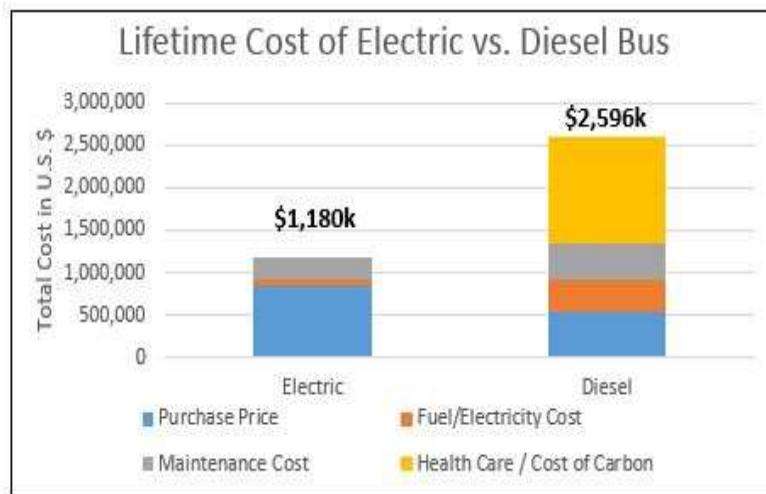
Le TCO (Total Cost of Ownership, coût total associé à la possession d'un véhicule) englobe l'ensemble des coûts pris en charge par le client, de l'acquisition jusqu'à la fin de la vie utile du véhicule.

L'Electric Power Research Institute (institut de recherche sur l'énergie électrique) et le NRDC ont estimé que le TCO d'un bus électrique est inférieur à celui d'un bus diesel, avant même d'intégrer des facteurs externes tels que l'impact environnemental dans l'analyse.



COÛT, SUR TOUTE SA DURÉE DE VIE, DU VÉHICULE ÉLECTRIQUE COMPARATIVEMENT AU DIESEL, SANS LES FRAIS EXTERNES

Une fois ajoutés les coûts externes liés à l'effet sur la santé humaine ou le coût du charbon, le TCO marque un écart plus important, et encore plus favorable au véhicule électrique par rapport au diesel.



COÛT, SUR TOUTE SA DURÉE DE VIE, DU VÉHICULE ÉLECTRIQUE COMPARATIVEMENT AU DIESEL, AVEC LES FRAIS EXTERNES

En résumé, s'il est vrai que le prix du véhicule électrique est plus élevé, cette étude montre que le coût total, sur toute la durée de vie utile, est inférieur à celui d'un véhicule classique, la différence étant encore plus marquée quand on intègre dans l'analyse d'autres frais externes, tels que l'effet sur la santé humaine ou le coût du charbon.

3. BUS DE 12 MÈTRES 100 % ÉLECTRIQUES À SAINT-SÉBASTIEN (DBUS)

3.1 Les types de véhicules

3.1.1 Irizar i2e

Le modèle de bus 100 % électrique qui a été ajouté au parc de véhicules est l'**Irizar i2e**, qui offre une solution durable et éco-efficace en réponse aux besoins de mobilité urbaine des villes actuelles et futures. Ce modèle a pour avantages son efficacité et sa fiabilité (il est doté d'une batterie largement éprouvée), tout en permettant de multiples personnalisations pour les opérateurs.

Les émissions directes dans l'environnement urbain sont de 0 % ; les émissions associées à ce véhicule émanent des centres de production d'énergie. En ce qui concerne l'empreinte carbone, elle est, selon le constructeur, inférieure de 86 % à celle d'un bus classique (8,45 grammes d'équivalent CO₂ par kilomètre parcouru et par passager). Outre l'absence d'émissions dans l'environnement urbain, ce bus a pour autre avantage important de ne produire aucun bruit et ni aucune vibration pour les passagers.



L'IRIZAR I2E QUI A INTEGRÉ LE PARC DE VÉHICULES DBUS

La proximité géographique, une culture d'entreprise similaire et le fait de parler la même langue : grâce à tous ces facteurs, Irizar constitue un fournisseur de qualité pour DBUS, capable de garantir un service complet et la maintenance des autobus. Cet enjeu est d'autant plus important que, s'agissant d'une technologie qui n'est pas encore totalement au point, les imprévus sont plus fréquents.

En outre, aux côtés de Solaris, VDL et Volvo, Irizar fait partie du groupe de fabricants européens qui ont convenu d'une interface de recharge ouverte en 2016. L'objectif est de permettre l'interopérabilité des bus électriques grâce à une infrastructure de recharge fournie par ABB, Heliox et Siemens, établissant ainsi une norme européenne commune pour les systèmes de bus électriques.

Caractéristiques techniques du véhicule

Dimensions :

- Longueur (axes) : 11,98 m (2 axes).
- Hauteur maximale : 3,22 m.
- Largeur : 2,55 m.
- Empattement : 5,77 m.
- Porte-à-faux avant/arrière : 2,805 m/3,405 m.
- Hauteur intérieure : 2,4 m.
- Hauteur de plancher : 3,4 m.
- Angle d'attaque : 6,5 °.
- Angle de fuite : 7 °.
- Hauteur des marches, porte 1 : 250 mm (320 mm sans agenouillement).
- Hauteur des marches, portes 2 et 3 : 270 mm (340 mm sans agenouillement).
- Largeur de la porte (porte 1) : 1 200 mm.
- Largeur de la porte (porte 2) : 1 200 mm.
- Largeur de la porte (porte 3) : 1 050 mm.
- Diamètre de braquage : 23,68 m.
- Trois doubles portes.
 - Deux zones ou une zone pour fauteuils roulants.
 - Quatre sièges pour PMR.
- 24 passagers assis.
- Capacité totale : 76 passagers.

Système de stockage de l'énergie :

Caractéristiques techniques des batteries :

- Type : Na-Ni.
- Tension nominale : 600 V/650 V.
- Capacité totale : 376 kWh.
- Ultra-condensateurs : 125 V.

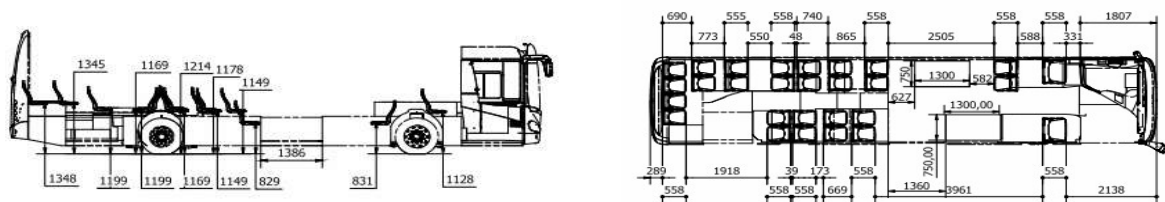
Recharge :

- Sur prise (combo standard) : 125 A.
- Temps de recharge : 6 h.
- Gestion du stockage de l'énergie au fur et à mesure.

Équipement :

- Éclairage intérieur et extérieur par LED.
- Système de climatisation pour le conducteur (3,5 kW) et pour les passagers (35 kW)
- Double vitrage.
- Aide au démarrage en côte (maintient le bus à l'arrêt pendant quelques secondes lorsqu'il est en pente, afin qu'il ne recule pas).
- Respect de la compatibilité magnétique selon 95/94.
- Conformité de la résistance au feu selon 95/28.
- Horloge selon les recommandations du VSV.
- Matériau anti-graffiti.
- Grille/plancher : aciers de haute qualité.
- Isolation des toits et des côtés.

Schéma :



DIMENSIONS ET DISPOSITION DES SIEGES DANS L'IRIZAR IE2

Caractéristiques techniques de la borne de recharge

IF-100	
DONNÉES D'ENTRÉE (DC)	
Plage de tension en courant continu	410-750
Tension maximale (Voc)	880
Courant maximal (Isc)	250 A
Nombre de régulateurs MPPT	1
Chaîne de contrôle	Facultatif
Court-circuit et dérivation de la terre	Facultatif
Détection des défauts d'isolation	Oui
DONNÉES DE SORTIE (AC)	
Puissance nominale (kW)	100
Puissance maximale nominale (kVA)	105
Tension nominale	400 V
Courant nominal	144 A
Courant maximal	152 A
Fréquence	50-60 Hz
Facteur de puissance nominal	Ajustable entre 0,8 et 1

Distorsion harmonique totale du courant (THD)	< 3 %
Transformateur d'isolation galvanique	Facultatif
Efficacité européenne (%)	95,5
Efficacité maximale (%)	96,7
Architecture de commande	Logique de commande et technologie DSP SVM
Démarrage progressif (Soft Start)	Oui
Communications	RS-485 (en option : Ethernet, GPRS...)
PROTECTIONS	
Surtension	Entrées et sorties
Surintensité	Entrées et sorties
Polarité inverse	Oui
Surchauffe	Oui (régulation de l'énergie incluse)
Fréquence max/min	Oui
Tension max/min	Oui
Connexion/déconnexion	Facultatif (contacteurs)
Protection anti-îlotage	Arrêt automatique
DONNÉES PRINCIPALES	
Normes	RD 1663 / 2000, DK 5940, VDE 0126-1-1, arrêté du 23/04/08
	Directives CEM, EN 50081-1-1 et 50081-3
	EN 50178 Directive basse tension, marquage CE
Température de fonctionnement	De - 10 °C à + 55 °C
Humidité relative	0 % - 95 % sans condensation
Dimensions (h x l x p)	1 900 x 800 x 800
Poids	970 kg
Indice de protection (IP)	IP30 (IF54 en option)
Normes sismiques	Facultatif
Consommation nocturne	50 W
Consommation en veille	120 W
Puissance calorifique	2 250 Wmax
Capacité d'extraction	4 000 m3/h

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE L'IF-100 (JEMA ENERGY)

Unité de recharge intelligente.

L'unité de recharge intelligente contrôle le processus de recharge des bus électriques. Elle vérifie que la consommation électrique ne dépasse pas les valeurs contractuelles pendant la journée, tout en éliminant les éventuelles restrictions sur les niveaux de consommation électrique pendant la nuit.

➤ Avantages :

- ✓ 100 % électrique. 0 % d'émissions directes dans l'environnement urbain : élimination des émissions directes en phase d'utilisation (CO₂, NO_x).
- ✓ Absence de bruit et de vibrations pour les passagers.
- ✓ Réduction de 86 % de l'empreinte carbone par rapport à un bus diesel classique.
- ✓ Efficacité du système de traction électrique : 70 % par rapport au maximum de 35 % sur les véhicules classiques.
- ✓ Autonomie théorique selon le fabricant : 200-220 km avec une charge unique de 7-9 heures (dans l'hypothèse d'une vitesse de conduite de 15-17 km/h). [Dans la pratique, le retour d'expérience de DBUS montre qu'il n'est pas possible de recharger complètement le véhicule en 7 heures].
- ✓ Taux de récupération et de recyclabilité des matériaux et des équipements : supérieur à 90 %.
- ✓ Système de vis modulaire et batteries 100 % recyclables. Moins de maintenance et durée de vie plus longue.
- ✓ Premier bus électrique conforme à la réglementation R.66 sur la sécurité en cas de retournement.
- ✓ Conception (disposition des sièges et emplacement des fauteuils roulants) souple et adaptable selon les besoins de l'opérateur.
- ✓ Collaboration avec la Red Vasca de Tecnología (réseau basque de technologie).
- ✓ Promotion de la MOBILITÉ URBAINE DURABLE.
- ✓ Polyvalence : les bus de 12 mètres représentent 70 % du parc DBUS et assurent la plupart des itinéraires.

3.1.2 Vectia Veris.12

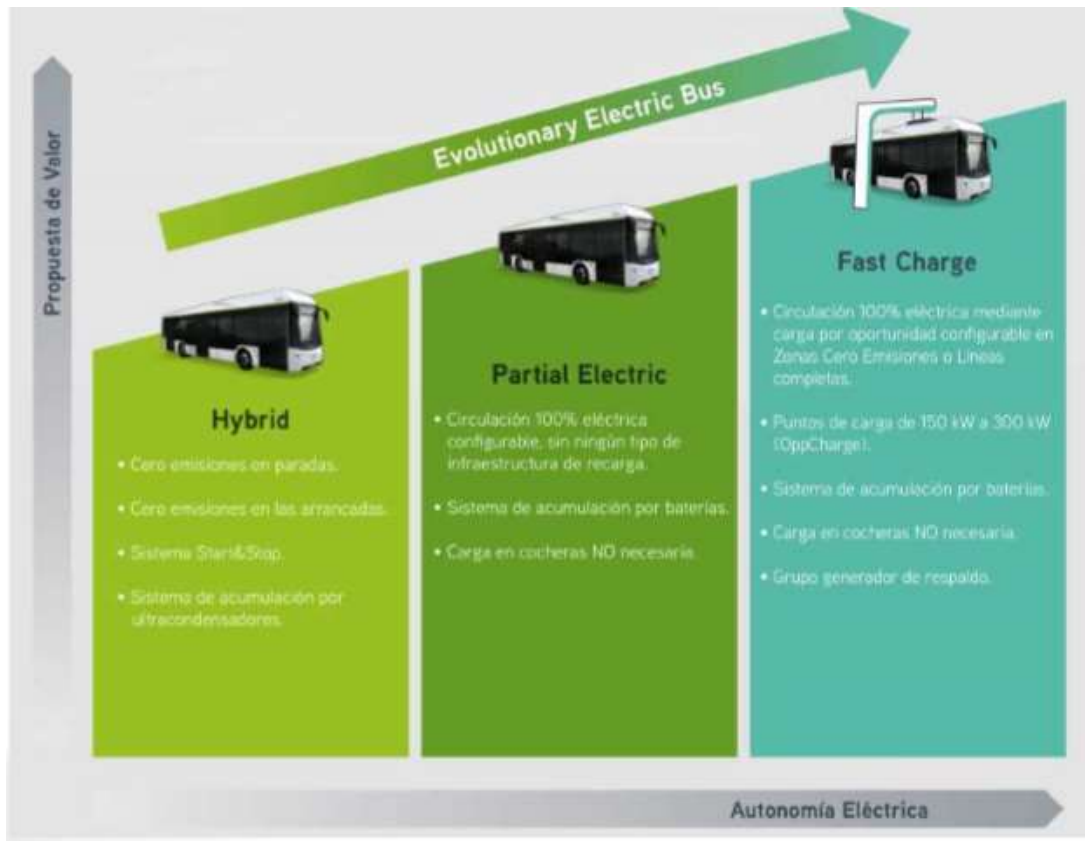
Caractéristiques du véhicule

- Longueur : 12 mètres.
- Portes : 3 (louvoyante intérieure, louvoyante extérieure, louvoyante extérieure).
- Répartition : 23 sièges + 2 PMR + 69 debout.
- Modèle de sièges : City Lite (vert/bleu).
- Barres en finition acier inoxydable.
- Double rampe : SAM 1001 automatique + Masats manuelle.
- Vitres vert Vénus.
- Siège du conducteur : ISRI 6860/875.

- Tableau de bord Actia.
- Désembuage : chaud/froid.



REPARTITION DES SIEGES DANS L'AUTOBUS VECTIA VERIS.12



LES DIFFERENTS TYPES DE VECTIA VERIS.12

Ce modèle existe en trois versions, aux caractéristiques différentes.

La version la plus simple est le modèle Hybrid. Il s'agit d'un véhicule hybride également équipé du système Start&Stop et d'un système d'accumulation par ultra-condensateurs.

Le modèle Partial Electric comprend également un système d'accumulation par batteries, grâce auquel le véhicule peut être 100 % électrique (configurable) sans avoir à déployer une infrastructure de recharge ni être obligé de le recharger au dépôt.

Le modèle le plus sophistiqué est le Fast Charge, qui est 100 % électrique grâce à une recharge par opportunité configurable. Ce modèle est équipé d'un système d'accumulation par batteries et d'un générateur de secours. Le véhicule est chargé via des points de recharge de 150 kW à 300 kW (OppCharge).

Les informations ci-dessous sont récapitulées dans un graphique, dans la suite de ce document.

Avantages de la recharge par opportunité :

- ✓ Véhicule moins lourd et donc qui consomme moins.
- ✓ Davantage de passagers.
- ✓ Prix d'achat plus bas car le SSE est moins important.
- ✓ Recharge moins longue.
- ✓ Maintenance et remplacement des batteries moins coûteux.
- ✓ Pas besoin d'installer des bornes de recharge dans les dépôts.
- ✓ Le point de recharge est compatible avec tous les bus, mais aussi avec d'autres véhicules.

3.2 Retour d'expérience sur les différentes lignes (Irizar i2e)

3.2.1 Ligne 26

Itinéraire

La ligne 26 relie le centre de Saint-Sébastien aux quartiers d'Amara, de Loiola et de Martutene. Elle partage le même tracé que la ligne 21, à la différence qu'elle se prolonge jusqu'à d'autres zones, telles que Riberas de Loiola, Txomin et Loiola.

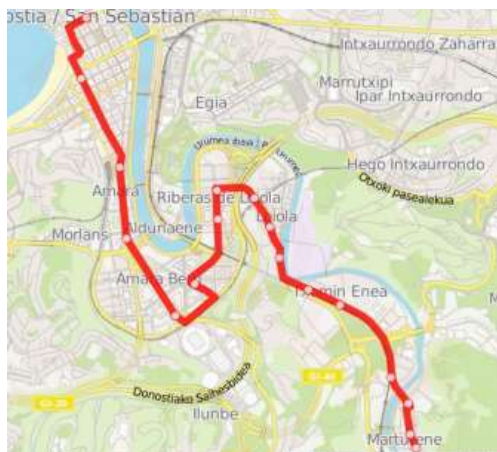
Son itinéraire principal dessert 34 arrêts et se divise en deux lignes légèrement différentes, dont l'une passe par une zone industrielle (Polígono 27), tandis que l'autre se rend directement à Martutene (ce parcours est considéré comme l'itinéraire principal).

La distance parcourue par le bus est la suivante, pour chaque itinéraire :

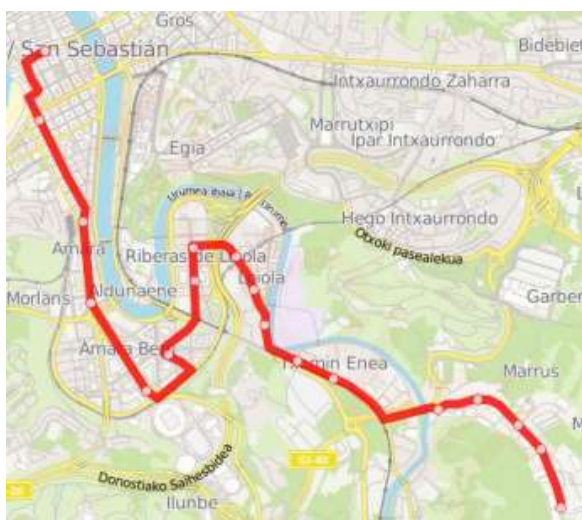
- aller (itinéraire Martutene) : 6 883 mètres ;
- retour (itinéraire Martutene) : 6 568 mètres ;
- aller (itinéraire Polígono 27) : 7 219 mètres ;
- retour (itinéraire Polígono 27) : 7 649 mètres.

Sur cette ligne, les bus circulent pendant 17 heures. Un aller-retour complet dure 1 heure, ce qui signifie qu'une autonomie d'au moins **230 kilomètres** est nécessaire pour effectuer un service complet.

Les cartes des deux itinéraires (dans les deux sens) sont fournies ci-dessous.



LIGNE 26 BOULEVARD-LARRUN MENDI ET LARRUN MENDI-BOULEVARD, RESPECTIVEMENT

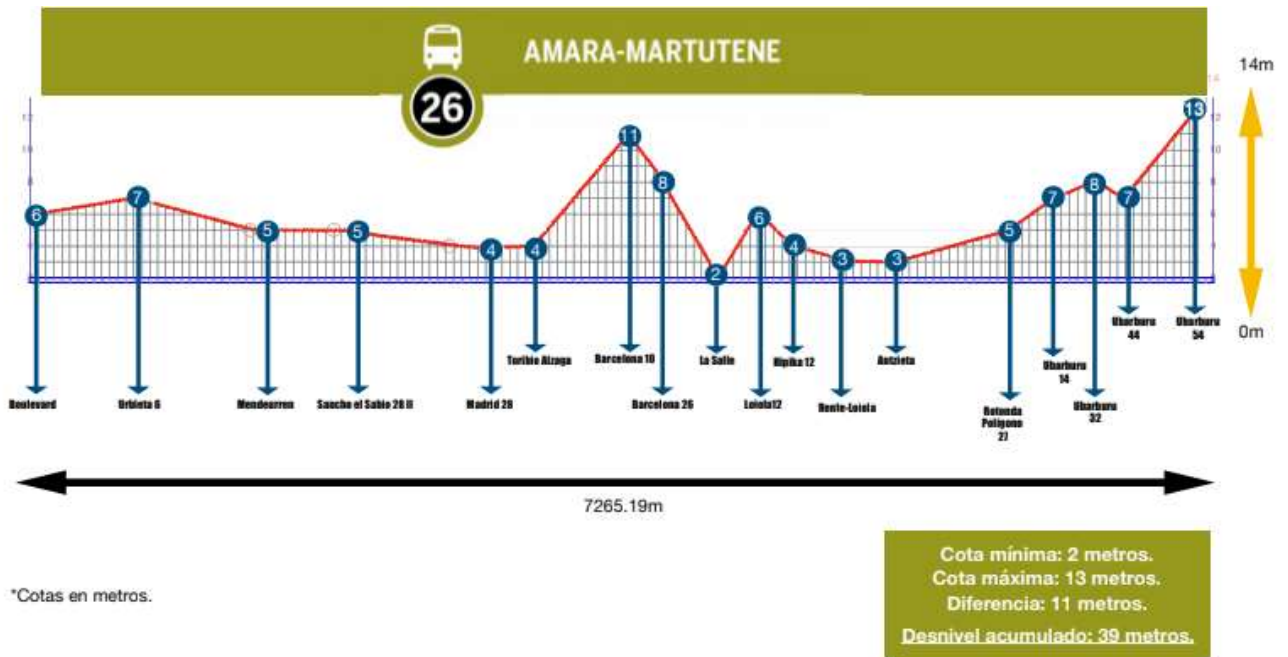


LIGNE 26 BOULEVARD-UBARBURU ET UBARBURU-BOULEVARD, RESPECTIVEMENT

Dénivelé

Le graphique ci-dessous représente les profils longitudinaux de chaque itinéraire, dans le sens aller, sur la base d'un nombre limité de points (les arrêts).

Les deux itinéraires ont un profil similaire, pratiquement plat, même si l'itinéraire qui se termine à Polígono 27 est très légèrement plus exigeant.



PROFIL LONGITUDINAL DE LA LIGNE 26 ENTRE LARRUN MENDI ET UBARBURU

Horaires

Les jours ouvrables et le samedi, ce bus circule de 7 h à minuit ; le dimanche et les jours fériés, le premier départ se fait à 9 h. La fréquence est d'un bus toutes les 12 minutes en semaine, toutes les 15 minutes le samedi et toutes les 20 minutes le dimanche et les jours fériés. Les deux itinéraires durent 30 minutes (pour un aller ou pour un retour).

Niveau de fréquentation

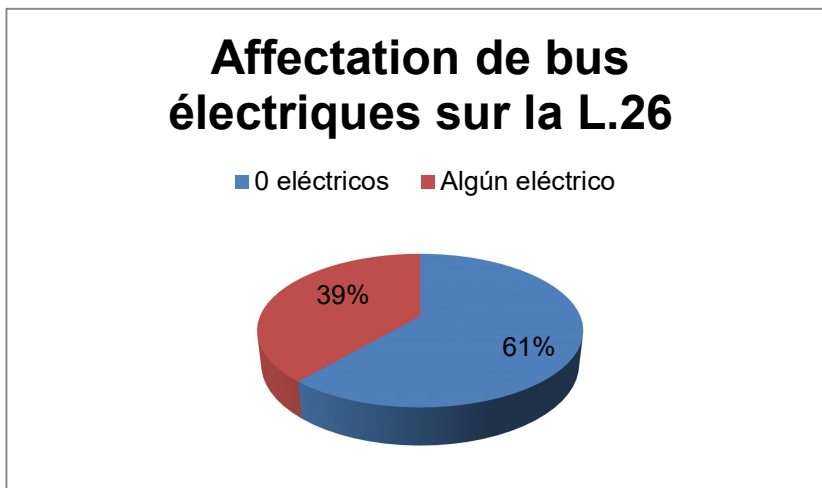
La ligne 26 figure parmi les principales lignes de la ville ; elle est fréquentée par plus de 1,5 million de passagers par an. Le tableau ci-dessous récapitule la fréquentation sur cette ligne.

	2018
Jours ouvrables (en moyenne)	4 903 usagers
Samedi (en moyenne)	4 804 usagers
Dimanche/jours fériés (en moyenne)	2 846 usagers

NOMBRE D'USAGERS SUR LA LIGNE 26

Bilan de l'utilisation des bus électriques sur la ligne 26

Sur les 991 jours analysés, au moins quelques bus électriques ont été affectés à la ligne 26, pendant 235 jours. Le pourcentage de jours où des bus électriques ont été affectés à la ligne 26 est de 31,7 % :

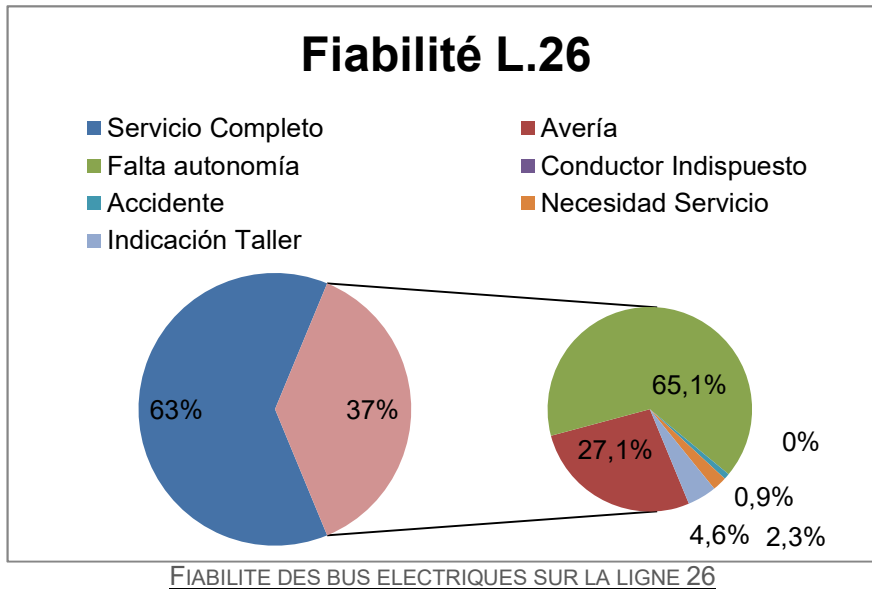


% jours avec bus électriques	31,722222
------------------------------	-----------

Jours analysés	991
0 électrique	608
Quelques bus électriques	383

AFFECTATION DE BUS ELECTRIQUES SUR LA LIGNE 26

Au total, sur une même période, des bus électriques ont été affectés à cette ligne à 581 reprises. Parmi ces trajets, 363 bus ont effectué leur service sans incident. Les 218 bus restants ont dû être retirés de la circulation pour différentes raisons, dont les détails sont donnés ci-dessous.



Retirés de la circulation	218
Service complet	363

Raisons du retrait	
Panne	59
Autonomie insuffisante	142
Absence du conducteur	0
Accident	2
Entretien nécessaire	5
Indication atelier	10

3.2.2 Ligne 21

Itinéraire

La ligne 21 relie le Boulevard, dans le centre de Saint-Sébastien, au quartier Amara et à son terminus, Mutualidades. Elle possède le même itinéraire que la ligne 26 jusqu'à Amara, puis la ligne 26 continue vers les quartiers de Loiola, Riberas de Loiola et Martutene.

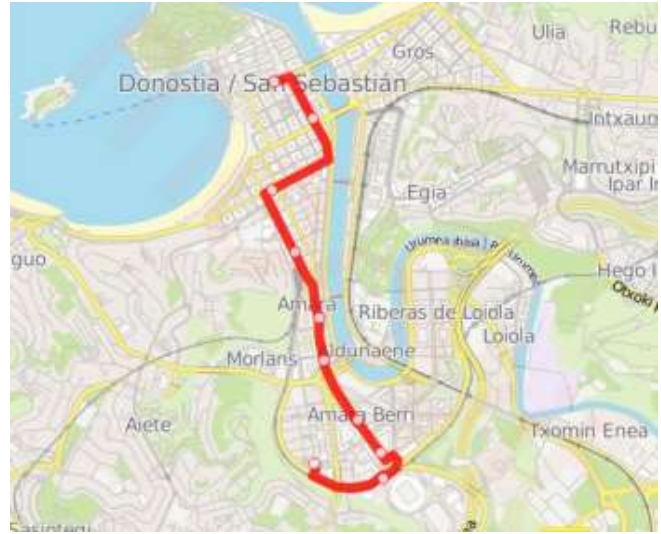
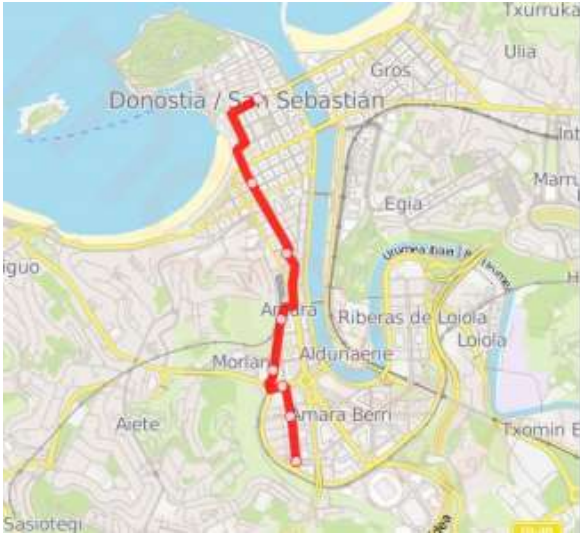
La ligne 21 compte un seul itinéraire, desservant 17 arrêts.

La distance parcourue est la suivante :

- aller (Boulevard-Mutualidades) : 2 591 mètres ;
- retour (Mutualidades-Boulevard) : 3 462 mètres.

Sur cette ligne, les bus circulent pendant 15 heures. Un aller-retour complet dure 40 minutes, ce qui signifie qu'une autonomie d'au moins **150 kilomètres** est nécessaire pour effectuer un service complet.

Les cartes de l'itinéraire (dans les deux sens) sont fournies ci-dessous.



LIGNE 21 BOULEVARD-MUTUALIDADES ET MUTUALIDADES-BOULEVARD, RESPECTIVEMENT

Dénivelé

Le graphique ci-dessous représente le profil longitudinal de l'itinéraire, dans le sens aller (Boulevard-Mutualidades), sur la base d'un nombre limité de points (les arrêts).

Parmi toutes les lignes sur lesquelles DBUS a testé le bus Irizar i2e 100 % électrique, ce profil est le plus plat et le moins exigeant.



PROFIL LONGITUDINAL DE LA LIGNE 21 BOULEVARD-MUTUALIDADES

Horaires

Les jours ouvrables et le samedi, ce bus circule de 7h25 à 22h25 ; le dimanche et les jours fériés, le premier départ se fait à 9h50. La fréquence est d'un bus toutes les 20 minutes en semaine et le samedi, et toutes les 30 minutes le dimanche et les jours fériés. L'aller et le retour s'effectuent respectivement en 20 minutes.

Niveau de fréquentation

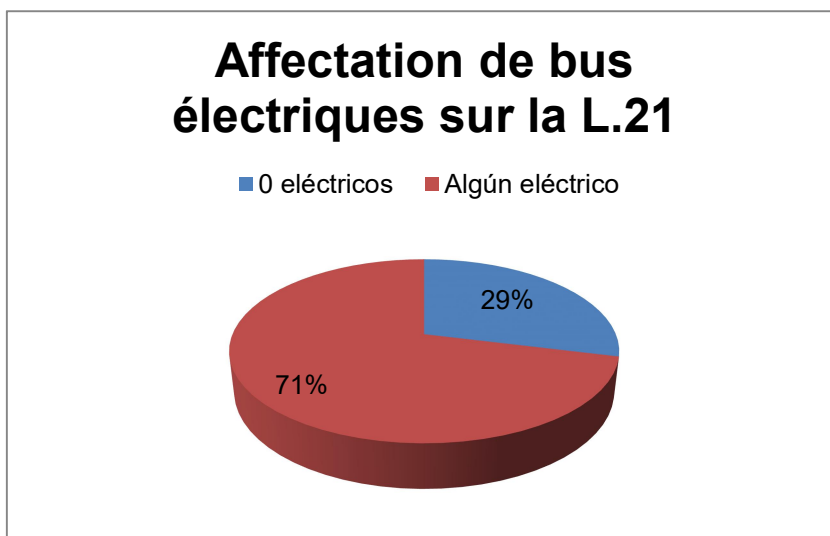
Le tableau ci-dessous récapitule la fréquentation sur cette ligne.

	2018
Jours ouvrables (en moyenne)	1 819 usagers
Samedi (en moyenne)	1 807 usagers
Dimanche/jours fériés (en moyenne)	760 usagers

NOMBRE D'USAGERS SUR LA LIGNE 21

Bilan de l'utilisation des bus électriques sur la ligne 21

Sur les 991 jours analysés, au moins quelques bus électriques ont été affectés à la ligne 21, pendant 705 jours. Le pourcentage de jours où des bus électriques ont été affectés à la ligne 21 est de 43,2 %.

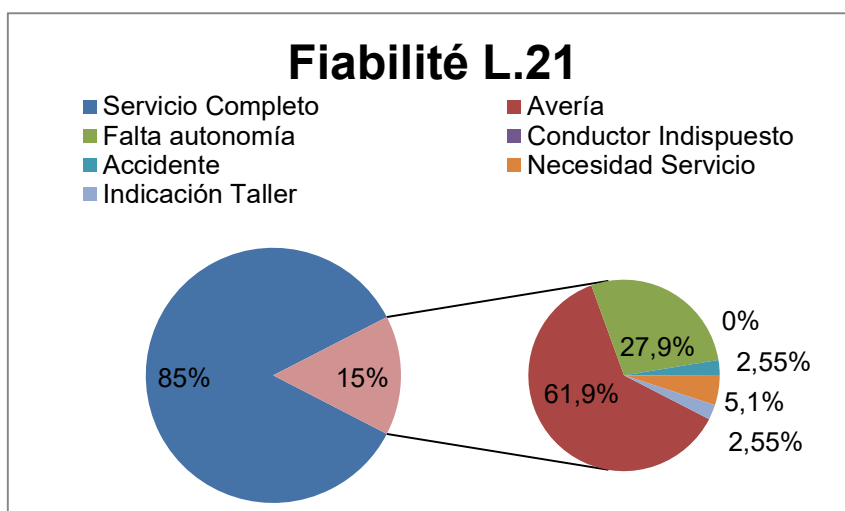


% jours avec bus électriques	43,222222
------------------------------	-----------

Jours analysés	991
0 électrique	286
Quelques bus électriques	705

AFFECTATION DE BUS ELECTRIQUES SUR LA LIGNE 21

Au total, sur une même période, des bus électriques ont été affectés à cette ligne à 778 reprises. Parmi ces trajets, 660 bus ont effectué leur service sans incident. Les 118 bus restants ont dû être retirés de la circulation pour différentes raisons, dont les détails sont donnés ci-dessous.



660 bus ont effectué leur service sans incident. Les 118 bus restants ont dû être retirés de la circulation pour différentes raisons, dont les détails sont donnés ci-dessous.

FIABILITE DES BUS ELECTRIQUES SUR LA LIGNE 21

3.2.3 Ligne 14

Itinéraire

La ligne 14 relie le centre de la municipalité à Bidebieta, en passant par le quartier de Gros. Le départ se fait à la Plaza Gipuzkoa et le terminus se situe au Serapio Mujika 29. La ligne 21 compte un seul itinéraire, desservant 24 arrêts.

La distance parcourue est la suivante :

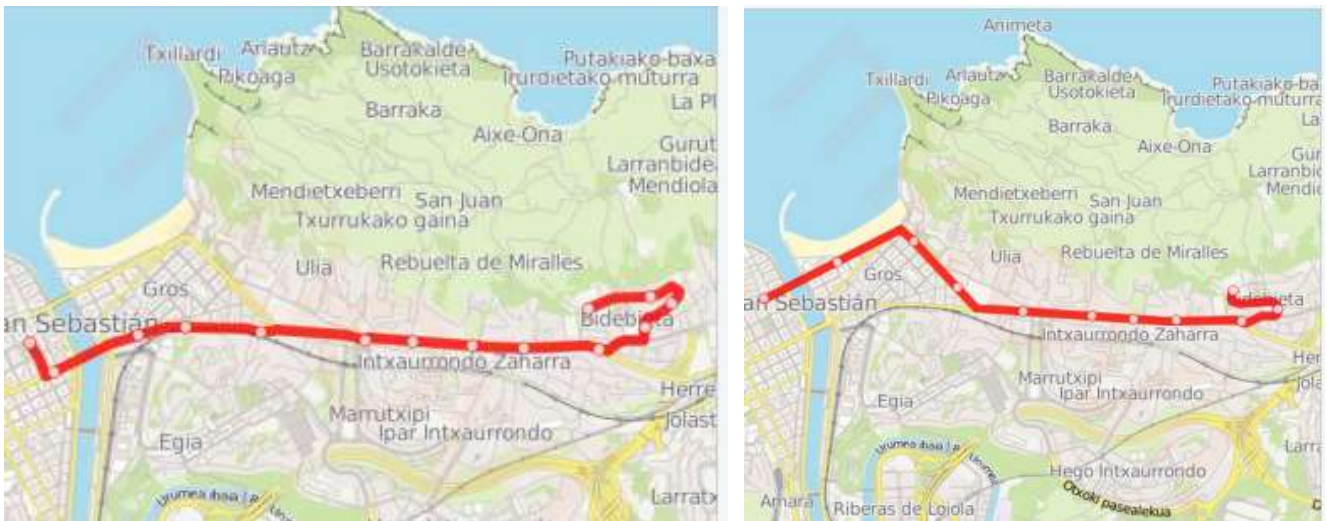
- aller (Plaza Gipuzkoa-Serapio Mujika 29): 4 325 mètres ;
- retour (Serapio Mujika 29-Bidebieta): 4 218 mètres.

Sur cette ligne, les bus circulent pendant 17 heures. Un aller-retour complet dure 40 minutes, ce qui signifie qu'une autonomie d'au moins **170 kilomètres** est nécessaire pour effectuer un service complet.

Retirés de la circulation	118
Service complet	660

Raisons du retrait	
Panne	73
Autonomie insuffisante	33
Absence du conducteur	0
Accident	3
Entretien nécessaire	6
Indication atelier	3

Les cartes de l'itinéraire (dans les deux sens) sont fournies ci-dessous.

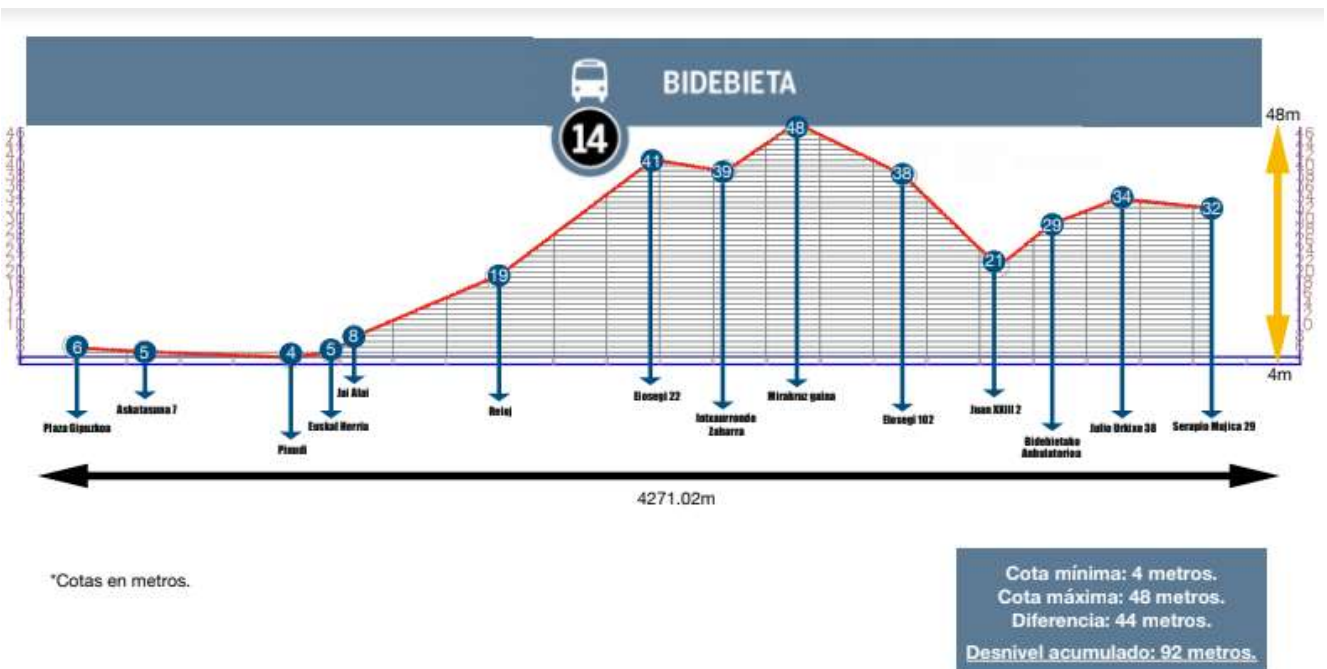


LIGNE 14 PLAZA GIPUZKOA-SERAPIO MUJIKA 29 ET SERAPIO MUJIKA 29-PLAZA GIPUZKOA

Dénivelé

Le graphique ci-dessous représente le profil longitudinal de l'itinéraire, dans le sens aller (Plaza Gipuzkoa-Serapio Mujika 29), sur la base d'un nombre limité de points (les arrêts).

Le dénivelé entre l'arrêt le plus haut et l'arrêt le plus bas est d'environ 44 mètres. Le début de l'itinéraire est bas, avant de traverser des zones plus élevées, jusqu'à atteindre une altitude maximale d'environ 50 mètres.



PROFIL LONGITUDINAL DE LA LIGNE 14. PLAZA GIPUZKOA-SERAPIO MUJIKA 29

Horaires

Les jours ouvrables et le samedi, ce bus circule de 7h10 à minuit ; le dimanche et les jours fériés, le premier départ se fait à 10h. La fréquence est d'un bus toutes les 10 minutes en semaine, toutes les 12-15 minutes le samedi et toutes les 10-20 minutes le dimanche et les jours fériés. L'aller et le retour s'effectuent respectivement en 20 minutes.

Niveau de fréquentation

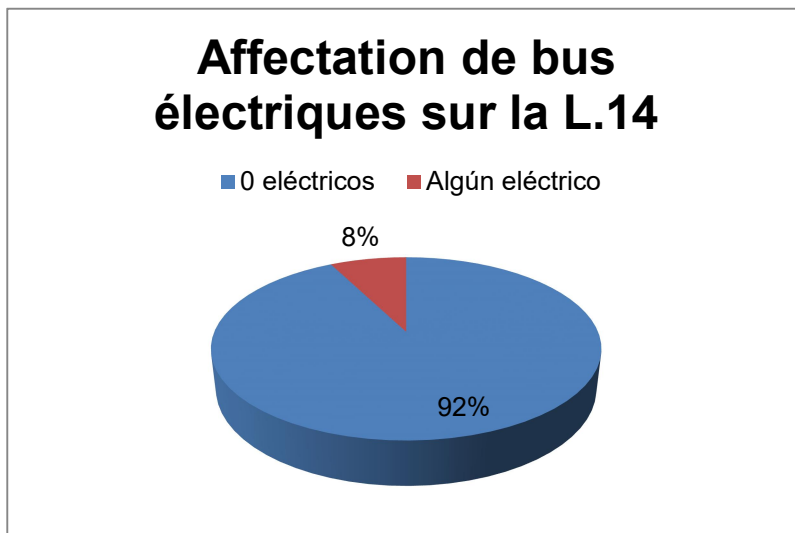
Le tableau ci-dessous récapitule la fréquentation sur cette ligne.

	2018
Jours ouvrables (en moyenne)	4 082 usagers
Samedi (en moyenne)	3 146 usagers
Dimanche/jours fériés (en moyenne)	1 844 usagers

NOMBRE D'USAGERS SUR LA LIGNE 14

Bilan de l'utilisation des bus électriques sur la ligne 14

Sur les 991 jours analysés, au moins quelques bus électriques ont été affectés à la ligne 14, pendant 75 jours. Le pourcentage de jours où des bus électriques ont été affectés à la ligne 14 est de 2 %.

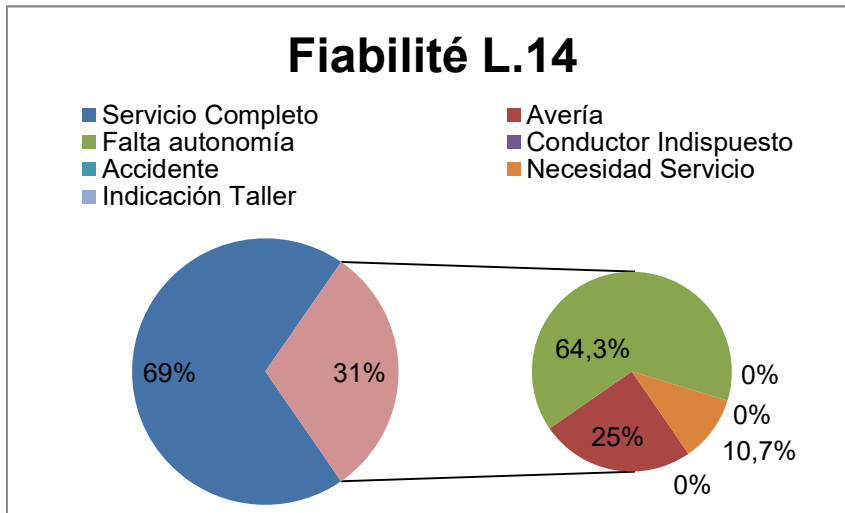


% jours avec bus électriques	2
------------------------------	---

Jours analysés	991
0 électrique	916
Quelques bus électriques	75

AFFECTATION DE BUS ELECTRIQUES SUR LA LIGNE 14

Au total, sur une même période, des bus électriques ont été affectés à cette ligne à 91 reprises. Parmi ces trajets, 63 bus ont effectué leur service sans incident. Les 28 bus restants ont dû être retirés de la circulation pour différentes raisons, dont les détails sont donnés ci-dessous.



FIABILITE DES BUS ELECTRIQUES SUR LA LIGNE 14

Retirés de la circulation	28
Service complet	63

Raisons du retrait	
Panne	7
Autonomie insuffisante	18
Absence du conducteur	0
Accident	0
Entretien nécessaire	3
Indication atelier	0

3.2.4 Ligne 41

Itinéraire

La ligne 41 relie les quartiers de Gros, Egia, Loiola et Martutene. La ligne 21 compte un seul itinéraire, desservant 37 arrêts.

La distance parcourue est la suivante :

- aller (Groseko Anbulatorioa-Larrun Mendi) : 7 215 mètres ;
- retour (Larrun Mendi-Groseko Anbulatorioa) : 6 779 mètres.

Sur cette ligne, les bus circulent pendant 13 heures et demie (les jours ouvrables). Un aller-retour complet dure 50 minutes, ce qui signifie qu'une autonomie d'au moins **205 kilomètres** est nécessaire pour effectuer un service complet.

Les cartes de l'itinéraire (dans les deux sens) sont fournies ci-dessous.

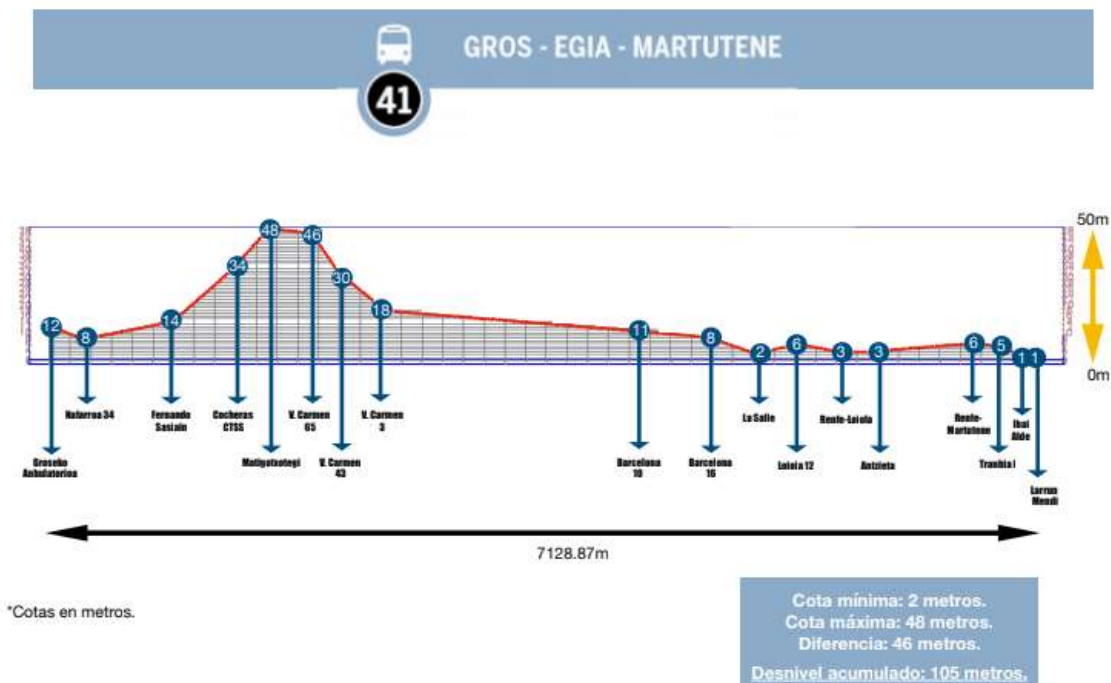


LIGNE 41 GROSEKO ANB.-LARRUN MENDI ET GROSEKO ANB.-LARRUN MENDI

Dénivelé

Le graphique ci-dessous représente le profil longitudinal de l'itinéraire, dans le sens aller (Groseko Anbulatorioa-Larrun Mendi), sur la base d'un nombre limité de points (les arrêts).

Le dénivelé entre l'arrêt le plus haut et l'arrêt le plus bas est d'environ 46 mètres. L'itinéraire est globalement plat ; il traverse des zones plates en fin de parcours, après des zones plus élevées dans le quartier d'Egia.



PROFIL LONGITUDINAL DE LA LIGNE 41. GROSEKO ANBULATORIOA-LARRUN MENDI

Horaires

Les jours ouvrables, ce bus circule de 7h45 à 21h15. Le samedi, le premier départ se fait à 8h45 ; le dimanche et les jours fériés, il se fait à 11h05. La fréquence est d'un bus toutes les 30 minutes en semaine et le samedi, et toutes les heures le dimanche et les jours fériés. L'aller et le retour s'effectuent respectivement en 25 minutes.

Niveau de fréquentation

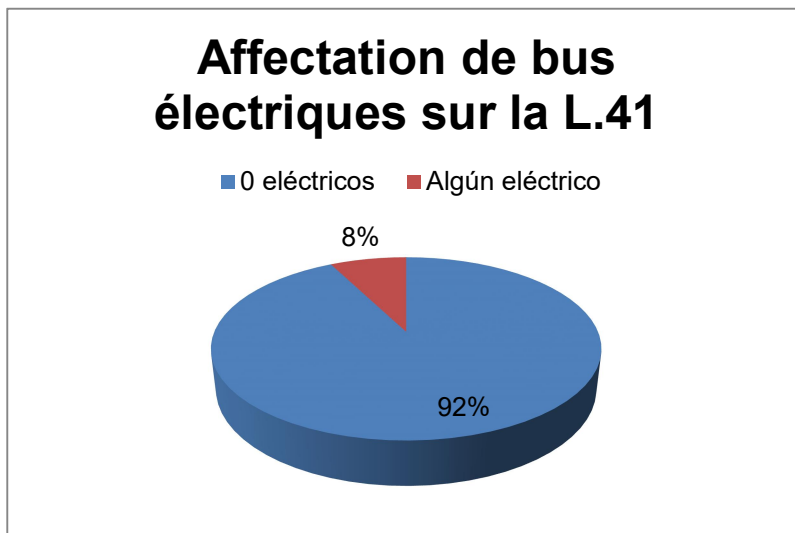
Le tableau ci-dessous récapitule la fréquentation sur cette ligne.

	2018
Jours ouvrables (en moyenne)	1 035 usagers
Samedi (en moyenne)	614 usagers
Dimanche/jours fériés (en moyenne)	237 usagers

NOMBRE D'USAGERS SUR LA LIGNE 41

Bilan de l'utilisation des bus électriques sur la ligne 41

Sur les 991 jours analysés, au moins quelques bus électriques ont été affectés à la ligne 41, pendant 79 jours. Le pourcentage de jours où des bus électriques ont été affectés à la ligne 41 est de 3,9 %.

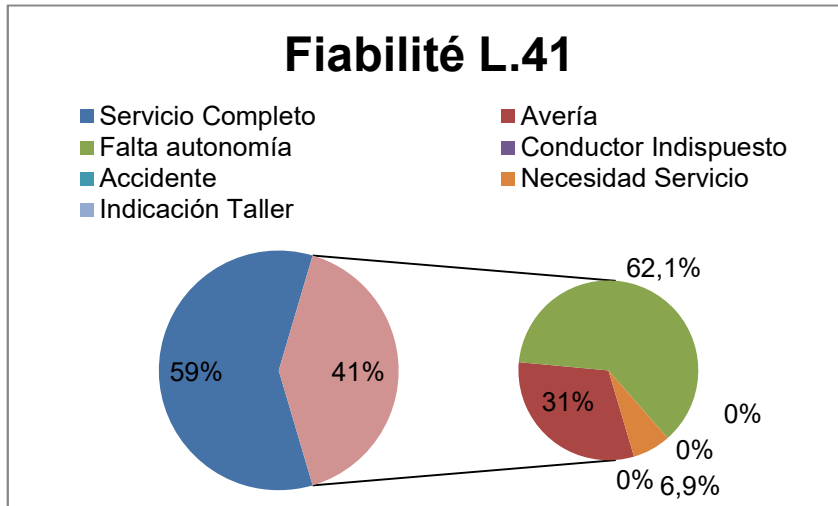


% jours avec bus électriques	3,944444
------------------------------	----------

Jours analysés	991
0 électrique	912
Quelques bus électriques	79

AFFECTATION DE BUS ELECTRIQUES SUR LA LIGNE 41

Au total, sur une même période, des bus électriques ont été affectés à cette ligne à 71 reprises. Parmi ces trajets, 42 bus ont effectué leur service sans incident. Les 29 bus restants ont dû être retirés de la circulation pour différentes raisons, dont les détails sont donnés ci-dessous.



FIABILITE DES BUS ELECTRIQUES SUR LA LIGNE 41

Retirés de la circulation	29
Service complet	42

Raisons du retrait	
Panne	9
Autonomie insuffisante	18
Absence du conducteur	0
Accident	0
Entretien nécessaire	2
Indication atelier	0

3.2.5 Ligne 13

Itinéraire

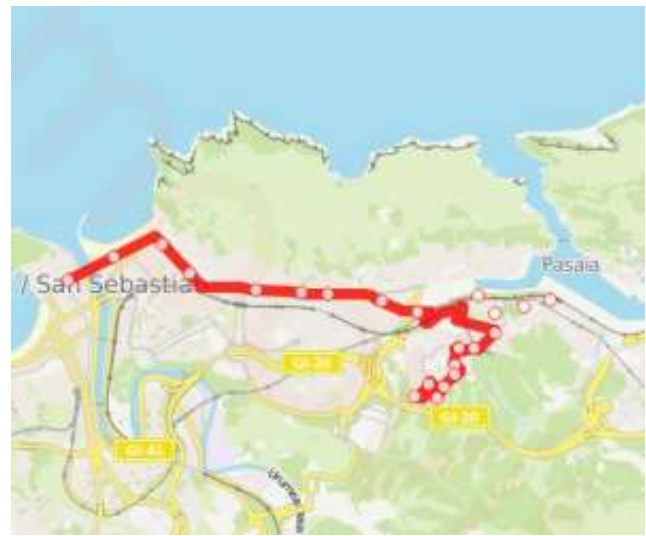
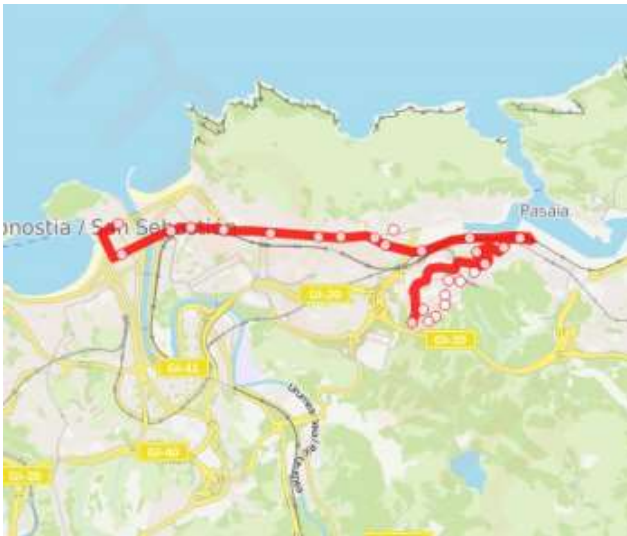
La ligne 13 est la deuxième ligne de bus la plus fréquentée de la ville. Elle relie le centre au quartier d'Altza et comporte deux itinéraires : l'itinéraire principal et l'itinéraire secondaire (via Buenavista). Les arrêts sont au nombre de 52.

La distance parcourue est la suivante :

- aller (Boulevard- Larratxo via Casares) : 8 367 mètres ;
- retour (Larratxo-Boulevard via Casares) : 6 963 mètres ;
- aller (Boulevard-Larratxo via Sta. Bárbara) : 7 256 mètres ;
- retour (Larratxo-Boulevard via Sta. Bárbara) : 6 963 mètres.

Sur cette ligne, les bus circulent pendant 18 heures et demie (les jours ouvrables). Un aller-retour complet dure 60 minutes (sur les deux itinéraires), ce qui signifie qu'une autonomie d'au moins **135 kilomètres** est nécessaire pour effectuer un service complet.

Les cartes de l'itinéraire principal, via Casares (dans les deux sens) sont fournies ci-dessous.

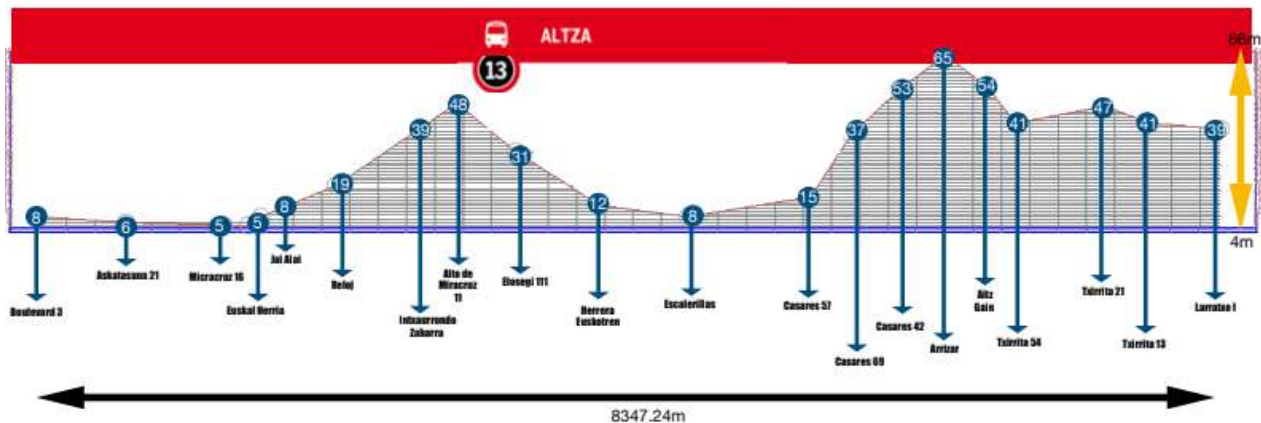


LIGNE 13 BOULEVARD-LARRATXO VIA CASARES ET LARRATXO-BOULEVARD

Dénivelé

Les graphiques ci-dessous représentent les profils longitudinaux de chaque itinéraire (dans le sens aller), sur la base d'un nombre limité de points (les arrêts).

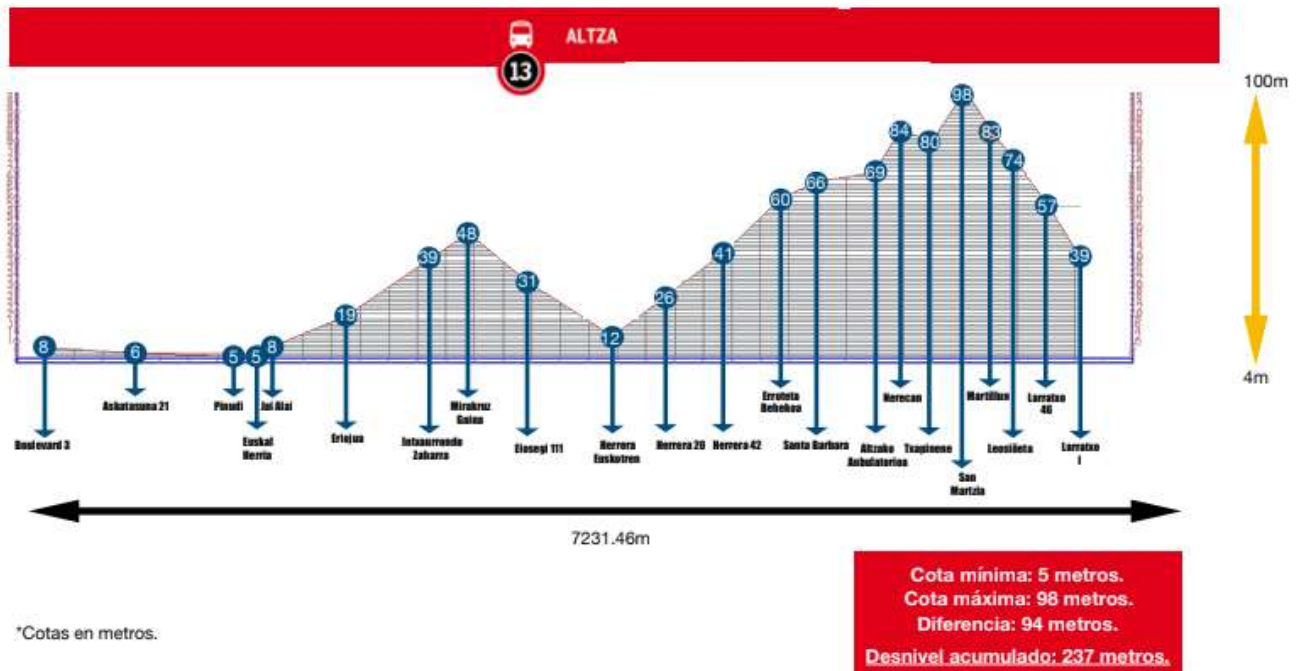
Sur l'itinéraire via Casares, le dénivelé entre l'arrêt le plus élevé et l'arrêt le moins élevé est d'environ 60 mètres. Sur l'itinéraire via Santa Bárbara, le dénivelé atteint environ 94 mètres. En tout état de cause, parmi tous les itinéraires qui ont été analysés, les deux déclinaisons de la ligne 13 sont les plus exigeantes du point de vue du dénivelé et de l'altitude à franchir.



*Cotas en metros.

**Cota mínima: 5 metros.
Cota máxima: 65 metros.
Diferencia: 60 metros.
Desnivel acumulado: 174 metros.**

PROFIL LONGITUDINAL DE LA LIGNE 13. CASARES



PROFIL LONGITUDINAL DE LA LIGNE 13. STA. BARBARA

Horaires

Les jours ouvrables et le samedi, ce bus circule de 5h30 à minuit ; le dimanche et les jours fériés, le premier départ se fait à 7h36. La fréquence est d'un bus toutes les 5-10 minutes en semaine, toutes les 6-10 minutes le samedi et toutes les 6-15 minutes le dimanche et les jours fériés. L'aller et le retour s'effectuent respectivement en 30 minutes sur les deux itinéraires.

Niveau de fréquentation

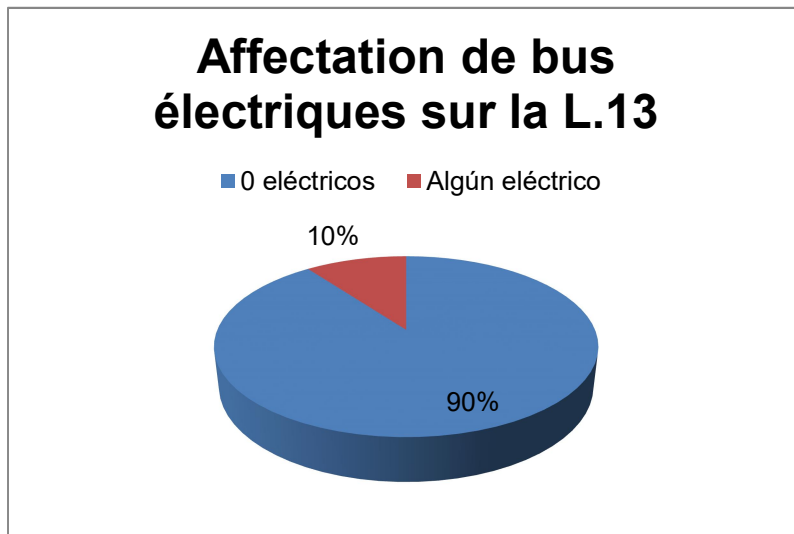
Le tableau ci-dessous récapitule la fréquentation de cette ligne.

	2018
Jours ouvrables (en moyenne)	11 484 usagers
Samedi (en moyenne)	10 130 usagers
Dimanche/jours fériés (en moyenne)	6 818 usagers

NOMBRE D'USAGERS SUR LA LIGNE 13

Bilan de l'utilisation des bus électriques sur la ligne 13

Sur les 991 jours analysés, au moins quelques bus électriques ont été affectés à la ligne 13, pendant 101 jours. Le pourcentage de jours où des bus électriques ont été affectés à la ligne 13 est de 8,2 %.

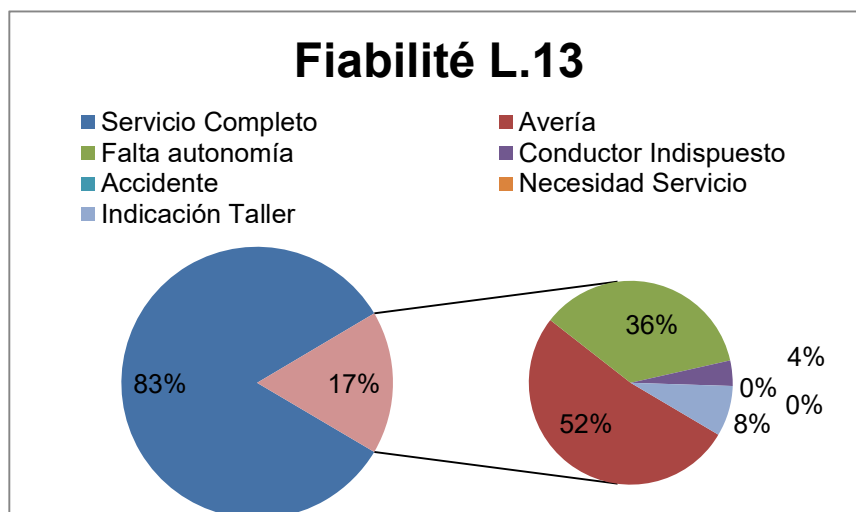


% jours avec bus électriques	8,1666667
------------------------------	-----------

Jours analysés	991
0 électrique	890
Quelques bus électriques	101

AFFECTATION DE BUS ELECTRIQUES SUR LA LIGNE 13

Au total, sur une même période, des bus électriques ont été affectés à cette ligne à 147 reprises. Parmi ces trajets, 122 bus ont effectué leur service sans incident. Les 25 bus restants ont dû être retirés de la circulation pour différentes raisons, dont les détails sont donnés ci-dessous.



Retirés de la circulation	25
Service complet	122

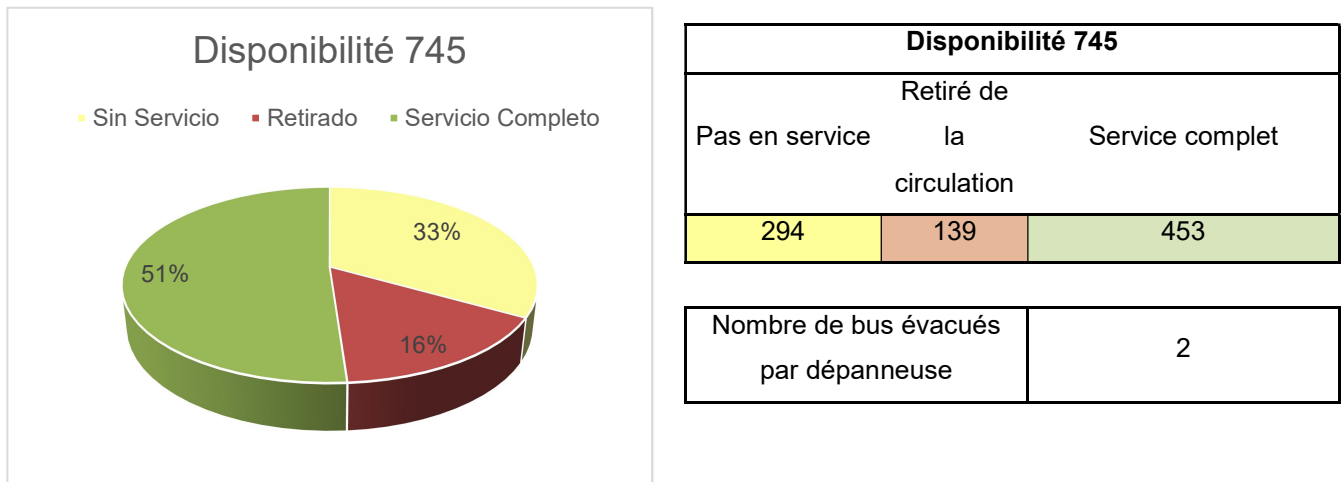
Raisons du retrait	
Panne	13
Autonomie insuffisante	9
Absence du conducteur	1
Accident	0
Entretien nécessaire	0
Indication atelier	2

FIABILITE DES BUS ELECTRIQUES SUR LA LIGNE 13

3.3 Retour d'expérience des différents véhicules

3.3.1 Véhicule 745 (Irizar i2e)

Sur les 991 jours analysés, le véhicule 745 a été mis en service pendant 592 jours. Parmi ces 592 jours, 453 (76,52 %) se sont déroulés sans incident. Les 139 autres (23,48 %) ont été marqués par un incident, quel qu'il soit. Ces données sont récapitulées dans les graphiques ci-dessous :



DISPONIBILITE DU VEHICULE 745

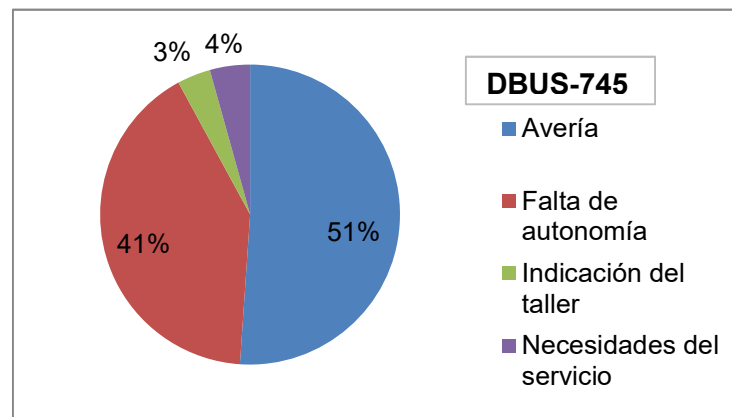
Le tableau ci-dessous répertorie en détail les types d'incidents.

DBUS-745	Incidents	%
Non disponible	139	
Panne	71	51,0791367
Problème d'autonomie	57	41,0071942
Indication atelier	5	3,5971223
Entretien requis	6	4,31654676

VEHICULE 745 : REPARTITION DES INCIDENTS

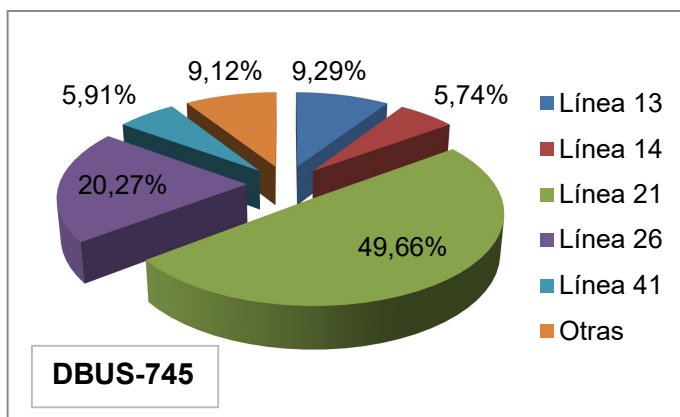
Comme le montre le tableau ci-dessus, l'incident le plus fréquent est la panne de véhicule, devant les problèmes d'autonomie. Ces deux catégories représentent plus de 90 % des incidents constatés sur ce véhicule, les autres causes étant donc considérées comme résiduelles.

Le graphique ci-dessous représente les incidents survenus sur ce véhicule au cours des 991 jours et leur répartition :



REPARTITION DES INCIDENTS SUR LE VEHICULE 745

Les lignes auxquelles ce véhicule a été affecté sont les suivantes :



Ligne	Affectations	%
Ligne 13	55	9,290541
Ligne 14	34	5,743243
Ligne 21	294	49,66216
Ligne 26	120	20,27027
Ligne 41	35	5,912162
Autres	54	9,121622
Total	592	100 %

LIGNES AUXQUELLES LE VEHICULE 745 A ETE

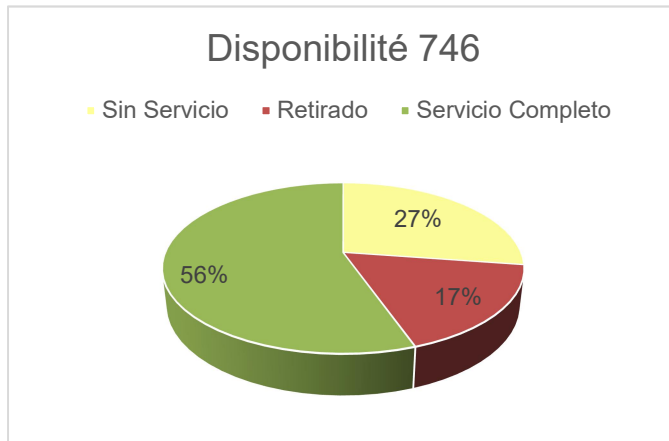
AFFECTE

Comme le montrent le graphique et le tableau ci-dessus, dans presque 50 % des cas, ce véhicule était affecté à la ligne 21. La ligne 26 représente le deuxième pourcentage le plus élevé, avec 20 %. À elles deux, les lignes 21 et 26 représentent 7 affectations sur 10.

Sur les 991 jours analysés, le véhicule 745 a parcouru un total de **75 881 kilomètres**, ce qui en fait l'unité qui a parcouru le moins de kilomètres sur les trois véhicules étudiés.

3.3.2 Véhicule 746 (Irizar i2e)

Sur les 991 jours analysés, le véhicule 746 a été mis en service pendant 649 jours. Parmi ces 649 jours, 495 (76,27 %) se sont déroulés sans incident. Les 154 autres (23,72 %) ont été marqués par un incident, quel qu'il soit. Ces données sont récapitulées dans les graphiques ci-dessous :



Disponibilité 746		
Pas en service	Retiré de la circulation	Service complet
244	154	495

Nombre de bus évacués par dépanneuse	0
--------------------------------------	---

DISPONIBILITE DU VEHICULE 746

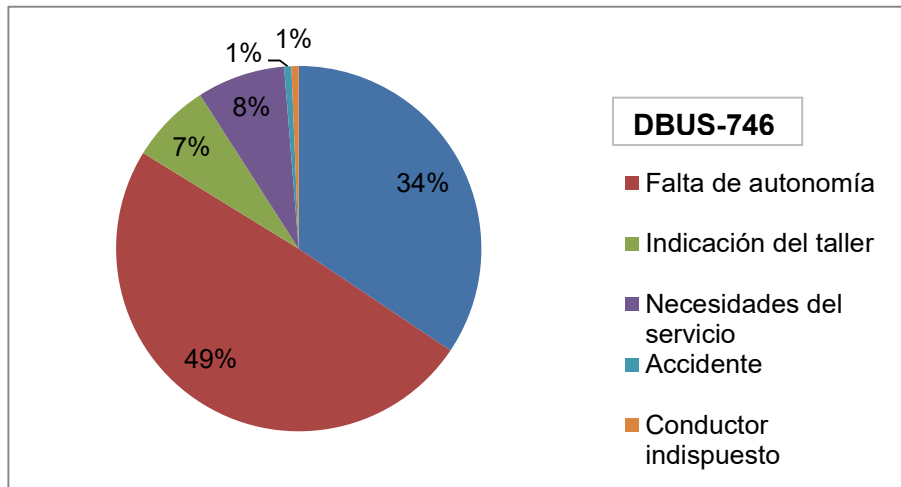
Le tableau ci-dessous répertorie en détail les types d'incidents. :

DBUS-746	Incidents	%
Non disponible	154	
Panne	53	34,4155844
Problème d'autonomie	76	49,3506494
Indication atelier	11	7,14285714
Entretien requis	12	7,79220779
Accident	1	0,64935065
Absence du conducteur	1	0,64935065

VEHICULE 746 : REPARTITION DES INCIDENTS

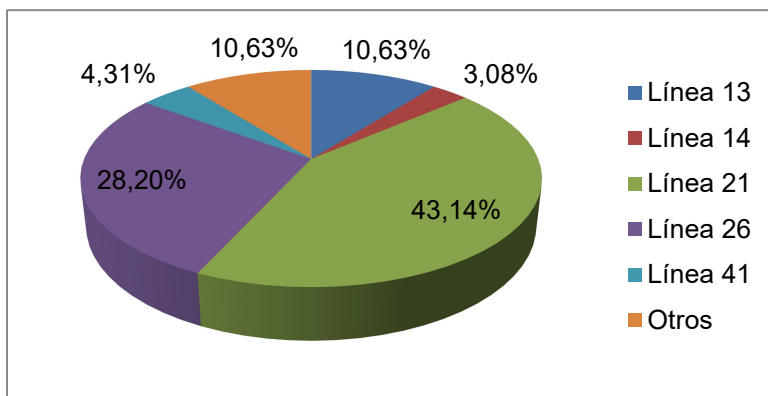
Comme le montre le tableau ci-dessus, sur ce véhicule, les problèmes d'autonomie sont l'incident le plus fréquent, puisqu'ils représentent près de 50 % des incidents. Ils sont suivis des pannes de véhicule, à 34 %. Ces deux problèmes constituent près de 85 % des incidents sur ce véhicule.

Le graphique ci-dessous représente les types d'incidents :



REPARTITION DES INCIDENTS SUR LE VEHICULE 746

Les lignes auxquelles ce véhicule a été affecté sont les suivantes :



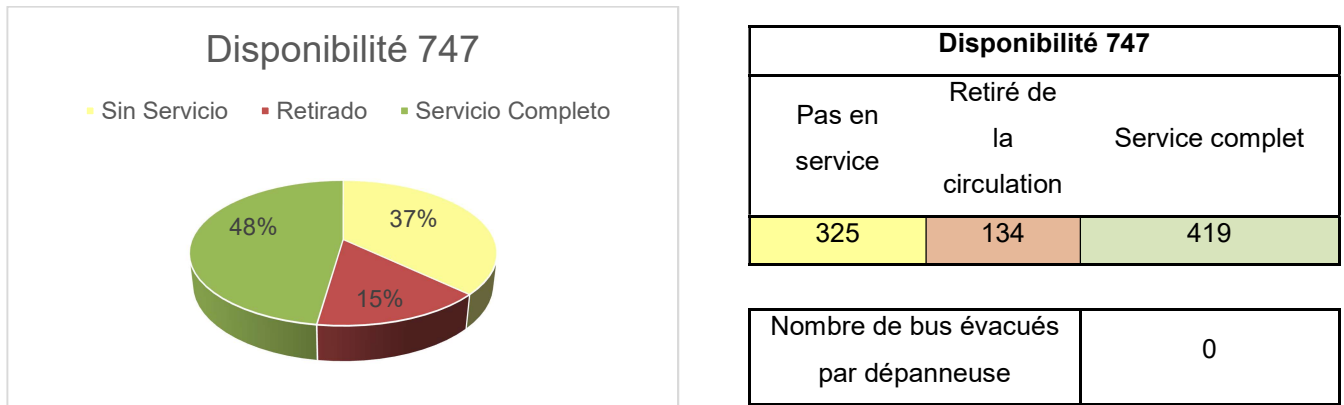
LIGNES AUXQUELLES LE VEHICULE 746 A ETE AFFECTE

Comme le montrent le graphique et le tableau ci-dessus, dans 40 % des cas, ce véhicule était affecté à la ligne 21. La ligne 26 représente le deuxième pourcentage le plus élevé, avec 28 % des affectations. À elles deux, les lignes 21 et 26 représentent 7 affectations sur 10, comme pour le véhicule 745.

Sur les 991 jours analysés, le véhicule 746 a parcouru un total de **135 467 kilomètres**, ce qui en fait l'unité qui a parcouru le plus de kilomètres sur les trois véhicules étudiés.

3.3.3 Véhicule 747 (Irizar i2e)

Sur les 991 jours analysés, le véhicule 747 a été mis en service pendant 553 jours. Parmi ces 553 jours, 419 (75,76 %) se sont déroulés sans incident. Les 134 autres (24,23 %) ont été marqués par un incident, quel qu'il soit. Le graphique ci-dessous récapitule ces données :



DISPONIBILITE DU VEHICULE 747

Le tableau ci-dessous répertorie en détail les types d'incidents. :

DBUS-747	Incidents	%
Non disponible	134	
Panne	49	36,5671642
Problème d'autonomie	69	51,4925373
Indication atelier	7	5,2238806
Entretien requis	5	3,73134328
Accident	4	2,98507463

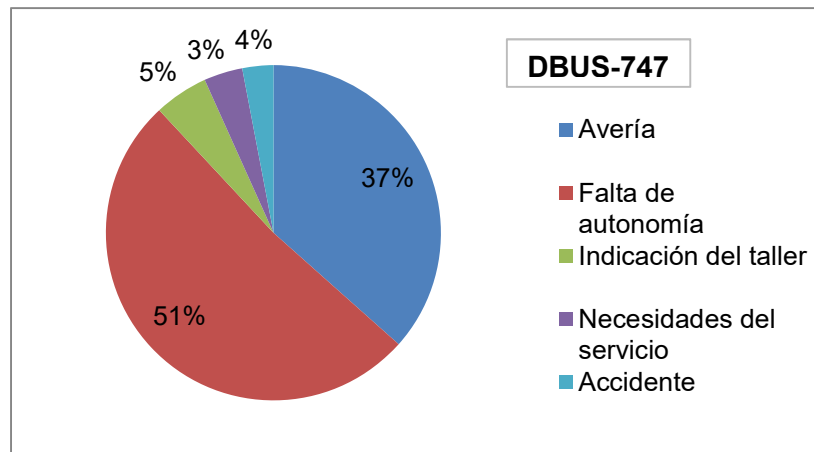
REPARTITION DES INCIDENTS SUR LE VEHICULE 747

Comme le montre le tableau ci-dessus, sur ce véhicule, les problèmes d'autonomie sont l'incident le plus fréquent, puisqu'ils représentent plus de 50 % des incidents.

Le deuxième problème le plus courant est la panne de véhicule, qui représente 36,6 % de tous les incidents enregistrés.

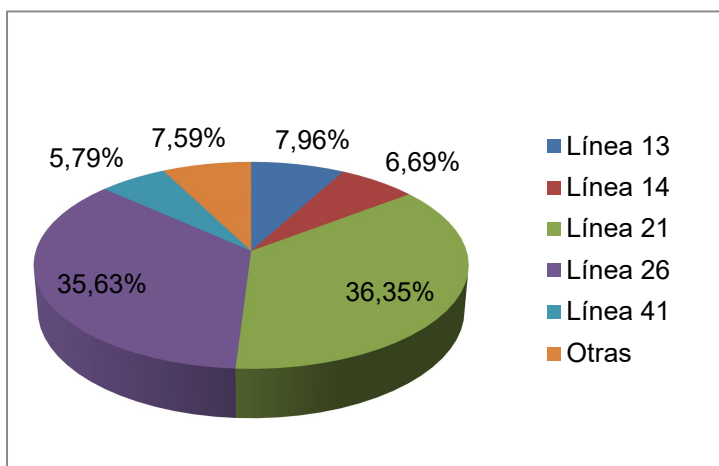
Ces deux problèmes (problème d'autonomie et panne de véhicule) représentent 88 % des incidents sur ce véhicule, si bien que les autres incidents peuvent être considérés comme résiduels. Le véhicule 747 est celui qui a été le plus souvent impliqué dans des accidents : à 4 reprises, contre un seul incident de ce type sur le véhicule 746 et aucun sur le véhicule 745.

Le graphique ci-dessous représente les incidents survenus sur ce véhicule au cours des 991 jours et leur répartition :



REPARTITION DES INCIDENTS SUR LE VEHICULE 747

Les lignes auxquelles ce véhicule a été affecté sont les suivantes :



DBUS-747

LIGNES AUXQUELLES LE VEHICULE 747 A ETE AFFECTE

Ligne	Affectations	%
Ligne 13	44	7,9566004
Ligne 14	37	6,6907776
Ligne 21	201	36,347197
Ligne 26	197	35,62387
Ligne 41	32	5,7866184
Autres	42	7,5949367
Total	553	100

Comme le montrent le graphique et le tableau ci-dessus, dans 36 % des cas, ce véhicule était affecté à la ligne 21. La ligne 26 représente le deuxième pourcentage le plus élevé, avec 35 % des affectations, soit quasiment le même nombre que la ligne 21. À elles deux, les lignes 21 et 26 représentent 7 affectations sur 10, comme pour les véhicules 745 et 746.

Au cours des 991 jours analysés, le véhicule 747 a parcouru un total de **128 126 kilomètres**.

Les 3 véhicules Irizar i2e affichent une disponibilité moyenne de 55 %.

3.3.4 Véhicule 674 (Vectia Veris.12)

Pendant environ 6 mois (à partir de septembre 2018), DBUS a testé un bus hybride électrique de 12 mètres de long, le Veris.12 Partial Electric, sur les lignes 9, 13 et 14 desservant les quartiers d'Altza, Bidebieta, Gros, Egia et Intxaurreondo.



LE VECTIA VERIS.12 PARTIAL ELECTRIC DE DBUS

Comme il s'agit de la version partiellement électrique, le bus fonctionne à la fois en mode hybride et en mode électrique sans nécessiter de recharge externe ni d'infrastructure de recharge, que ce soit au dépôt ou sur son itinéraire. Le bus change par ailleurs de mode de conduite via le GPS, de sorte qu'aucune intervention du chauffeur n'est nécessaire. Dans le détail, les zones au sein desquelles il passe en 100 % électrique sont : le centre-ville, Gros, Altza (Harria parkea-Lauaizeta) et Bidebieta.

Le tableau ci-dessous récapitule le carburant consommé et les kilomètres parcourus en 2018 et 2019 :

	Kilomètres parcourus	Gazole/an	Gazole/100 km	Additif/an	Additif/100 k m
Année 2019	9 250,79	3 570,03	38,59	255,01	2,76
Année 2018	16 220,45	5 839,06	36	365,45	2,25
Moyenne (pond.)	-	-	36,94	-	2,44
Total	25 471,24	9409,09	-	620,46	-

KILOMETRAGE ET CONSOMMATION DU VEHICULE 674 EN 2018 ET 2019

Pour un véhicule diesel, la consommation de carburant est de l'ordre de 40 à 50 litres aux 100 kilomètres. Si l'on prend une valeur de 50 litres pour un véhicule classique, la consommation de diesel marque une baisse de 26,12 % sur l'unité 674.

Aucun incident ni problème n'est survenu pendant cet essai, bien qu'il faille noter la possibilité d'évoluer vers une traction 100 % électrique dans la version Full Charge.

3.4 Principaux facteurs conditionnant le rendement et son impact

3.4.1 Caractéristiques des lignes

Les caractéristiques des lignes, en particulier la longueur de chaque itinéraire (qui détermine le nombre de kilomètres que chaque bus va parcourir sur une journée) et le profil longitudinal, font que les différents itinéraires sont plus ou moins difficiles pour des bus électriques.

Voici un tableau comparatif des différentes lignes analysées :

Ligne	Km/bus/jour	Écart points haut-bas (m)	Dénivelé cumulé (m)
Ligne 13	135	60-94	174-237
Ligne 14	170	44	92
Ligne 21	150	2	5
Ligne 26	230	10-11	29-31
Ligne 41	205	48	105

LONGUEUR ET PROFIL DES LIGNES 13, 14, 21, 26 ET 41

Le tableau ci-dessus montre que la ligne 21 est la plus propice à l'utilisation de bus électriques, car elle est plate sur tout le parcours et, sur une journée complète d'exploitation, le nombre de kilomètres à parcourir est modéré (même s'il n'est pas le moins élevé de toutes les lignes). Par conséquent, de par ses caractéristiques (longueur et profil longitudinal/dénivelé), la ligne 21, qui relie le centre-ville à Amara, est adaptée à l'utilisation de bus électriques, car son itinéraire s'avère peu exigeant.

Sur la base de ces mêmes critères, la ligne la plus défavorable parmi celles qui ont été analysées est la 13. Bien qu'elle soit la moins exigeante en ce qui concerne le nombre de kilomètres, elle présente sur ses deux itinéraires des conditions difficiles, puisque, comme le montrent les profils longitudinaux des deux itinéraires, cette ligne traverse à la fois des zones plates et des pentes, cumulant un dénivelé supérieur à 200 mètres sur son itinéraire le plus exigeant.

Les caractéristiques des différentes lignes ont un impact évident et direct sur la consommation de carburant et donc sur les performances des bus électriques. Pour preuve, la ligne 21 a présenté seulement 33 problèmes d'autonomie en 991 jours, contre 142 incidents du même type sur la ligne 26, qui est plus exigeante de par ses caractéristiques.

3.4.2 Fiabilité des véhicules

Le tableau ci-dessous récapitule les pannes survenues sur les bus électriques au cours des 991 jours analysés :

Véhicule	Pannes	% des incidents totaux	Km parcourus	Pannes/km
745	71	51,0791367 %	75 881	0,09356755973
746	53	34,4155844 %	135 467	0,03912391947
747	49	36,5671641 %	128 126	0,03824360395

PANNES SURVENUES SUR LES VEHICULES 745, 746 ET 747

D'après le tableau ci-dessus, le véhicule 745 a été le moins fiable d'un point de vue technique, pendant la période analysée. Néanmoins, lorsque l'on étudie l'affectation des bus sur chaque ligne, on constate que le véhicule 745 est celui qui a été affecté le moins souvent à la ligne 21 et celui qui a été affecté le plus souvent aux autres lignes, dont les caractéristiques sont plus exigeantes, comme expliqué précédemment. À noter également que le véhicule 745 a parcouru le moins de kilomètres parmi les trois unités analysées : 75 881 kilomètres, contre 135 467 kilomètres pour le véhicule 746, et 128 126 pour le véhicule 747.

L'impact et l'importance de la fiabilité des véhicules sont évidents. Les véhicules 745, 746 et 747 cumulent 173 pannes au cours des 991 jours analysés. Dans la pratique, une panne signifie que le véhicule est retiré de la circulation, parfois pendant plusieurs jours, jusqu'à ce que le problème soit résolu et que le véhicule soit à nouveau opérationnel. Comme le véhicule ne peut plus être utilisé tant que la panne n'est pas résolue et ne peut donc être affecté à aucune ligne, il est rendu inutilisable et, en plus de devoir le réparer, il faut également le remplacer par un autre véhicule qui est opérationnel et peut assurer le service. Il est donc primordial de réduire au maximum les incidents techniques, par une maintenance préventive, une communication fluide au sein de l'entreprise et une communication externe avec les fabricants/fournisseurs...

Dans le cas des véhicules électriques, **il est possible d'améliorer leur fiabilité technique et donc leurs performances**. Les véhicules 746 et 747 présentent un taux de pannes similaire aux 100 kilomètres. Sur le véhicule 745, en revanche, ce taux est plus élevé. S'il est vrai que le véhicule 745 a été affecté à des lignes plus difficiles, il pourrait être intéressant de mener une étude en collaboration avec le constructeur afin d'identifier les causes possibles de ces problèmes de performances et les mesures à adopter pour améliorer la fiabilité des véhicules.

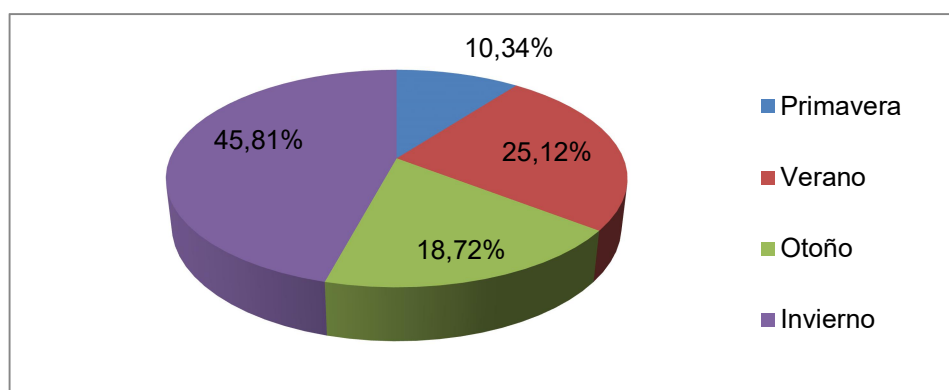
3.4.3 Conditions météorologiques

Au cours des 991 jours, 203 problèmes d'autonomie ont été enregistrés. Le tableau ci-dessous classe les 203 incidents de ce type selon la saison à laquelle ils sont survenus :

TOTAL	Incidents	Temp.	
		moyenne	%
Printemps	21	15,77583333	10,3448276
Été	51	21,23977743	25,1231527
Automne	38	11,59181698	18,7192118
Hiver	93	7,759141973	45,8128079
Total	203	-	-

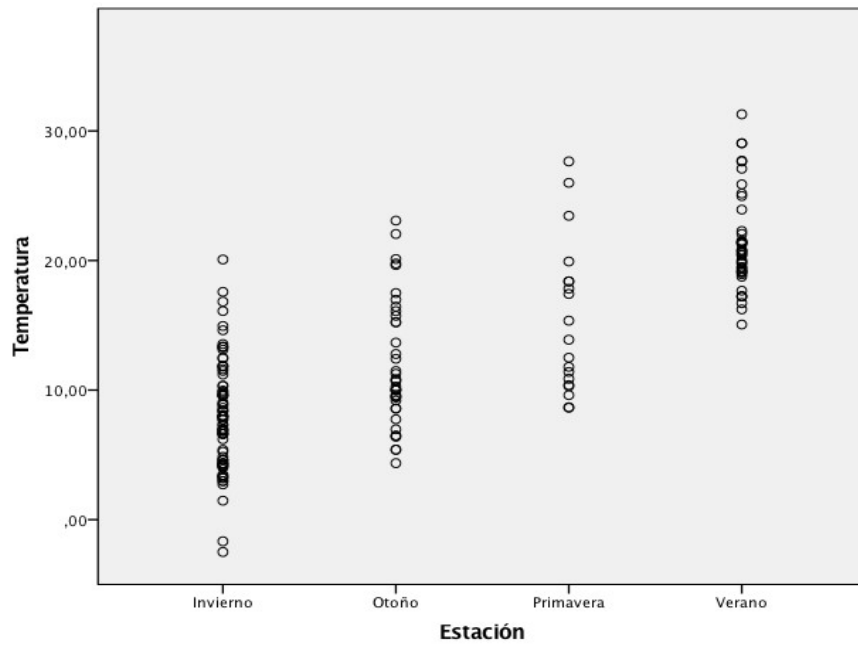
PROBLEMES D'AUTONOMIE : REPARTITION SELON LES SAISONS

D'après le tableau ci-dessus, on peut conclure que près de la moitié des incidents de ce type se produisent en hiver. Le deuxième pourcentage le plus élevé correspond à l'été, avec plus de 25 %. Les deux saisons où les températures sont les plus extrêmes cumulent plus de 70 % des problèmes d'autonomie. La température moyenne des jours où ce type d'incident est survenu a également été calculée. Pour ce faire, la température maximale a été ajustée en la multipliant par 1,1, puis la moyenne de la température maximale ajustée et de la température minimale a été calculée. Cet ajustement a pour but de tenir compte des heures auxquelles les bus circulent réellement, puisque la température minimale est généralement mesurée la nuit, alors qu'il y a peu ou pas de bus en service. On constate que, les jours où des problèmes d'autonomie sont survenus en été et en hiver, la température moyenne était respectivement de 21 °C et 7 °C, ce qui donne une idée des plages dans lesquelles la consommation d'énergie des bus électriques augmente, diminuant leur efficacité et accentuant le risque de problème d'autonomie. Le graphique ci-dessous représente la répartition des problèmes d'autonomie en fonction des saisons.



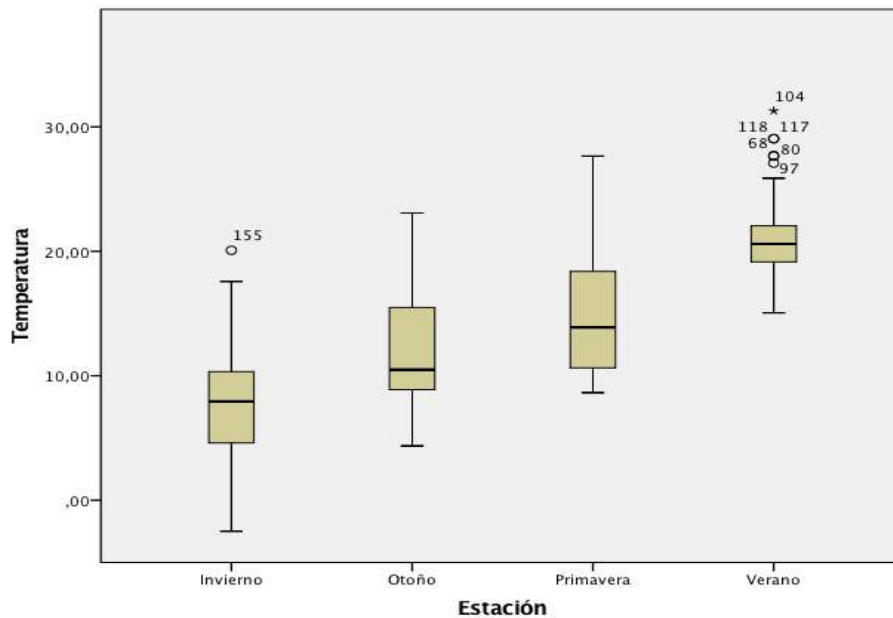
PROBLEMES D'AUTONOMIE : REPARTITION SELON LES SAISONS

Si l'on reporte sur un graphique les températures moyennes pour chaque jour où un problème d'autonomie est survenu, le résultat est le suivant :



TEMPERATURE CHAQUE JOUR OU UN PROBLEME D'AUTONOMIE EST SURVENU

Ci-dessous, les différents incidents sont regroupés dans des graphiques de type boîtes à moustaches afin d'identifier le nombre médian pour chaque saison ainsi que les quartiles (distribution et dispersion des incidents) :



BOITE A MOUSTACHES : TEMPERATURE/SAISON

Le graphique ci-dessus montre qu'en hiver, 75 % des problèmes d'autonomie sont survenus les jours où la température moyenne était inférieure à 10 °C, tandis qu'en été, plus de 75 % des incidents se sont produits les jours où la température moyenne dépassait 19 °C. Par conséquent, **la température moyenne critique (ajustée), au-delà de laquelle la consommation d'énergie des bus électriques augmente, tout comme le risque de problème d'autonomie, est d'environ 10 °C (les valeurs critiques étant toutes les températures qui se situent en dessous de ce seuil) et 18 °C (les valeurs critiques étant toutes celles qui se situent au-dessus de ce seuil).**

En automne, 50 % des problèmes d'autonomie se sont produits lorsque la température était inférieure aux moyennes de saison. Dans le cas du printemps, la plage de températures est modérée ; il n'y a donc pas a priori de lien direct entre la température et la survenue de ces incidents. Cette absence de lien concorde avec le fait que cette saison représente seulement 10 % des problèmes d'autonomie. En l'absence de températures extrêmes, les incidents survenus en cette saison ne semblent pas dus à des températures basses/élevées, mais à d'autres facteurs.

En prenant les valeurs médianes (position centrale) et les écarts types, on obtient la plage de températures optimale. Cette plage optimale se situe dans la tranche inférieure en été et dans la tranche supérieure en hiver, ces deux saisons concentrant 70 % des problèmes d'autonomie.

	Valeur médiane	Écart type	Tranche supérieure	Tranche inférieure
Printemps	13,89	5,82651	19,71651	8,06349
Été	20,5975	3,63150	-	16,966
Automne	10,4750	4,80221	15,27721	5,67279
Hiver	7,9350	4,22998	12,16498	-

VALEURS MEDIANES ET ECARTS TYPES. PROBLEMES D'AUTONOMIE

En conclusion, d'après le retour d'expérience de ces 991 jours, la plage de températures moyennes optimale pour le fonctionnement des bus 100 % électriques se situe entre 12,16498 et 16,966 °C. La plupart des problèmes d'autonomie qui ont été enregistrés se concentrent en dehors de cette fourchette.

3.4.4 Taux d'occupation des véhicules

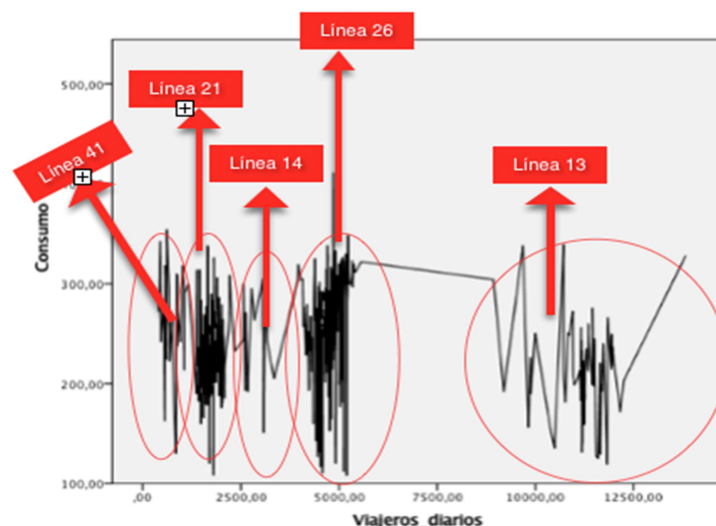
En prenant comme référence le nombre de passagers en 2018, la fréquentation moyenne sur chacune des 5 lignes analysées (jours ouvrables, samedis et jours fériés) est la suivante :

	Jours ouvrables	Samedis	Jours fériés	Total
Ligne 13	11 484 passagers	10 130 passagers	6 818 passagers	313 262 passagers
Ligne 14	4 082 passagers	3 146 passagers	1 844 passagers	104 895 passagers
Ligne 21	1 819 passagers	1 807 passagers	760 passagers	47 876 passagers
Ligne 26	4 093 passagers	4 804 passagers	2 486 passagers	132 252 passagers
Ligne 41	1 035 passagers	614 passagers	237 passagers	24 019 passagers

NOMBRE DE PASSAGERS : ANNEE 2018

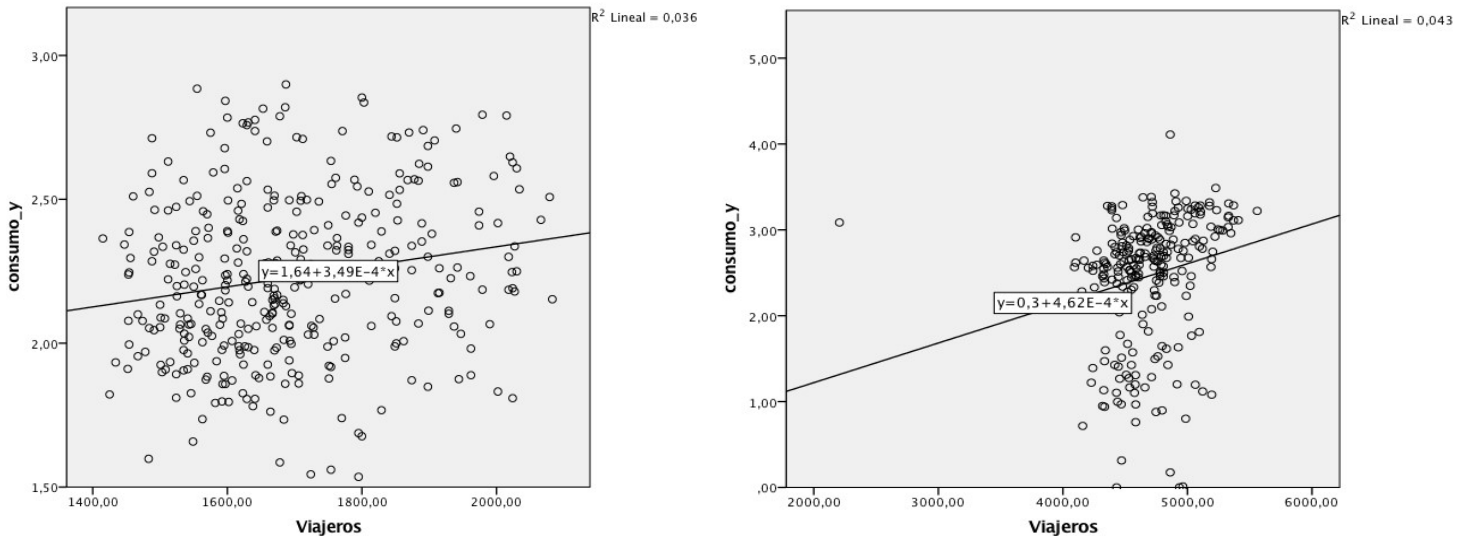
La ligne 13 est la plus exigeante, compte tenu du nombre de passagers sur chaque itinéraire. Parmi les cinq lignes analysées, celle qui transporte le moins de passagers et qui est donc la moins exigeante de ce point de vue, est la 41, suivie de la 21. Rappelons toutefois que, au vu des caractéristiques de chaque ligne, il a été conclu précédemment que la ligne la plus propice à l'utilisation des bus électriques était la 21, tandis que la ligne 13 était la plus défavorable. En intégrant le nombre de passagers, on constate que la ligne 13 est à nouveau la plus défavorable, tandis que la ligne 21, a priori, est propice à l'utilisation des bus électriques en ce qui concerne sa fréquentation (même si la ligne 41 transporte moins de passagers).

Le graphique ci-dessous représente la consommation quotidienne par rapport au nombre de passagers sur chaque ligne :



CONSOMMATION/FREQUENTATION QUOTIDIENNE DE CHAQUE LIGNE

Le graphique ci-dessus montre qu'il n'existe aucun lien direct ni déterminant entre ces deux données, car toutes les lignes présentent une consommation similaire, malgré des écarts considérables en ce qui concerne le nombre de passagers. Dans tous les cas, l'analyse doit être faite ligne par ligne. Quand on examine les lignes 21 et 26, qui présentent le plus de données, on obtient la régression linéaire ci-dessous :



REGRESSION LINEAIRE CONSOMMATION/FREQUENTATION : LIGNES 21 (GAUCHE) ET 26 (DROITE)

Les modèles obtenus (légèrement plus solides dans le cas de la ligne 26) montrent **qu'il existe un lien minime entre le nombre de passagers et la consommation, ce lien étant directement proportionnel. Cependant, ce lien est si restreint (modèles de régression linéaire très faibles) qu'une analyse désagrégée examinant uniquement ce facteur n'aurait aucun sens.** D'autres facteurs ont un impact plus important : par exemple, les caractéristiques de l'itinéraire, les conditions météorologiques, le style de conduite... Le nombre de passagers ne varie pas suffisamment pour influencer réellement la consommation.

3.4.5 Consommation

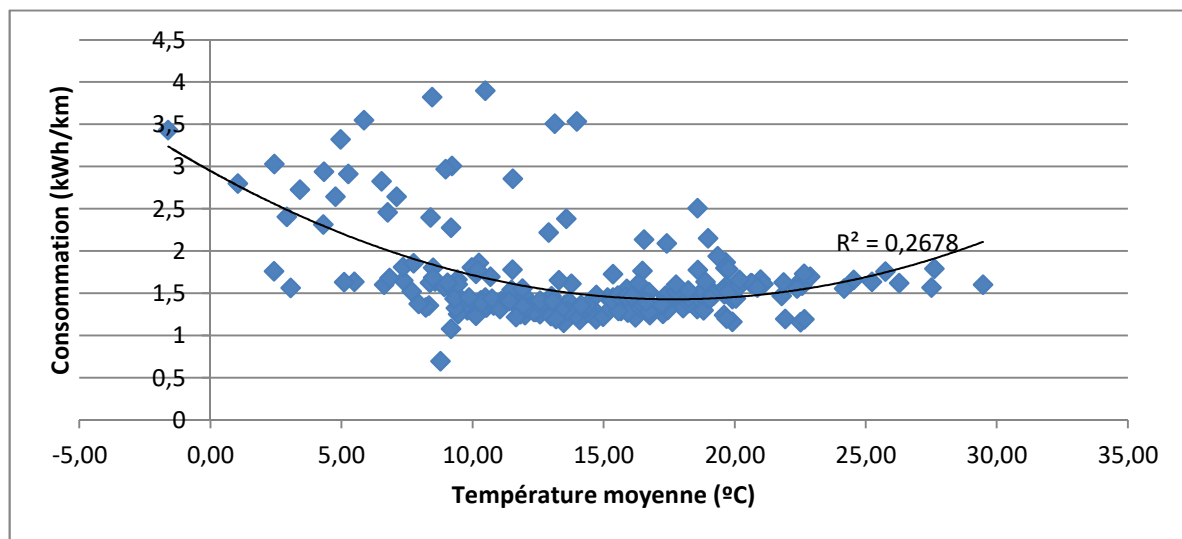
Les données de consommation de 2018 et leur lien avec le nombre de kilomètres parcourus par chaque véhicule sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Véhicule	Consommation (énergie)	Kilomètres parcourus	E/100 Km
745	58 651,380	30 162,02	194,454
746	55 587,7045	35 050,08	158,595
747	52 836,702	32 684,02	161,659
TOTAL	97 896,12	157 342,66	160,724

CONSOMMATION DES VEHICULES 745, 746 ET 747 EN 2018

Comme dans l'analyse des pannes survenues sur chaque véhicule, le bus le moins bien classé en ce qui concerne la consommation est à nouveau le véhicule 745.

En outre, durant les mois où le système de climatisation est utilisé de manière plus intensive, la consommation augmente. Le graphique ci-dessous montre le lien entre ces deux variables :



REGRESSION QUADRATIQUE CONSOMMATION/TEMPERATURE

S'il est vrai que la régression obtenue n'est pas solide, on observe malgré tout que : **lorsque les températures atteignent des valeurs extrêmes (et que les systèmes de climatisation sont utilisés plus intensivement), la consommation augmente ; lorsque les valeurs sont proches de la moyenne, la consommation est plus modérée**. La ville étant située dans un climat froid, les températures basses sont plus fréquentes que les températures élevées, ce qui se reflète également dans le graphique ci-dessus. Enfin, l'impact sur la consommation est plus important lorsque les températures sont basses que lorsqu'elles sont élevées.

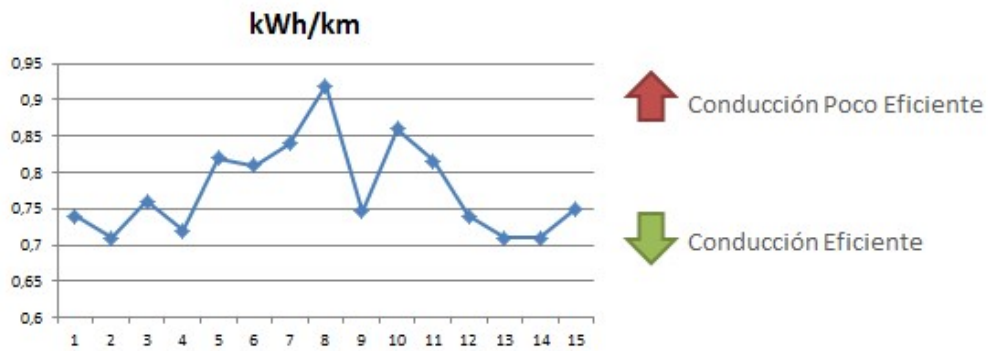
3.4.6 Style de conduite

Dans des conditions similaires, les données recueillies montrent un écart pouvant atteindre 0,88 kWh/km entre les chauffeurs le plus efficace et le moins efficace. Il est donc difficile de prédire avec précision la consommation d'un véhicule, car cette dernière dépend de l'efficacité du conducteur.

En outre, comme nous l'avons déjà vu, l'utilisation du système de climatisation a un impact considérable sur la consommation d'énergie du véhicule. Il est donc essentiel d'adopter une approche efficace et adaptée dans la gestion de ce système. Lorsque les températures sont élevées ou basses, la climatisation devient davantage nécessaire, ce qui augmente bien entendu la consommation de la batterie. Par conséquent, la climatisation doit être utilisée uniquement en cas de stricte nécessité, selon une méthode optimisée.

De même, le retour d'expérience des bus électriques DBUS a montré que le désembuage restait activé pendant de longues périodes, alors que son utilisation a un impact sur la consommation. Pour éviter ce problème et en coopération avec le fabricant, un nouveau système permettant de chauffer l'eau et de désactiver le désembuage pendant 5 minutes a été développé et installé.

Pour améliorer les styles de conduite de manière à maximiser l'efficacité des véhicules électriques, les chauffeurs doivent être formés. La formation aux stratégies de conduite et aux économies d'énergie pendant la conduite, ainsi que la formation à l'utilisation des nouvelles fonctionnalités (EcoMode, voyants lumineux d'entretien et EcoAssist) sont les principales solutions pour garantir une plus grande efficacité de ces véhicules, du moins jusqu'à ce que la technologie soit sensiblement améliorée.



DIFFERENCE DE CONSOMMATION SELON LE TYPE DE CONDUITE

3.5 Bilan de l'utilisation à Saint-Sébastien

3.5.1 Fonctionnement dans les dépôts DBUS

Du lundi au vendredi, tous les véhicules (y compris ceux qui n'ont pas été en service) passent par la chaîne de nettoyage/ravitaillement. Entre 19h et 21h45, deux personnes se consacrent à ces tâches, à un rythme d'environ 16 bus par heure. À partir de 21h45, deux personnes supplémentaires se joignent à l'opération, en renfort, car c'est à cette heure qu'un grand nombre de véhicules rentrent aux dépôts. À partir de 23h, deux personnes sont à nouveau affectées à ces fonctions. Entre 22h et 23h, le volume des véhicules en attente d'entretien est supérieur aux capacités des équipes. C'est pourquoi, en attendant d'être nettoyés/ravitillés, un certain nombre de véhicules sont garés à proximité des installations de DBUS, sans gêner la circulation. Cela vaut également pour les bus électriques, qui ne nécessitent pas de ravitaillement en carburant, mais doivent malgré tout être nettoyés. Le temps étant un facteur clé dans le processus de recharge, cela pose considérablement problème qu'un véhicule électrique soit à l'arrêt et perde ainsi du temps de charge. La solution adoptée consiste à accorder la priorité à ces types de véhicules afin qu'ils puissent être nettoyés le plus rapidement possible. Même en procédant ainsi, les véhicules électriques arrivent au point de recharge vers 23h30, ce qui se traduit par un temps de recharge maximal de 7 heures, jusqu'à leur mise en service à 6h30 le lendemain. Le retour d'expérience montre que cette durée n'est pas suffisante pour atteindre une charge complète lorsque le véhicule électrique arrive au dépôt vide (état de charge < 10 %).

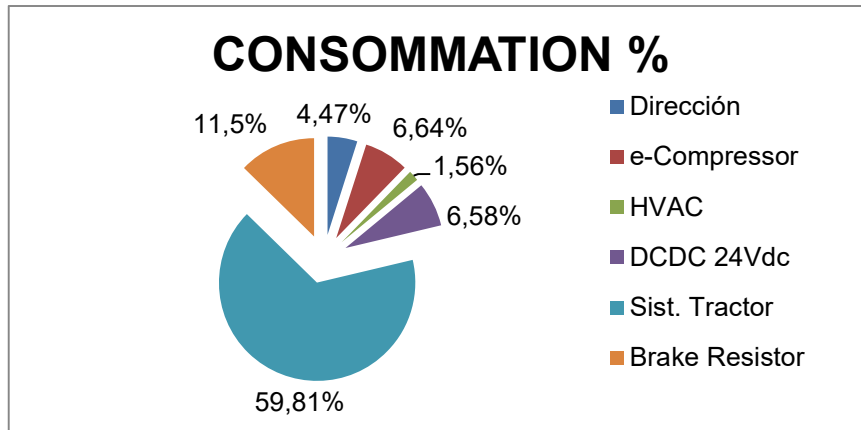
Une fois les véhicules branchés, les batteries de type ZEBRA (Na-Ni) nécessitent parfois un adaptateur secteur supplémentaire, afin que la batterie elle-même atteigne la température de fonctionnement optimale. Cela peut poser problème si la communication entre le directeur technique et le responsable de nuit n'est pas optimale (surtout quand ces postes sont provisoirement occupés par des remplaçants).

De plus, aucun avertissement visuel ne signale les éventuels problèmes rencontrés lors de la recharge, si bien que les incidents sont détectés seulement le lendemain matin, alors qu'il est trop tard pour les résoudre (ce qui ajoute un niveau d'incertitude à l'exploitation de ces véhicules).

3.5.2 Enseignements tirés et mesures adoptées pour améliorer l'efficacité

Collaboration avec Irizar

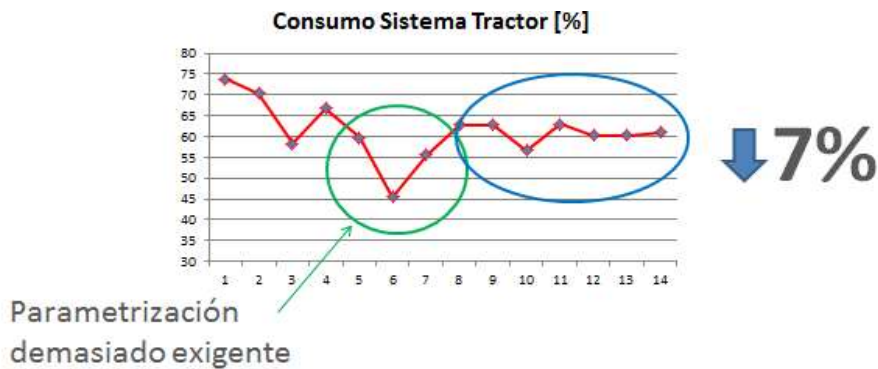
DBUS a maintenu un contact permanent avec le constructeur de véhicules électriques (Irizar). Les informations fournies par DBUS à Irizar concernant les pannes les plus fréquentes et les conditions dans lesquelles les bus sont moins efficaces, sont très utiles au fabricant. D'ailleurs, ce dernier a également décidé d'installer des équipements de collecte de données afin de les analyser dans un second temps. L'objectif était de connaître en détail la répartition de la consommation d'énergie, le résultat étant le suivant :



REPARTITION DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE

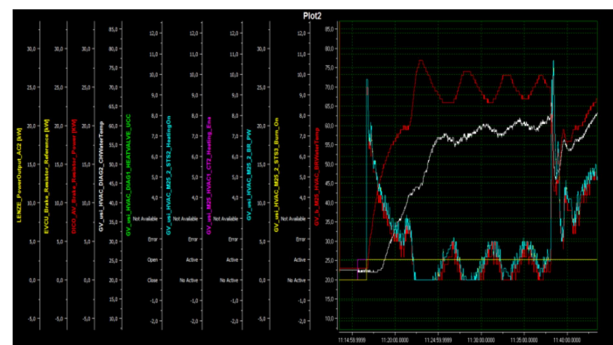
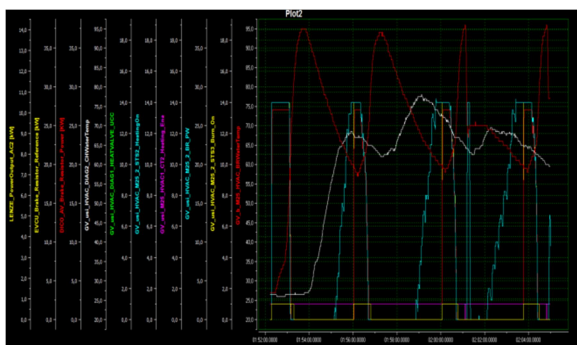
Plan d'action

- Système de traction : définition d'une série de paramètres pour optimiser la consommation d'énergie.



CONSOMMATION DU SYSTEME DE TRACTION

- HVAC (système de climatisation) : développement et mise en place d'un nouveau système de contrôle pour optimiser son fonctionnement.
- UCC (système de désembuage) : développement et mise en place d'un nouveau système de chauffage de l'eau et de désactivation du désembuage pendant 5 minutes, à la demande.



REGULATEUR PID CHAUFFAGE DE L'EAU : AVANT (A GAUCHE) ET APRES (A DROITE)

- Système de stockage : réduction des temps de charge en collaboration avec FIAMM.

- Formation des chauffeurs : formation aux stratégies de conduite et d'économie d'énergie pendant le service, et formation à l'utilisation des nouvelles fonctionnalités (EcoMode, voyants lumineux d'entretien et EcoAssist).
- Optimisation des systèmes auxiliaires, par exemple la nouvelle gestion du contrôle de la pompe de direction.

Axes de travail futurs

- a) Optimisation des processus de recharge.

Pour que les bus électriques fonctionnent bien et soient techniquement viables, il faut que leurs batteries puissent être rechargées complètement en 7 heures ou moins. Les heures de fonctionnement sont les mêmes que pour les bus diesel, qui n'ont pas de limitation de 7 heures pour le ravitaillement. Par conséquent, pour pouvoir concurrencer les véhicules diesel en termes d'efficacité et d'opérabilité, le processus de recharge est un élément clé.

En ce sens, il est intéressant de développer et déployer un système **SCADA** (Supervisory Control and Data Acquisition - supervision, contrôle et acquisition de données) qui surveille automatiquement l'ensemble du processus et qui soit capable de détecter et de signaler tout incident ou problème dès qu'il survient. Ce système contribuerait à garantir le bon déroulement des processus de recharge et la charge des véhicules à 100 %, enjeux qui, comme nous l'avons vu, sont essentiels pour assurer l'autonomie nécessaire au véhicule pendant sa journée de mise en service.

En plus des éléments ci-dessus, l'expérience de DBUS repose sur seulement 3 bus, nombre qui ne représente pas un défi, en termes de temps, de moyens matériels et de ressources humaines, lorsqu'il s'agit de brancher et débrancher ces trois véhicules. Toutefois, avec un nombre plus important de véhicules électriques, il serait souhaitable de mettre sur pied un système plus rapide et plus efficace de branchement des véhicules sur le réseau. La solution pourrait passer par des pantographes, qui permettraient au chauffeur lui-même de garer le véhicule et de le connecter au réseau rapidement et sans nécessiter de personnel supplémentaire.

- b) Systèmes avancés d'aide à la conduite (ADAS).

Les systèmes avancés d'aide à la conduite (ADAS) sont des dispositifs dont la fonction est d'automatiser, d'adapter ou d'améliorer les systèmes des véhicules pour augmenter la sécurité et optimiser la conduite. En matière de sécurité, ces systèmes comprennent, par exemple, la détection des objets/personnes pour prévenir les accidents. Les fonctions adaptatives sont par exemple le contrôle automatique des feux, du freinage, de la stabilisation, les systèmes d'avertissement lorsque d'autres véhicules sont trop proches ou en cas de danger sur la route, les systèmes de détection de la voie pour éviter les sorties de route, etc.

Dans ce domaine, Datik a intégré des systèmes avancés d'aide à la conduite sur les véhicules diesel et travaille actuellement, en collaboration avec DBUS, sur des systèmes de ce type compatibles avec l'ensemble du parc.

Ces systèmes font appel à des technologies d'intelligence artificielle, ainsi qu'à des capteurs pour la collecte de données.

En effet l'analyse du style de conduite des chauffeurs est utile pour identifier les points à améliorer. Les données collectées sont notamment les accélérations ou freinages soudains, les sursrégimes, les vitesses excessives, etc. La technologie des batteries étant encore en cours de développement, l'optimisation du style de conduite fait partie des principaux axes de travail en vue d'augmenter l'autonomie et l'efficacité des véhicules.



EXEMPLE DE SYSTEME AVANCE D'AIDE A LA CONDUITE DE DATIK

c) Amélioration des batteries.

Comme indiqué précédemment, les batteries sont encore en cours de développement et leur marge de progression est considérable en ce qui concerne leurs performances. Leur limite principale est leur capacité, qui conditionne clairement l'autonomie du véhicule. Des batteries plus légères, plus sûres ou moins vulnérables aux facteurs extérieurs tels que les conditions météorologiques : telles sont les principales lignes d'action sur lesquelles les fabricants travaillent en ce moment.

À l'heure actuelle, sur l'i2e d'Irizar, une batterie lithium-ion (oxyde de titanate de lithium, LTO) vient remplacer la batterie Na-Ni qui équipe les trois modèles utilisés par DBUS. Les caractéristiques de cette nouvelle batterie lithium-ion, selon le fabricant (et donc théoriques), sont les suivantes :

Recharge au dépôt :

- énergie installée : 375 kWh (selon les besoins du client) ;
- 100 kW ;
- 3/4 h.

Recharge par opportunité :

- 90 kWh (selon les besoins du client) ;
- puissance : 500 kW ;

- temps de charge : 5 minutes.

d) Branchement automatique + point de recharge intelligent (Smart Charging Unit).

Des chargeurs qui se brancheraient et se débrancheraient en toute autonomie permettraient de maximiser les temps de charge, puisque les véhicules seraient en charge à chaque minute passée dans les dépôts.

De plus, il arrive que les batteries ZEBRA refroidissent et nécessitent un branchement au secteur pour retrouver leur température de fonctionnement. Ce phénomène pose problème, car la température de la batterie ne fait pas l'objet d'une surveillance constante. Ainsi, ce refroidissement est souvent détecté seulement au moment où l'on constate que le véhicule ne se recharge pas comme prévu. Lorsque cela se produit, les techniciens d'Irizar sont appelés pour confirmer que les batteries ont refroidi, puis le chef d'atelier est prévenu afin d'activer le branchement sur le courant alternatif.

Ce processus pourrait être optimisé si un système **SCADA** (Supervisory Control and Data Acquisition, mentionné ci-dessus) était conçu. Le bus transmettrait alors en permanence sa température au point de recharge, qui activerait automatiquement, par exemple, le branchement sur courant alternatif en cas de refroidissement de la batterie, ce qui résoudrait immédiatement le problème.



PROTOTYPE DE CHARGEUR AUTOMATIQUE : TESLA

3.5.3 Possibilité de ne plus avoir à recharger les véhicules au dépôt (Vectia)

Comme nous l'avons vu, sur les bus Irizar i2e, le processus de recharge au dépôt est fondamental et conditionne clairement l'opérabilité du véhicule.

Avec le bus Vectia, la possibilité de passer de la version Partial Electric à la version Full Charge rendrait facultatives les recharges au dépôt, qui pourraient être remplacées par des recharges au niveau des points de départ et des terminus. Ainsi, avec des recharges par opportunité de 5 minutes, en début et en fin de ligne, le véhicule pourrait fonctionner en 100 % électrique, tout en disposant d'un moteur thermique de secours, ce qui lui conférerait une plus grande disponibilité.

De par les caractéristiques des lignes DBUS et l'organisation opérationnelle mise en place pour assurer le service, la plupart des bus (70 sur les 107 qui sont mis en circulation chaque jour, soit 65 %) parcourent 200 kilomètres ou plus, à chaque journée d'exploitation. Cela signifie (compte tenu de la technologie 100 % électrique adoptée sur les autobus Irizar i2e) qu'il serait impossible de déployer des véhicules électriques sur la

majorité du parc, puisque, à leur stade de développement actuel, les batteries ne disposent pas d'une autonomie suffisante pour que 65 % des autobus DBUS qui circulent chaque jour puissent effectuer un service complet. En effet, d'après le retour d'expérience, il n'est pas recommandé d'exploiter les autobus Irizar i2e 100 % électriques sur des distances de plus de 180 kilomètres. La recharge par opportunité en début et fin de ligne élimine cette restriction de 180 kilomètres, puisque le bus est rechargé plusieurs fois dans la journée, à chaque fois qu'il passe par les arrêts en question.

Les caractéristiques générales du point de recharge seraient les suivantes :

- deux points de recharge, en début et en fin de ligne ;
 - puissance de 150 kW (pouvant être augmentée à 300 kW) ;
 - branchement électrique : 400 V triphasé.
- Un seul dispositif : grâce à des convertisseurs à l'intérieur du poteau, aucune construction supplémentaire n'est nécessaire.
 - Pantographe inversé : un seul pantographe pour tous les véhicules. (Remarque : le poids du véhicule augmente moins que si un pantographe était embarqué dans chaque véhicule, mais en cas de panne ou de défaillance du pantographe inversé, les conséquences seraient considérables et l'ensemble de la ligne serait immobilisé.)
 - Processus de recharge automatique.
 - Cahier des charges énoncé plus en détail dans OppCharge. Normalisation.

En fonction du type de véhicule et de l'organisation opérationnelle, trois propositions ont été formulées pour l'intégration du véhicule Veris.12 dans le parc DBUS...

- Scénario 1 : Veris.12 Partial Electric (les essais qui ont été menés correspondent à ce scénario).

Aucune infrastructure de recharge n'est nécessaire, ni sur la ligne ni dans les dépôts (ce qui élimine tout impact sur les temps de régulation). Son intégration est simple, quelle que soit la ligne choisie (car ce véhicule présente le même cahier des charges que les bus classiques). Il nécessite uniquement des zones hybrides pour la recharge dynamique du système d'accumulation. La traction est environ à 50 % électrique et 50 % diesel.

- Scénario 2 : Veris.12 Fast Charge (recharge 44 kWh-300 kW).

Ce modèle nécessite une infrastructure de recharge sur la ligne (OppCharge). Contrairement au scénario précédent, celui-ci a un impact sur les temps de régulation, car le véhicule doit rester immobile et inopérant pendant la recharge. Le bus est équipé d'un générateur de secours et la traction est 100 % électrique, sauf pendant l'utilisation de ce moteur de secours, quand il est de type thermique, par exemple.

- Scénario 3 : Veris.12 Full Electric (recharge 72 kWh-450 kW).

Ce modèle nécessite une infrastructure de recharge sur la ligne (OppCharge) et dans les dépôts. Tout comme le scénario 2, celui-ci a un impact sur les temps de régulation, car le véhicule doit rester immobile et inopérant pendant la recharge. Dans ce scénario en revanche, le générateur de secours n'est pas nécessaire et la traction est également 100 % électrique.

Dans la municipalité d'Irún, la ligne 1 est devenue la première du Pays basque à passer au 100 % électrique. La solution choisie est celle des bus électriques Vectia et de la recharge par opportunité, en utilisant des pantographes en début et en fin de ligne. Les batteries ont une autonomie de 15 kilomètres et la ligne parcourt une distance de 12 kilomètres. L'autonomie est donc suffisante pour relier les deux points de recharge (c'est-à-dire le point de départ et le terminus de la ligne).

Dans le cas de Saint-Sébastien, l'étude réalisée par Vectia sur les lignes 5, 13, 26 et 28 conclut (en l'absence de données plus détaillées) que le scénario 2 pourrait être appliqué à la ligne 5, tandis que le scénario 3 conviendrait aux 4 lignes analysées. Ces lignes pourraient donc passer au 100 % électrique si les points de recharge nécessaires sont construits et exploités uniquement avec ce type de véhicule.

En ce qui concerne le coût du véhicule, il est d'environ 335 000 euros pour le modèle Hybrid, 380 000 euros pour le modèle Partial Electric et 400 000 euros pour le modèle Full Charge. Pour l'installation du pantographe, le coût est estimé à environ 200 000 euros/unité.

3.5.4 Impact

Émissions de CO₂

Le CO₂, ou dioxyde de carbone, est un gaz dense, peu réactif et incolore qui fait partie de l'atmosphère. On considère généralement que les véhicules de toutes sortes sont responsables d'une grande partie des émissions de CO₂, alors qu'en réalité, seuls 15,9 % proviennent de véhicules à moteur thermique.

Les véhicules sont toutefois bel et bien la principale source de pollution atmosphérique dans l'environnement spécifique des villes et des agglomérations. Dans le cadre de l'accord de Paris, ratifié en 2015, 195 pays se sont engagés à limiter le réchauffement climatique à 2 degrés, objectif pour lequel il est essentiel de réduire le volume de CO₂ rejeté dans l'atmosphère. Dans ce domaine, la Commission européenne a également fixé une série d'objectifs ambitieux, qui nécessitent de réduire de 80 à 95 % les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050, en prenant comme référence les valeurs de 1990.

Grâce à des outils tels que les plans de mobilité urbaine durable (Sustainable Urban Mobility Plan, SUMP), les villes concrétisent ces objectifs fixés par des institutions comme l'Union européenne. Parmi les mesures les plus courantes à l'heure actuelle, elles adoptent des véhicules électriques dans les transports en commun ou la collecte des déchets.

En sachant que :

- 1 véhicule électrique qui parcourt 76 500 km réduit de 80 tonnes les émissions de CO₂/an ;
- sur une période de 991 jours, les véhicules électriques ont parcouru un total de 339 474 km :

$$\text{Émissions de CO}_2 \text{ évitées} = 80 * \frac{339\,474}{76\,500} = 355,00549 \text{ tonnes de CO}_2$$

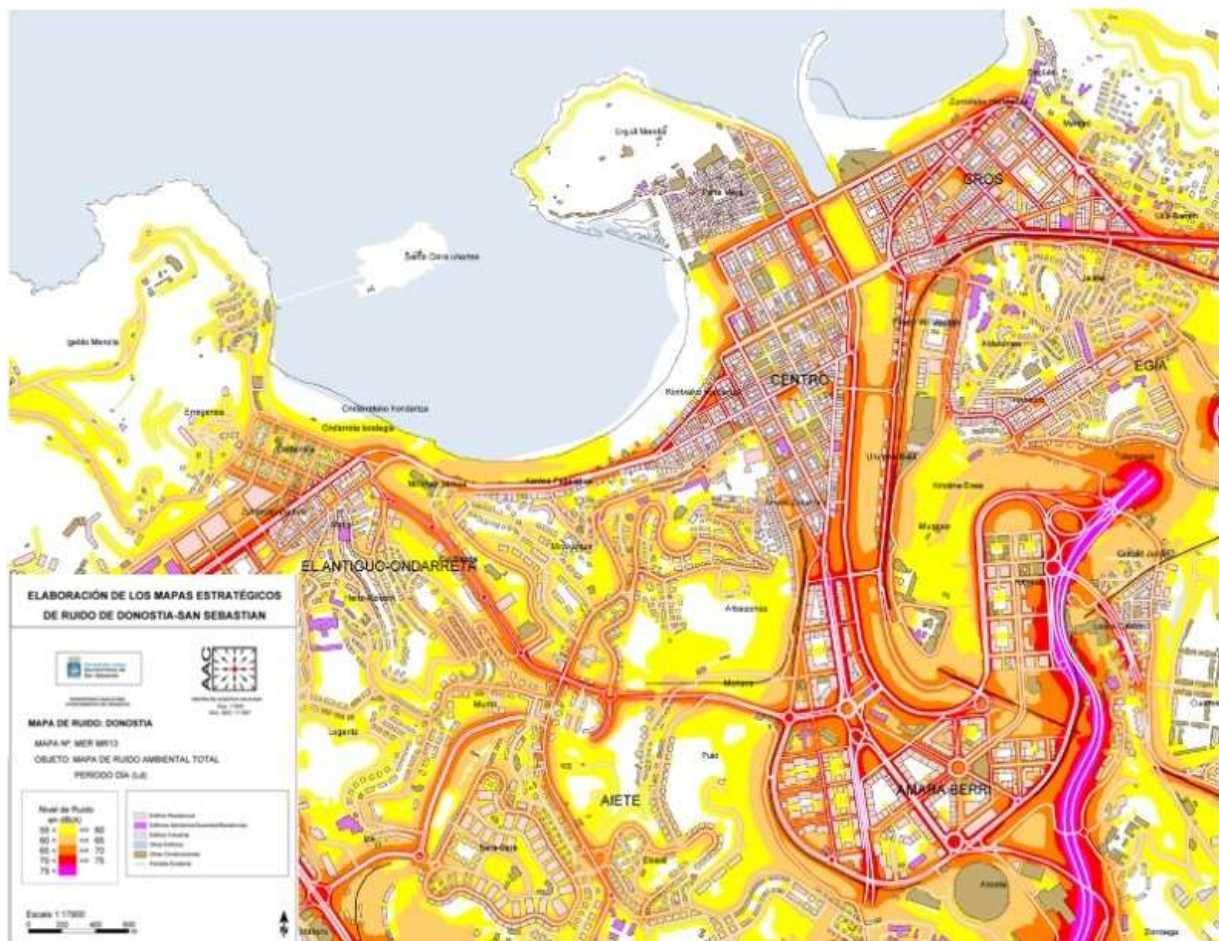
Selon les données officielles de la Commission européenne (EUROSTAT), en 2016, les émissions d'équivalent CO₂ par habitant se sont élevées à 7,3 tonnes (valeur inférieure à la moyenne de 8,7 tonnes par personne dans l'Union européenne). Par ailleurs, 1 tonne de CO₂ représente approximativement la quantité d'émissions produites en ville par une petite voiture parcourant 44 000 kilomètres, ou par un 4x4 parcourant 8 500 km.

Sur le plan économique, il n'existe actuellement aucun consensus quant au coût social d'une tonne de CO₂. À noter toutefois que dans une étude publiée en 2015, l'université de Stanford a estimé que ce coût pouvait atteindre 220 dollars.

Pollution sonore

La pollution sonore désigne la présence dans l'environnement de bruits ou de vibrations, quelle qu'en soit la source, bruits et vibrations qui entraînent une gêne ou un risque pour les personnes dans le cadre normal de leur activité, ou qui provoquent des effets importants sur l'environnement. La pollution sonore constitue actuellement l'un des principaux problèmes dans les zones urbaines, car : il s'agit de la pollution la moins chère à produire ; elle est difficile à mesurer et à quantifier ; et, contrairement aux autres polluants, elle n'est pas dispersée par des éléments naturels comme la pluie ou le vent. Rien qu'en Espagne, on estime qu'au moins 9 millions de personnes supportent des niveaux moyens de 65 décibels, à savoir la limite fixée par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS).

À Saint-Sébastien, la pollution sonore est répartie ainsi :

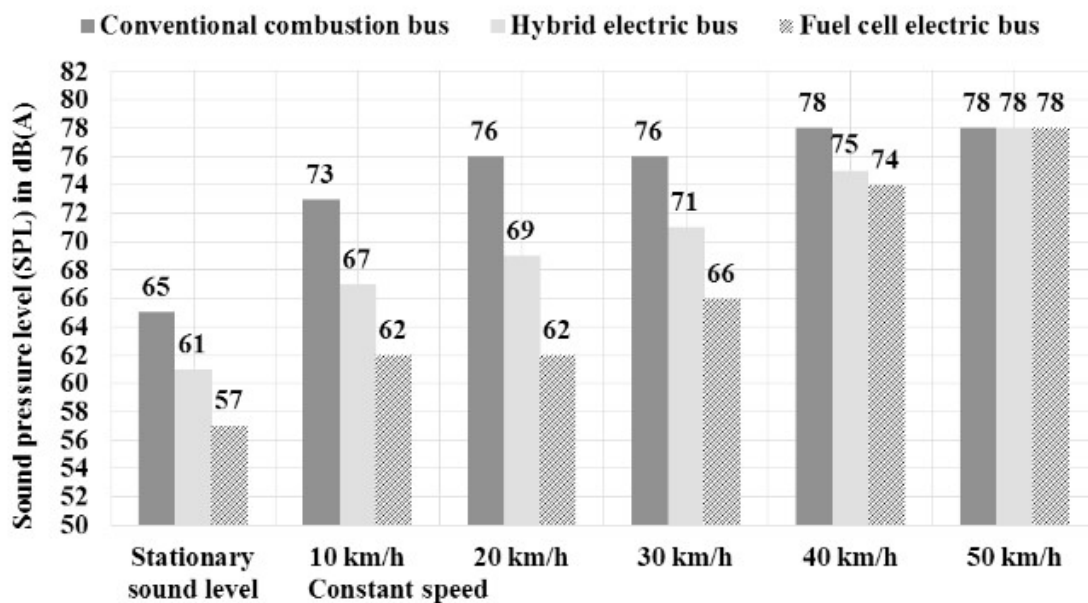


SAINT-SEBASTIEN : CARTE D'EXPOSITION AU BRUIT

Comme le montre cette carte, les principales voies de communication (celles où la circulation est la plus dense) cumulent le plus de bruit. En segmentant l'analyse par quartiers, on peut voir qu'Amara, de par sa proximité avec la N1, est la zone la plus exposée au bruit.

Or, par rapport aux bus classiques, les bus électriques ont précisément pour avantage de générer des niveaux de bruit plus faibles. Les bus à combustion classique sont ceux qui génèrent le plus de pollution sonore, devant les bus hybrides et enfin les bus à traction 100 % électrique. Il est toutefois important de noter que, plus la vitesse augmente, plus le niveau de bruit est similaire entre les différents types de bus. Ceci étant dit, en milieu urbain, les bus n'atteignent pas des vitesses très élevées, et s'arrêtent et redémarrent constamment (feux de circulation, arrêts...). Dans le cas de DBUS, la vitesse commerciale des véhicules est de 16,82 km/h.

Le graphique ci-dessous récapitule les niveaux de bruit (en décibels) générés par les différents types de bus, en fonction de la vitesse à laquelle ils circulent :



NIVEAUX DE BRUIT GENERES PAR LES DIFFERENTS TYPES DE BUS

Comme on peut le voir sur le graphique ci-dessus, l'écart au niveau du bruit généré est particulièrement marqué quand le véhicule est arrêté ou quand sa vitesse est inférieure à 20 km/h, c'est-à-dire, dans la pratique, la vitesse des bus urbains.

À terme, la réduction des niveaux de bruit permet de diminuer certains coûts indirects, comme l'impact sur la santé. Dans le même temps, cette réduction favorise des environnements urbains plus conviviaux et plus agréables à vivre, tout en ayant des effets économiques, par exemple une hausse de l'immobilier.

3.5.5 Satisfaction des usagers

Les usagers réservent un accueil très positif aux véhicules plus respectueux de l'environnement, tels que les bus hybrides et, dans une plus large mesure encore, les bus 100 % électriques. En effet, ils apprécient les efforts que DBUS déploie pour préserver l'environnement et lutter contre le changement climatique, au mieux de ses capacités. Il existe néanmoins des détracteurs, qui avancent généralement des arguments tels que la pollution et les émissions générées par la production d'électricité, laquelle ne provient pas entièrement de sources renouvelables. La plupart des usagers comprennent cependant que les bus électriques contribuent à améliorer la qualité de l'air dans les villes et déplacent les émissions de gaz à effet de serre vers les points de production d'électricité, où ces émissions sont plus faciles à maîtriser. Dans tous les cas, la mise en place d'une transition plus rapide et plus intense vers les sources d'énergie renouvelables présente un intérêt indéniable.

En ce qui concerne le bus Irizar i2e, il est essentiellement critiqué pour les trois raisons suivantes :

- 1) l'impossibilité d'ouvrir les fenêtres, ce qui donne à certains usagers le sentiment d'étouffer ;
- 2) la faible luminosité à l'intérieur du véhicule, en raison des vitres plus sombres ;
- 3) certains usagers se sont également plaints de la disposition des sièges.

3.5.6 Bilan de l'exploitation du bus Irizar i2e de 12 mètres, 100 % électrique

La première conclusion à souligner est que l'autobus Irizar i2e est capable de circuler sans problème sur des lignes où une journée correspond à une distance d'environ 150 kilomètres (avec des itinéraires aux caractéristiques peu exigeantes). Il convient donc à un grand nombre d'opérateurs de transports urbains, puisqu'ils comptent quasiment tous une ligne répondant à ce profil (itinéraire, profil, etc., peu difficiles).

Pour en revenir à DBUS, son retour d'expérience autour de ces véhicules montre que, compte tenu de ses caractéristiques, la ligne 21 est propice à l'utilisation d'un bus électrique. Par conséquent, lorsqu'il s'agit de décider si un bus électrique peut ou non fonctionner avec succès sur une ligne, il convient de commencer par analyser le niveau d'exigence de la ligne en question et de se demander si ce niveau de difficulté est compatible avec ce type de véhicule (dans l'état actuel de la technologie).

Par ailleurs, d'autres facteurs ont un impact considérable sur les performances de ces véhicules, comme les conditions météorologiques, sous l'effet desquelles la consommation d'énergie varie fortement. Pour preuve, sur les véhicules électriques de DBUS, 45 % des problèmes d'autonomie se produisent en hiver, c'est-à-dire pendant les mois les plus froids de l'année. En effet, les basses températures (tout comme les températures élevées) augmentent la consommation d'énergie parce que les systèmes de climatisation sont davantage sollicités. Ces systèmes doivent donc être utilisés aussi efficacement que possible, en intégrant le facteur météorologique, mais aussi les contraintes opérationnelles qu'ils peuvent engendrer.

D'autres systèmes du véhicule, comme le désembuage, doivent également être utilisés efficacement et uniquement lorsqu'ils sont strictement nécessaires, car ils augmentent eux aussi la consommation et réduisent par conséquent l'autonomie du véhicule.

Un facteur supplémentaire à prendre en compte est le style de conduite. Parce que cet aspect est essentiel pour optimiser les performances des véhicules électriques, il est conseillé de former les chauffeurs dans ce domaine. En revanche, contrairement à ce que l'on pourrait croire, le degré d'occupation des véhicules n'a pas un impact considérable sur la consommation. De fait, l'expérience de DBUS montre que sur des lignes présentant des niveaux de fréquentation très différents, la consommation enregistrée reste très similaire.

En plus des enjeux ci-dessus, une étape est primordiale pour garantir le bon fonctionnement des bus électriques : le processus de recharge. Ces véhicules doivent impérativement entamer chaque service avec une batterie chargée à 100 %, surtout pendant les mois où les températures sont plus extrêmes, ce qui augmente la consommation, comme expliqué précédemment. Si la recharge n'est pas adéquate, le véhicule ne pourra pas fonctionner toute la journée, voire ne pourra pas du tout être mis en circulation. Il faudra donc le remplacer par un autre véhicule, si bien que deux bus (un en circulation et un à l'arrêt) seront nécessaires pour assurer le service habituellement affecté à un seul véhicule.

Quelle que soit la ligne sur laquelle ce type de véhicule est utilisé, les impacts environnementaux sont indubitablement positifs, tant sur le plan des émissions polluantes, qui peuvent chuter de 85 %, que sur le plan des niveaux de bruit, qui baissent eux aussi considérablement. Pour ces raisons, ce type de véhicule est très bien accueilli à la fois par les usagers et les riverains des zones urbaines desservies.

Malgré son impact positif sur l'environnement et le bon accueil que lui réservent les usagers, la technologie des véhicules électriques est encore en cours de développement et peut être significativement améliorée. Étant donné le stade actuel de développement technologique, la manière dont ces véhicules sont exploités est décisive.

En ce qui concerne les véhicules 100 % électriques, équipés de batteries qui sont rechargées au dépôt (comme l'Irizar i2e), leur réussite et leur bon fonctionnement passent obligatoirement par :

- une affectation sur des lignes au niveau d'exigence compatible (<180 km) ;
- une conduite efficace ;
- une recharge optimale ; et
- l'intégration d'autres aspects qui altèrent leurs performances, comme les conditions météorologiques (entre autres).

Pour que l'exploitation de ces véhicules soit fructueuse au quotidien, les processus de recharge doivent impérativement être menés de manière optimale. Or l'expérience de DBUS a montré que 7 heures ne suffisent pas pour recharger complètement les véhicules. En outre, cette recharge serait plus efficace si un système SCADA capable de détecter et de signaler les éventuels incidents en temps réel était mis en place et/ou si les véhicules pouvaient être branchés sur le réseau plus rapidement et plus facilement. Ce serait le cas, par

exemple, avec un pantographe, sur lequel les chauffeurs eux-mêmes pourraient brancher les bus directement lorsqu'ils stationnent les véhicules.

Avec l'alternative présentée par Vectia et analysée précédemment, il n'est plus nécessaire de charger les véhicules au dépôt, puisque la recharge se fait par opportunité en début et en fin de ligne.

En bref, en ce qui concerne les véhicules électriques équipés de batteries qui se rechargent au dépôt, il n'est actuellement pas possible de les utiliser sur l'ensemble du réseau des opérateurs de transports tels que DBUS. Ces véhicules peuvent toutefois être déployés de manière optimale sur certaines lignes et sous certaines conditions, expliquées tout au long de ce document (le critère principal étant de parcourir moins de 180 kilomètres par jour). Pour les distances quotidiennes de plus de 180 kilomètres, d'autres solutions doivent être envisagées, par exemple la recharge par opportunité en début et en fin de ligne, ou les véhicules de type Vectia.12 dans sa configuration Full Charge. On pourra également opter pour des véhicules électriques équipés de systèmes additionnels qui permettent à un autre mode de propulsion de prendre le relais en cas de problème d'autonomie.

Enfin, parmi les aspects à retenir, il faut savoir que les batteries ont connu des améliorations entre 2016 et 2020. Pour en revenir au parc DBUS, les premiers bus 100 % électriques (12 mètres) ont été mis en service en 2016 ; leurs batteries Zebra Na-Cd nécessitaient 8 heures de recharge nocturne pour atteindre une autonomie de 210 km et 16 heures de fonctionnement. L'inconvénient de ces batteries était leur durée de vie utile, puisqu'elles ont perdu de leur efficacité en 3 ans, alors que le fabricant prédisait une durée de vie de 5-6 ans.

C'est pourquoi, en 2020, au moment de remplacer les batteries de ces bus, des modèles lithium-ion de nouvelle génération ont été choisis, changement qui s'est accompagné d'autres modifications dans les véhicules eux-mêmes. La durée de vie utile de ces nouvelles batteries est de 7 ans ; elles se rechargent la nuit en 5 heures et atteignent une autonomie de 250 km et 16 heures de fonctionnement.

4. AUTOBUS 100% ELECTRIQUES DE 18 METRES A BAYONNE (SMPBA)

4.1 Projet Tram'Bus

4.1.1 Historique du projet Tram'Bus

Le Syndicat des Mobilités Pays Basque s'est engagé de longue date en faveur d'une mobilité durable. Son projet de Tram'bus, validé par le Grenelle de l'Environnement, a comme ambition de lutter contre le « tout voiture », d'inciter à de nouveaux comportements citoyens et de répondre à des objectifs ambitieux en matière de transition énergétique.

Le Syndicat des Mobilités a fait le choix d'un véhicule de nouvelle génération cumulant les avantages du tramway, tout en conservant la souplesse des véhicules classiques thermiques ou hybrides, dénommé le Tram'bus. Autre volonté forte : ce nouveau système de transport électrique ne devait émettre aucun polluant atmosphérique (véhicule à zéro émission).

Dans le cadre de la mise en œuvre du projet de Tram'bus, une démarche a été initiée en 2016 par le Syndicat des Mobilités, en vue de l'acquisition de 18 véhicules à grande capacité et non polluants. Un dialogue compétitif a été lancé auprès de constructeurs en vue de l'acquisition d'un matériel roulant zéro émission polluante pour le projet de Tram'bus. Un choix en cohérence avec les évolutions technologiques qui modifient aujourd'hui le paysage des transports publics et les attentes en matière de transition énergétique. A l'issue d'une consultation de plusieurs mois, le modèle économique a été affiné et s'est tourné vers une technologie électrique avec charge rapide en Terminus et charge intelligente au dépôt. Après analyse des différentes propositions, le groupe Irizar a été retenu pour produire des véhicules tout électriques de 18 mètres de long, pour une capacité dépassant les 140 places ainsi que toutes les infrastructures nécessaires à leur bon fonctionnement.

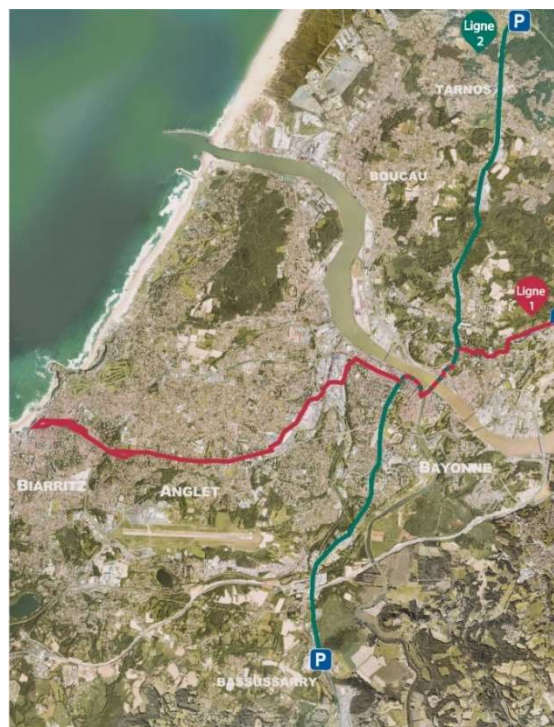
Ce véhicule a été présenté en avant-première à l'occasion des Rencontres Nationales du Transport Public en octobre 2017 par IRIZAR et le SMPBA. Il s'agissait alors d'une première au moins à l'échelle française, voire européenne.



PRESENTATION DU VEHICULE AUX 26E RNTD EN 2017 A MARSEILLE

Le phasage du projet Tram'Bus se décompose de la façon suivante :

- Ligne T1 « Bayonne / Biarritz » : mise en service en septembre 2019 avec 10 BHNS électriques ;
- Ligne T2 « Tarnos / Bayonne » mise en service partielle prévue en février 2021 avec 8 BHNS électriques¹. La partie Sud de la ligne T2 sera livrée d'ici 2021/2022.



TRACES DES LIGNES DE TRAM'BUS T1 ET T2

¹ Date modifiée en raison de la crise sanitaire de 2020

4.1.2 Spécificité de la ligne

Le Tram'Bus bénéficie en partie d'une circulation en site propre, une voie sécurisée et réservée et d'un système de priorité aux carrefours, de la même façon que pour un tramway.

La ligne Tram'Bus T1 est un moyen de transport 100% électrique offrant des services performants :

- Une fréquence élevée : 11 minutes,
- Une amplitude horaire adaptée à toutes les catégories de population (domicile/travail, scolaires, loisirs),
- 1 parking relais à Hauts de Bayonne (2 parkings relais supplémentaires prévus à Garros à Tarnos et sur la RD932 sud pour T2),
- Longueur : 12km,

33 arrêts desservis,

La vente à quai via des Distributeurs Automatiques de Titres (DAT),

Le Tram'Bus s'inscrit également dans le projet plus global de réaménagement de l'espace à l'échelle de la Communauté d'Agglomération Pays Basque qui consiste en :

Un réaménagement urbain des espaces publics, places et rues, sur tout son parcours,

Deux lignes avec des stations équipées de quais,

L'armature d'une politique de déplacements fluide et maillée telle que souhaitée dans le Plan de Déplacements Urbains (PDU) adopté le 10 juillet 2015 par le Syndicat des Transports Côte Basque Adour.

Un projet pionnier pour l'agglomération avec des véhicules 0% émission polluante, à la pointe de l'innovation en Europe.



PLAN DE LA LIGNE T1

4.1.3 Présentation du véhicule

Les véhicules *ei Tram* qui équipent la ligne de Tram'Bus T1 (et prochainement la ligne T2) ont une structure en aluminium boulonné (panneaux latéraux et toiture) et en acier inoxydable de haute définition (base tubulaire).



PRESENTATION DU TRAM'BUS DEVANT L'USINE IRIZAR D'ADUNA ET A BAYONNE

➤ **Spécifications techniques générales**

DIMENSIONS

Longueur	18.730mm
Largeur	2.550mm
Hauteur	3.300mm
Entre axe 1	5.980mm
Entre axe 2	6.540mm
Porte à faux Av/Ar	2.805mm/3.405mm
Angle d'attaque	7°
Angle de sortie	7,5°
Hauteur de l'allée permanente minimum	2.400mm
Étape porte de hauteur 1, 2 et 3	250mm (320mm avec/sans agenouillement)
Les portes de la hauteur de l'étape 4/5	270mm (340mm avec/sans agenouillement)
Largeur de porte	1.200mm
Hauteur de la porte sans MIN	2.100mm
Poids max sur essieu Av	7.500kg
Poids max sur essieu Ar	12.500kg
Rayon de braquage	20.870mm

➤ **Chaîne de traction**

MOTORISATION

- Moteur : Alconza
- Puissance nominale 235KW.
- Couple nominal 2.300Nm
- Onduleurs et logiciel de régulation : Jema Energy.
- Creepage function (Aide au patinage),

- Frein avec système de récupération d'énergie,
- Capacité de traction incluant les pentes de 18%,
- Système de traction directe

ESSIEUX

- Essieu 1 : ZF RL 82 EC indépendant (2 +2 amortisseur et coussin pneumatique).
- Essieu 2 : ZF AVN (4 +4 amortisseur et coussin pneumatique).
- Essieu 3 : ZF AVN 133 80° (Ratio 1:7.36) (4 +4 amortisseur et coussin pneumatique).

SYSTEME DE FREINAGE

- Système Wabco EBS 3 (avec intégration de système régénératif).
- ABS, Système antiblocage des roues.
- ASR, régulation antidérapage.
- Halt-brake fonction.
- Hillholder fonction (système anti-recul lors d'arrêt en côte).
- Compresseur avec système anti-bruit.
- Disques freins ventilés, Knorr.
- Capteur d'usure des freins, avec indication au tableau de bord.

SUSPENSION

- Amortisseurs Koni + ventouse pneumatiques Vibracoustic.
- Barre de maintien sur tous les essieux.
- Système Wabco ECAS 4 (Contrôle électronique de la suspension).
- Hauteur ajustable (+/- 90mm) + fonction agenouillement.
- Récupération automatique de la hauteur après réglage

SYSTÈME DE DIRECTION

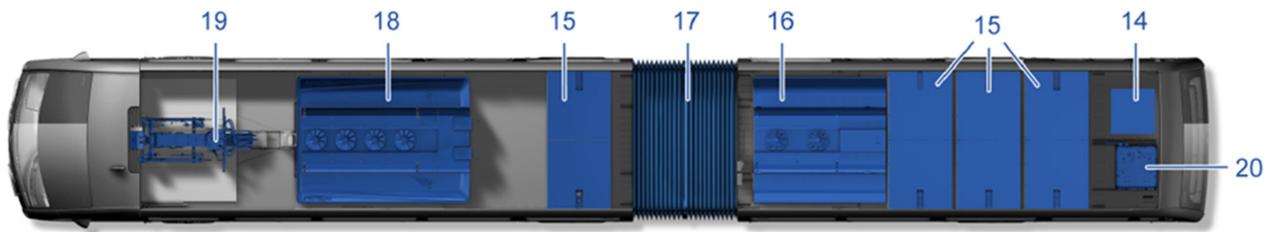
- Volant réglable à 450mm.
- Boitier de direction ajustable hydrauliquement : ZF Servocom 8098.
- Ratio de couple variable 1:22.2/26.2 (autres ratios de couple possibles).
- Pompe de direction à 24V.

JANTE / ROUE

- 10 x Alcoa Dura – Bright 8.25" x 22.5".
- 10 x Michelin Incity M+S 275/70 – 22.5.
- 1 roue de secours, jante Alcoa 8.25" x 22.5" con 275/70 –Michelin 22.5.

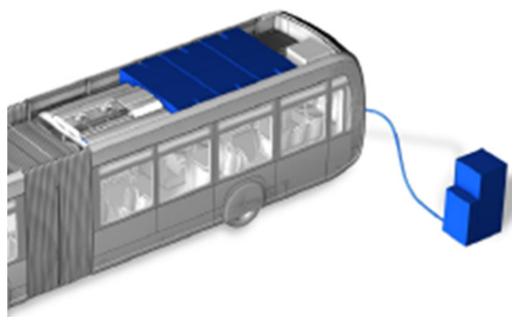
BATTERIE

- Technologie Lithium Ion
- **Énergie installée : 120 kWh.**
- Système de réfrigération des batteries Hispacold.
- Autonomie du véhicule : 40km
- Poids de chaque batterie : 500kg
- Poids total de tout le système d'énergie rechargeable (système de refroidissement et boîte de connections inclus) : 2.500kg



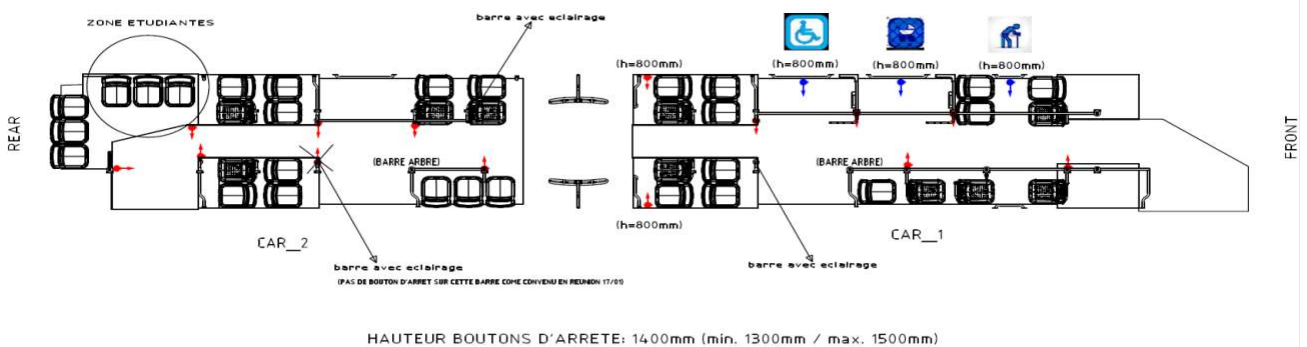
RECHARGE

- Charge lente au dépôt par prise Cómbo2 pour charge au dépôt
 - ⇒ Temps de charge moyen 3h (variable selon SOC des batteries).
- Système de gestion intelligent des chargeurs au dépôt
- Charge rapide par pantographe en ligne (terminus)
 - ⇒ Temps de charge 5-10mins 3h (variable selon SOC des batteries).



➤ Aménagements intérieurs

- Capacité : 140 personnes,
- Configuration 4 portes,
- 1 emplacements UFR,
- 1 emplacement pour une voiture d'enfant ou une poussette dépliée,
- 4 emplacements PMR,



SOURCE : (IRIZAR, MEMOIRE TECHNIQUE DU VEHICULE BAYONNE v5, 2018)

4.1.4 Infrastructures de charge

Les infrastructures de charge ont pour but de recharger les batteries des BHNS à partir de l'électricité délivrée sur le réseau électrique de distribution public (géré par Enedis).

Elles peuvent être deux types, lentes ou rapides. La vitesse de charge dépend principalement des paramètres suivants :

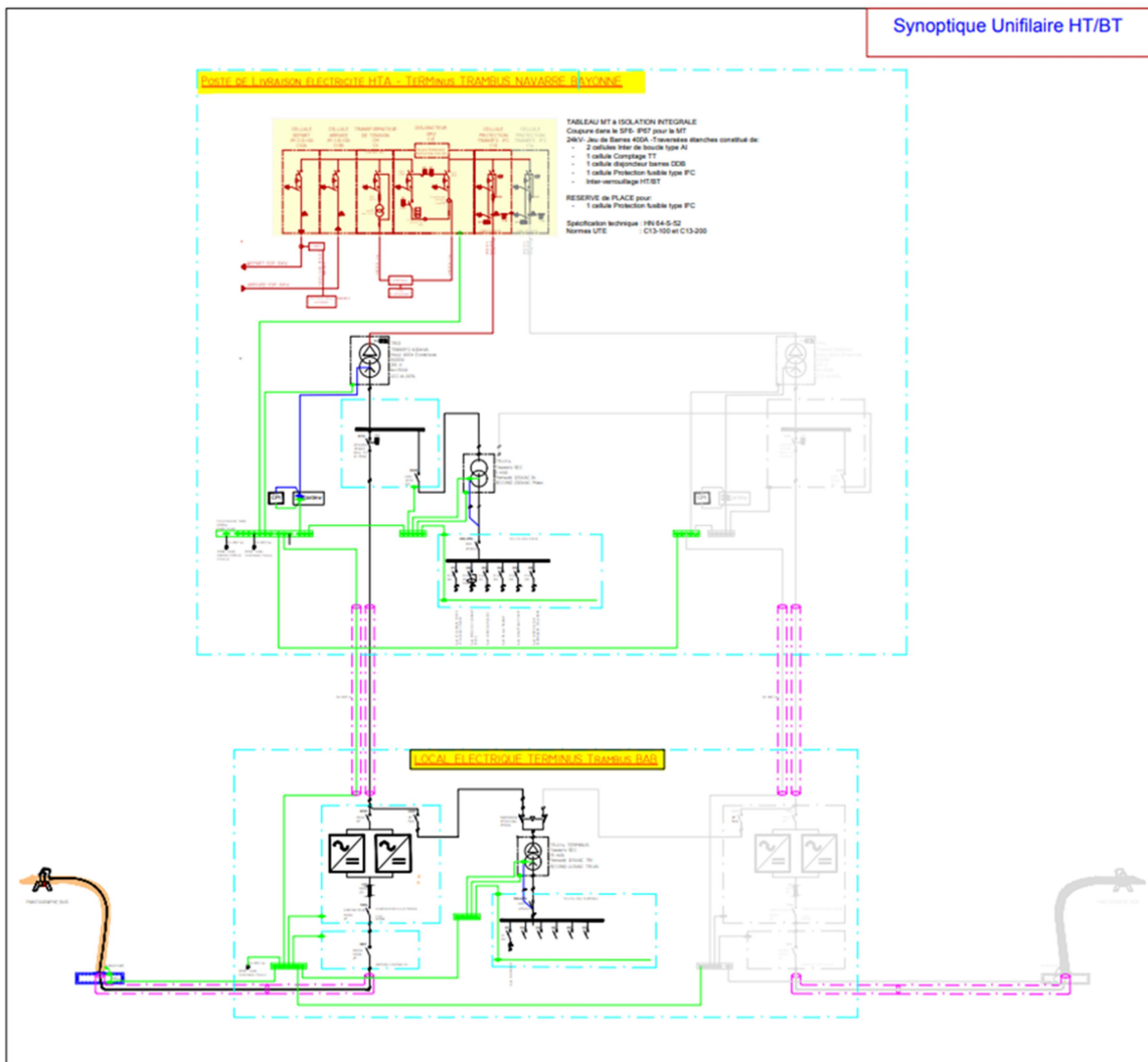
- L'état de charge des batteries ou State Of Charge (SOC) au moment de la charge,
 - ⇒ Plus le SOC est bas, plus la durée de charge sera longue,
- La capacité des batteries à supporter un fort apport de courant électrique,
 - ⇒ Plus la capacité est importante, plus la charge sera rapide,
- La puissance délivrée par les chargeurs,
 - ⇒ Plus la puissance est importante, plus la charge sera rapide (quelques minutes). A l'inverse, plus la puissance est faible plus la charge sera longue (quelques heures).

Un BHNS a une énergie embarquée de 120kWh, ce qui représente une autonomie d'environ 40km en prenant en compte des caractéristiques de la ligne T1 (longueur, dénivelé, T° extérieures moyennes, nombre d'arrêts etc.). Afin d'assurer un service continu à une fréquence élevée sur une journée complète, la recharge rapide ou en ligne s'est ici avérée nécessaire, en plus de la recharge lente de nuit. C'est pourquoi le Tram'Bus dispose des 2 stations de charge rapide en terminus et d'une aire charge lente au dépôt Chronoplus.

➤ Architecture des infrastructures de charge

Quel que soit le mode de charge, l'architecture générale des infrastructures de charge est la suivante :

- Un point de livraison sur le réseau Haute Tension (HTA) de distribution électrique,
- Un transformateur HT/BT qui abaisse la tension du réseau de 15kV à 315V ou 400V (selon la tension d'entrée des chargeurs)
- Un ou plusieurs chargeur(s) AC/DC qui convertissent l'énergie alternative triphasée (AC) du réseau électrique en énergie continue (DC) pour alimenter les batteries des BHNS,
- Un mât de charge ou un câble muni d'un pistolet de type prise COMBO2 pour réaliser la connexion du ou des chargeur(s) avec le ou les BHNS,
- Des liaisons et armoires électriques pour les raccordements, alimentations et contrôle commande.



SYNOPTIQUE D'UNE STATION DE CHARGE DE CHARGE RAPIDE (LDL CONSEILS)

➤ **Charge lente au dépôt**

Le dépôt Chronoplus a été équipé de 9 chargeurs doubles *outdoor*, d'une puissance nominale 2 x 50kW chacun, permettant de charger simultanément et en quelques heures 18 BHNS (lignes T1 et T2). Chaque chargeur est muni de 2 sorties DC qui permettent de charger 2 BHNS en même temps. La charge s'effectue par câble via la prise COMBO 2 femelle située à l'arrière du BHNS.

Spécifications techniques générales du chargeur :

Le modèle de chargeur installé est le chargeur interopérable *ECID50X²* de Jema Energy, filiale du groupe Irizar.

² Charge du bus eCitaro d'Evobus et du GX337e d'Heuliez opérées avec succès en février 2020

EXTRAIT DE LA FICHE TECHNIQUE DU CHARGEUR

ECID50X	
DONNÉES D'ENTRÉE	
Tension AC	400 V AC 3Ph+PE
Puissance AC max.	102 kVA
Courant max. entrée	163 A
Fréquence	50/60 Hz
Isolation galvanique	Oui
DONNÉES DE SORTIE	
Puissance sortie (Pnom)	2*50kW
Plage tension sortie (Vnom)	480-800 V DC
Courant maximum	2*105 Amp ou 1*200 Amp
Structure de contrôle	Control logic et DSP, technologie SVM
Démarrage en rampe douce (SoftStart)	Oui
DONNÉES GÉNÉRALES	
Connectivité en sortie	CCS: 8 / 15 m
Structure de contrôle	Control logic et DSP, technologie SVM
Démarrage en rampe douce (SoftStart)	Oui
Communications	Communication par port Ethernet (optionnel sur demande)
Open Charge Point Protocol (OCPP)	Option
Normes	CE MARKING, IEC 61851, DIN 70121, ISO 15118
Température de fonctionnement	- 20 °C to + 50 °C @ puissance nominale
Humidité relative	10%-95% sans condensation
Dimensions (h x w x d)	1800 x 800 x 800
Couleur	White & green JEMA Corp.
Poids	1000 kg
Indice de Protection (IP)	IP54
Protection mecanique (IK)	IK10

Fonctionnement du chargeur :

Lorsque le bus est branché sur un chargeur, ce dernier génère la puissance requise pour recharger les batteries à 100%, une fois la communication établie entre les batteries du bus et le chargeur.

Les 9 chargeurs du dépôt communiquent également entre eux pour adapter leur puissance délivrée en fonction de la puissance disponible, du nombre de véhicules à charger et de leur SOC en fin de service (fonctionnalité « Smart Charging »).

La charge lente de nuit dure quelques heures et permet le rééquilibrage des batteries.

SOURCE : (JEMA, A01-840083 BHNS STACBA -CHARGING STATION P+R NAVARRE - V3, 2018)

➤ **Charge rapide en station**

La ligne de Tram'Bus T1 compte 2 stations de charge rapide fonctionnant de manière identique, l'une au terminus Mairie de Biarritz et l'autre au terminus de Bayonne Navarre.

La charge s'effectue par le pantographe amovible situé sur le toit du BHNS qui se connecte au mât de charge raccordé au chargeur situé dans le local de charge.

Les stations des terminus sont chacune équipée d'un emplacement supplémentaire en vue d'accueillir une deuxième ligne de charge à moyen terme (2^{ème} chargeur et 2^{ème} mât de charge).

Spécifications techniques générales du chargeur :

Le modèle de chargeur installé est le chargeur *indoor I2E 500kW bus 18m* de Jema Energy.

EXTRAIT DE

CHARGEUR CC INTÉRIEUR 500 kW BUS 18 M		
8502878		
DONNÉES D'ENTRÉE		
Tension CA	260 Vca 3P+T	315 Vca 3P+T
Puissance CA max.	450 kVA	550 kVA
Courant d'entrée max.	1200 A	
Fréquence	50/60 Hz	
Isolement galvanique	NON	
DONNÉES DE SORTIE		
Puissance de sortie (Pnom)	400 kW (450 kVA)	500 kW (550 kVA)
Plage de tension de sortie (Vnom)	375-850 Vcc	450-875 Vcc
Courant maximum	1000 A	
Structure de commande	Logique de commande et DSP, technologie SVM	
Démarrage progressif (soft start)	OUI	
Communications	Port de communication RS-485 (option : Ethernet, GPRS, etc.)	
DONNÉES GÉNÉRALES		
Structure de commande	Logique de commande et DSP, technologie SVM	
Communications	Port de communication Ethernet	
Réglementations	CEI 61851-1, CEI 61851-23 et EMC	
Température de fonctionnement	-10 à 50 °C à puissance nominale	
Humidité relative	5-95 % sans condensation	
Dimensions (h x l x p)	2000 x 2800 x 750	
Couleur	RAL 9002	
Poids	2350 kg	
Indice de protection (IP)	IP20	

LA FICHE

TECHNIQUE

DU

CHARGEUR

Fonctionnement du chargeur :

Lorsque le bus est connecté au chargeur, ce-dernier génère la puissance

requis pour recharger les batteries à 85%, une fois la communication établie entre les batteries du bus et le chargeur.

La charge rapide jusqu'à 85% du SOC des batteries s'effectue en quelques minutes.

SOURCE : (JEMA, A02-MANUEL CHARGEUR, 2016)

4.2 Phase préparatoire

4.2.1 Recettes et livraisons des BHNS

Les 10 véhicules de la ligne T1 ont été produits au premier semestre 2019 (excepté le véhicule tête de série produit fin 2018). La livraison de ces 10 véhicules au dépôt Chronoplus a souffert d'importants retards.

➤ Recettes

Les recettes des 10 véhicules ont été réalisées en usine à Aduna dans les locaux d'Irizar, en présence d'un membre du Syndicat des Mobilités et d'un membre de l'entreprise Keolis. Il s'agit de recettes contradictoires au cours desquelles les parties visibles du véhicule sont passées en revue de manière quasi exhaustive. Elles consistent principalement en une vérification de l'aspect extérieur du bus (peinture, alignement des acrotères et des panneaux, fonctionnement des phares etc.), intérieur (position des barres de maintien, sièges, propreté des habillages plastiques, des colonnes, ajustement des cornières, voussoirs etc.) puis du bon fonctionnement des organes principaux (moteur, système électriques, portes, rampe, pantographe etc.) et enfin de ses soubassements et de son toit.

La recette du BHNS tête de série (n° de parc 810) s'est déroulée sur 3 jours, dont deux consécutifs. De nombreuses reprises ont été nécessaires, ce premier véhicule n'étant pas au niveau de qualité attendu par le Syndicat des Mobilités et son délégataire. Un certain nombre d'imperfections liées à la qualité de finitions intérieures (propreté des habillages, voussoirs etc.) et extérieures (alignement des panneaux, accrocs de peintures etc.) ont été relevées sur ce véhicule ainsi que des déficiences majeures en termes d'hygiène de câblage dans les voussoirs (fils non utilisés et non isolés, mode de pose des câbles anarchiques, fils non repérés etc.) et de réalisation de soudures dans les soubassements.

Les reprises sur ce bus ont nécessité plus d'un mois.

A la suite de cette première recette, le Syndicat des Mobilités et son délégataire ont constaté une amélioration notable pour les véhicules suivants. Néanmoins, un certain manque de rigueur est à déplorer sur cette première série de véhicules dont le processus de fabrication n'est visiblement pas encore standardisé et qui présente des différences de montage d'un véhicule à l'autre.

NOTA | Les remarques faites sur les véhicules de la ligne T1 ont été intégrées sur les 8 véhicules de la T2, produits au dernier trimestre 2019. Le niveau d'exécution, de bien meilleure qualité de ces véhicules, a permis de mener des recettes « allégées » directement au dépôt Chronoplus pour les 7 dernières unités.

➤ Livraisons

La livraison des véhicules de la ligne T1, au rythme moyen d'une unité par semaine, est intervenue entre le 3 avril et le 9 juillet 2019 avec un retard conséquent par rapport au planning initial (en moyenne près d'un mois par véhicule).

Irizar, convoqués à plusieurs reprises par les instances dirigeantes du Syndicat des Mobilités, justifie principalement ces retards par une sous-estimation des temps de production et un manque de maturité de ses équipes très jeunes, qui bien que qualifiées, ont souffert d'un défaut d'expérience quant aux obligations et contraintes liées à l'exécution d'une commande publique avec un impératif de mise en service.

En outre, un incident survenu au dépôt Chronoplus sur le BHNS tête de série (surpression d'un pack batterie en toiture ayant entraîné la projection d'un capot à plusieurs mètres de distance) a obligé le constructeur à rappeler ce BHNS et à effectuer une reprise de tous les BHNS en production pour corriger le défaut (reprise de tous les serrages du circuit de refroidissement des batteries à l'origine de la défaillance) ; ce qui a eu pour effet de retarder encore davantage les livraisons.

Ces retards ont eu des impacts très négatifs sur la formation des conducteurs KCBA, l'installation des systèmes embarqués réalisés par des entreprises tierces au dépôt Chronoplus et le déroulé de la marche à blanc dont la durée initiale de 2 mois a été portée à 5 semaines.



LIVRAISON D'UN BHNS AU DEPOT SUR SEMI-REMORQUE

SUIVI DE LIVRAISON DES BHNS T1

N° Véhicule	série	N° de parc	Recette usine	Planning livraison initial	Retour usine	Livraison finale
120063		810	27/02/2019 28/02/2019 22/03/2019	03/04/2019	07/05/2019	01/06/2019
120061		811	02/07/2019	03/06/2019		05/07/2019
120059		812	18/06/2019	28/05/2019		19/06/2019
120054		813	16/05/2019	03/05/2019		18/05/2019
120062		814	09/07/2019	05/06/2019		11/07/2019
120056		815	04/06/2019	16/05/2019		05/06/2019
120055		816	22/05/2019	10/05/2019		25/05/2019
120060		817	25/06/2019	30/05/2019	21/07/2019	26/07/2019
120057		818	04/06/2019	22/05/2019		06/06/2019
120058		819	12/06/2019	24/05/2019		13/06/2019

NOTA | Les délais de livraison de véhicules de la ligne T2, produits entre le dernier trimestre 2019 et le premier trimestre 2020, ont été parfaitement respectés, l'ensemble des véhicules se trouvant au dépôt Chronoplus mi-février 2020 comme prévu.

4.2.2 Travaux, tests et mise en service

➤ Stations de charge

Les travaux d'installations des équipements des stations de charge (Maire de Biarritz et Hauts de Bayonne) ont été réalisés dans les temps malgré un planning très serré dû au retard des travaux d'infrastructures Voirie et de construction des bâtiments, réalisés par des entreprises tierces.

Les locaux de charge des Hauts de Bayonne et Mairie de Biarritz ont été respectivement mis à disposition d'Irizar fin mai et début juin 2019, pour une échéance à fin juin 2019.

Irizar a sous-traité les travaux de réalisation des armoires électriques auxiliaires, de tirage de câbles et de raccordement des équipements électriques aux entreprises françaises SLTE et Eiffage énergie.

Les raccordements au réseau de distribution public Haute Tension (HTA) des postes de transformation des stations Hauts de Bayonne et Mairie de Biarritz ont été respectivement réalisés en avril et juin 2019 par le gestionnaire du réseau électrique Enedis puis la mise sous tension des 2 stations a été réalisée le **2 juillet 2019**.

Les premiers essais de charge concluants aux stations Hauts de Bayonne et Mairie de Biarritz ont été réalisés respectivement les **4 et 5 juillet 2019**.



CABLAGE DES ARMOIRES ELECTRIQUES DU LOCAL DE CHARGE DE HAUTS DE BAYONNE



POSE DU MAT DE CHARGE A MAIRIE DE BIARRITZ



TEST DE CHARGE A HAUTS DE BAYONNE



TEST DE CHARGE A MAIRIE DE BIARRITZ

NOTA | Irizar a procédé courant aout 2019 au remplacement du câble de communication entre le chargeur et le mât de charge des deux stations pour pallier des problèmes d'interruptions intempestives de charge relatif.

➤ **Dépôt Chronoplus**

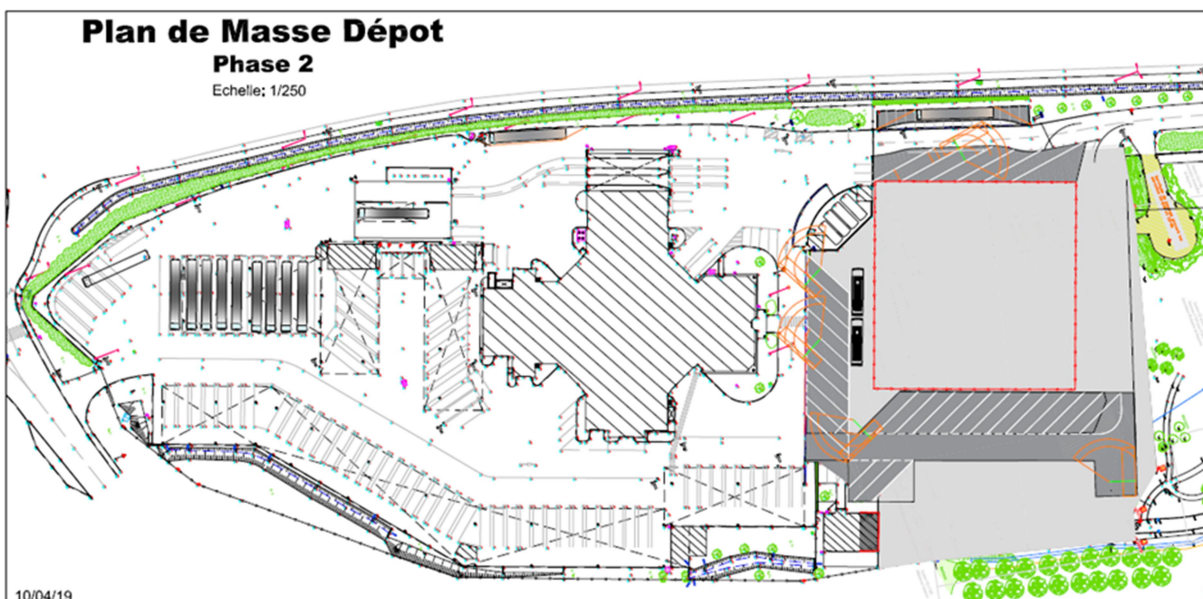
La capacité d'accueil au dépôt Chronoplus existant étant insuffisante pour 18 BHNS articulés supplémentaires, la construction d'une extension dans la partie nord du dépôt a été nécessaire (zone encadrée en rouge dans la figure 7 ci-après).

Cette extension est constituée d'une plateforme de 20 places pour bus articulés, dont 18 équipées de chargeurs doubles de 2 x 50kW. Elle dispose de son propre point de livraison HTA d'une puissance installée de 1250kVA permettant de recharger simultanément jusqu'à 20 véhicules.

Les travaux d'extension du dépôt ayant été réalisés ultérieurement à l'arrivée des BHNS (livraison de la plateforme équipée en janvier 2020), un fonctionnement en mode dégradé a été mis en place de juin 2019 à mars 2020.

Deux chargeurs doubles ont été installés à chaque extrémité du parc 5 du dépôt existant (zone pointillé rouge sur la figure 7 ci-dessous), en plus d'un chargeur simple se trouvant sous l'aire de lavage (zone tiretée rouge sur la figure 7 ci-dessous), afin de permettre la recharge alternée des 10 BHNS.

Ces aménagements temporaires ont engendré une rotation quotidienne des BHNS et le déplacement des bus se trouvant initialement sur le parc 5 vers d'autres aires de stationnement, au détriment des stationnements du personnel de KCBA, nécessitant une réorganisation relativement lourde pour le Délégué.



PLAN DE REMISAGE DES BHNS AU DEPOT DURANT LES TRAVAUX DE L'EXTENSION DU DEPOT

Le transfert définitif des BHNS de la T1 du parc 5 vers l'extension s'est opéré en mars 2020.



CHARGEURS EN COURS D'INSTALLATION SUR LA
PLATEFORME BHNS



CHARGEURS DOUBLES 2 x 50 KW



PLATEFORME BHNS FINALISÉE

➤ **Exercice de sécurité - SDIS d'Anglet**

Dans le cadre de la préparation à la marche à blanc, un exercice de sécurité a eu lieu avec le SDIS d'Anglet, en collaboration avec KBA et Irizar.

Le SDIS a en effet souhaité intégrer dans ses procédures d'intervention les risques liés aux batteries des véhicules, afin de préparer ses équipes en cas de sinistre.

Dans ce contexte, une demi-journée de présentation des organes électriques du BHNS a été effectuée par Irizar auprès du SDIS puis une simulation d'accident a été réalisée le 27 juin 2019. Cet exercice a mobilisé une équipe d'intervention du SDIS, un conducteur et plusieurs agents KBA.

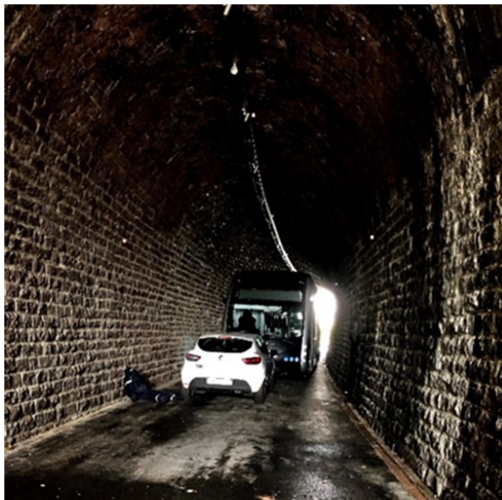
Scénario de l'exercice

Un accident entre le BHNS et un véhicule léger (VL) se produit dans le tunnel de Sabalce (collision frontale). La circulation est bloquée. Des dégagements de fumées dans le tunnel réduisent la visibilité. Le conducteur du VL, qui est blessé, ainsi qu'une personne UFR, coincée dans le BHNS, doivent être évacués par les pompiers.

Résultats

L'exercice a été mené à bien en quelques minutes. L'évacuation de la personne UFR du BHNS s'est révélée complexe car elle s'est effectuée par la porte 1 du BHNS (porte battante simple vantail plus étroite que les portes doubles vantaux). Lors du débriefing, le conducteur du bus, qui était resté auprès de la personne UFR, a reçu pour consigne d'évacuer sans attendre l'arrivée des secours, en laissant la personne UFR dans le bus, pour ne pas être lui-même blessé.

Cet exercice a été jugé très instructif côté SDIS et KBA.



ACCIDENT SIMULE



INTERVENTION POMPIERS

➤ Marche à blanc

Principe :

La Marche à Blanc, phase finale de test qui a précédé la mise en service commerciale de la ligne T1, s'est déroulée du **17 juillet au 1er septembre 2019**.

Les BHNS ont circulé sur l'intégralité de la ligne T1 dans des conditions d'exploitation simulées pour s'assurer du bon fonctionnement des équipements dans leur environnement et du respect des conditions de sécurité.

Cette marche à blanc qui s'est faite à vide, sans usagers, sur des ouvrages achevés, avait pour objectifs :

- L'achèvement de la formation des conducteurs,
- Le test des procédures d'exploitation normale et dégradée (vérification des gabarits physiques des BHNS en stations, au niveau des plateformes, sur la voirie etc.),
- Le test des procédures d'intervention sur accident et incident impliquant les services de sécurité,
- Le test de la fiabilité et la disponibilité des systèmes et équipements (Système d'Aide à l'Exploitation (SAE), Information Voyageurs (IV), radio, billettique etc. (à l'exception de la priorité carrefours non fonctionnelle au moment des tests)),
- La préparation à l'exploitation commerciale.

Déroulé :

Avec un graphique de base à 12 minutes de fréquence et une vitesse moyenne de 17km/h, les premiers retours des conducteurs KBA font principalement état de retard importants sur les temps de parcours, jusqu'à 30 minutes de retard sur leur tableau de marche le premier jour, qui vont en diminuant progressivement avec la prise en main du véhicule et de son environnement.

Néanmoins, la moyenne des retards par courses et par sens (mesurée par KBA du 17 juillet au 6 août 2019) reste importante :

- Bayonne vers Biarritz : 14 minutes
- Biarritz vers Bayonne : 14 minutes

En outre, les conducteurs font également remonter des difficultés pour sortir les rampes (frottement aux trottoirs à certaines stations), des problèmes de climatisation et quelques incidents de charge.

Une partie des problèmes signalés lors de la marche à blanc a pu être traitée pendant cette phase.

NOTA | Les appréciations des conducteurs quant à la conduite des véhicules sont dans l'ensemble positives.

➤ **Programmation**

L'organisation et la coordination de la Marche à Blanc ont été gérées par le Délégué KCBA en partenariat avec le Syndicat des Mobilités, Irizar et les intégrateurs des systèmes embarqués dans les véhicules.

En plus des conditions d'exploitation normale, elle a permis de tester des situations particulières d'exploitation telles que des dépassements, des remorquages ou des déviations.

NOTA | La marche à blanc n'a pas été continue et a été interrompue à 2 reprises par les Fêtes de Bayonne et le G7 (dont l'organisation, trop complexe, ne sera pas détaillée dans le présent rapport) qui sont intervenus au cours de cette période.

EXTRAIT DU PLANNING DE MAB (KCBA)

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
	15-juil	16-juil	17-juil	18-juil	19-juil	20-juil	21-juil
Semaine 29	Essais 7h00-16h00	Essais 8h00-12h00	Marche à blanc (6h00-14h00) prise en main de la ligne	Marche à blanc (6h00-14h00) prise en main de la ligne	Marche à blanc (7h00 - 16h00) déviations	Pas de Roulage	Pas de Roulage
	0 Conducteur	0 Conducteur	4 Conducteurs	5 Conducteurs	1 Conducteur		
	2 Formateurs	1 Formateur	1 Formateur	2 Formateurs	1 Formateur		
Besoins en véhicules	1 Véhicule	1 Véhicule	4 Véhicules	5 Véhicules	1 Véhicule		
Type d'exercice	Exercice de dépassement et d'accostage	Exercice de remorquage	Test panne chargeur à Bayonne		Exercice de déviation		
FETES DE BAYONNE							
Semaine 31	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
	29-juil	30-juil	31-juil	01-août	02-août	03-août	04-août



	Pas de Roulage	Pas de Roulage	Marche à blanc (05h00-1h00) prise en main de la ligne	Marche à blanc (05h00-23h00) prise en main de la ligne	Marche à blanc (05h00-1h00) prise en main de la ligne	Pas de Roulage	Pas de Roulage
			14 Conducteurs	15 Conducteurs	17 Conducteurs		
			2 Formateurs	3 Formateurs	3 Formateurs		
Besoins en véhicules			8 Véhicules	9 Véhicules	9 Véhicules		
Type d'exercice			Test ligne déviée par pont Grenet	Test chargement répétitifs rapides			

4.3 Exploitation ligne Tram'Bus T1

4.3.1 Lancement

Malgré de nombreuses difficultés, la mise en service de la ligne T1 du Tram'Bus a bien eu lieu à la date prévue, à savoir le **2 septembre 2019** et l'ensemble des BHNS a pu sortir du dépôt le premier jour.

Le lancement de la ligne T1 s'est effectué au même moment que la refonte complète du réseau Chronoplus (modifications de numéros de ligne, des itinéraires et des horaires), ce qui a demandé aux usagers un important travail d'adaptation.

La première semaine a été marquée par des grandes difficultés notamment sur la tenue des fréquences de passage (30 à 45 minutes en moyenne au lieu des 10 minutes annoncées) avec des retards sur les temps de parcours pouvant aller jusqu'à 1 heure.

Ces dysfonctionnements ont eu des causes multiples dont les principales sont le dispositif de priorité aux carrefours non fonctionnel au moment du lancement, les temps de fermeture des portes trop longs, les montées systématiques par la porte avant et les incidents techniques divers rencontrés sur les véhicules.

La plupart de ces difficultés se sont progressivement résorbées au bout d'un mois de fonctionnement grâce à la résolution des problèmes techniques, à la meilleure prise en main des véhicules par les conducteurs et l'acclimatation des passagers à l'environnement Tram'Bus.

Afin d'accompagner les voyageurs dans l'utilisation du nouveau réseau et du BHNS, le Syndicat et son Délégué ont déployé la première quinzaine de septembre des agents sur le terrain pour répondre aux questions, guider les usagers, notamment dans l'utilisation des DAT, et recueillir les premières impressions.

4.3.2 Chiffres

➤ Données d'offre

La ligne T1 a donc été mise en service concomitamment au déploiement du nouveau réseau Chronoplus, le 2 septembre 2019. Outre des modifications du numéro des lignes, d'itinéraires et d'horaires, le réseau dessert désormais 4 communes en première couronne (Arcangues, Bassussarry, Mouguerre et Villefranque) jusqu'alors non desservies.

Quant à la ligne T1, elle reprend peu ou prou le tracé de deux des principales lignes de l'ancien réseau Chronoplus : dans sa totalité pour l'ancienne ligne A1 ; essentiellement dans sa partie angloise et biarrote pour l'ancienne ligne A2.

Le niveau d'offre de la ligne T1 a évolué depuis sa mise en service. **Initialement de 15 minutes**, la fréquence de passage aux arrêts est passée à **13/14 minutes le 9 décembre 2019**, pour se fixer à **11/12 minutes depuis le 13 janvier 2020** (hors période de confinement).

Depuis cette date, **l'amplitude horaire de la ligne est de 05h30 – 02h30 les jours de semaine** et les samedis et de 06h10 – 00h30 les dimanches. Ainsi, 81 courses par jour de semaine sont effectuées dans le sens Biarritz – Bayonne soit 972 kilomètres/jours et 83 dans le sens Bayonne – Biarritz soit 996 kilomètres/jours (164 courses et 1968 kilomètres par jour tous sens confondus). Enfin, le temps de parcours théorique prévu dans le sens Biarritz – Bayonne est compris entre 49 (8h-9h et 12h-13h) et 50 minutes (17h-18h), alors que dans le sens Bayonne – Biarritz il est compris entre 47 (8h-9h et 12h-13h) et 50 minutes (17h-18h).

Le tracé de la ligne a lui aussi évolué depuis sa mise en service. Entre le 2 septembre 2019 et le 12 janvier 2020, l'arrêt « l'Union » à Anglet (situé entre les arrêts « Lembeye » et « Les Barthes ») était desservi (tracé orange ci-dessous). Depuis le 13 janvier 2020, la ligne T1 emprunte son itinéraire définitif ne desservant plus cet arrêt (tracé rouge ci-dessous). L'itinéraire actuel permet de gagner 328 mètres dans le sens Biarritz – Bayonne (soit 49% de la distance inter station « Lembeye » – « Les Barthes ») et 209 mètres dans le sens Bayonne – Biarritz (soit 39% de la distance inter station) par rapport à l'ancien itinéraire.

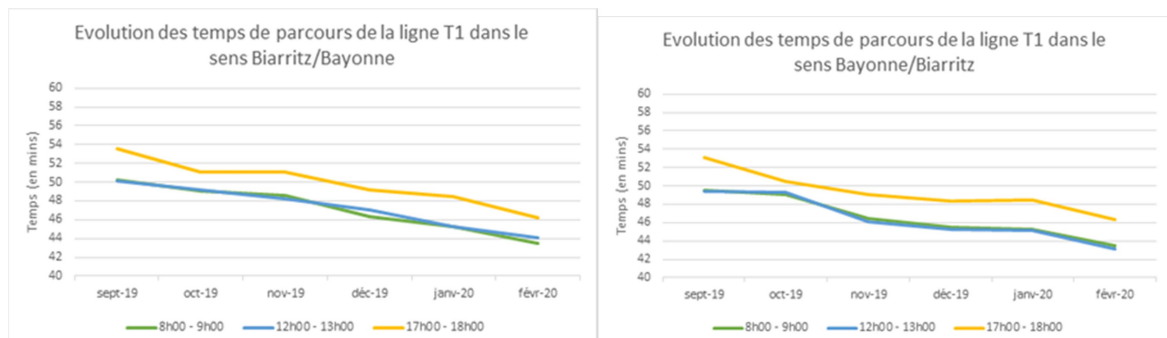


EVOLUTION DE L'ITINERAIRE DE LA LIGNE T1

➤ Données d'exploitation

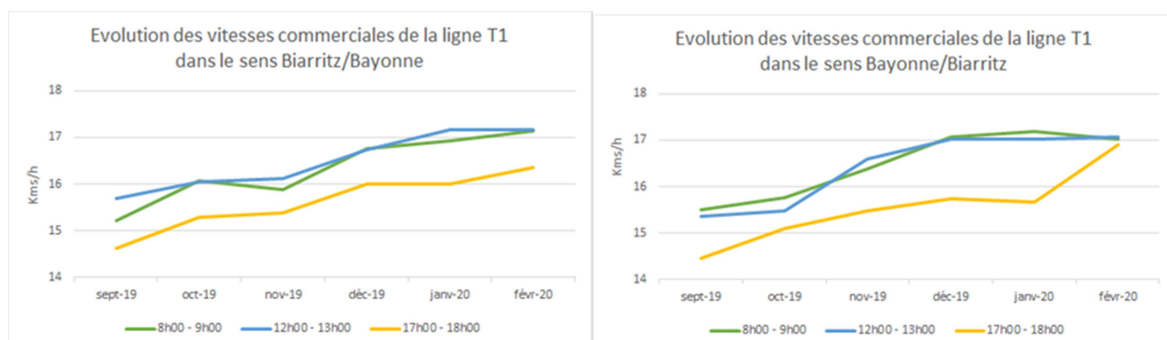
Comme évoqué dans le paragraphe 4.1, au lancement de la ligne et dans les jours qui ont suivis, d'importants retards sur les temps de parcours ont pu être observés, causés entre autres, par le système de priorité aux feux défaillant.

Depuis lors, dans une logique d'amélioration continue de l'exploitation de la ligne en lien notamment avec l'abaissement de sa fréquence (cf. 4.2.1), les temps de parcours ont très nettement diminué. En regardant de plus près leur évolution sur trois tranches horaires précises (8h00 – 9h00 ; 12h00 – 13h00 ; 17h00 – 18h00) et dans les deux sens de circulation, nous pouvons constater qu'en **moyenne, 6 à 7 minutes ont été gagnées entre septembre 2019 et février 2020**. En outre, les gains de temps sur le parcours de la ligne T1, semblent être linéaires et continus sur la période considérée. A noter que les temps de parcours de l'heure de pointe du soir sont en moyenne supérieurs de 2 à 3 minutes à ceux de de l'heure de pointe du matin.



ÉVOLUTION DES TEMPS DE PARCOURS SUR LA LIGNE T1

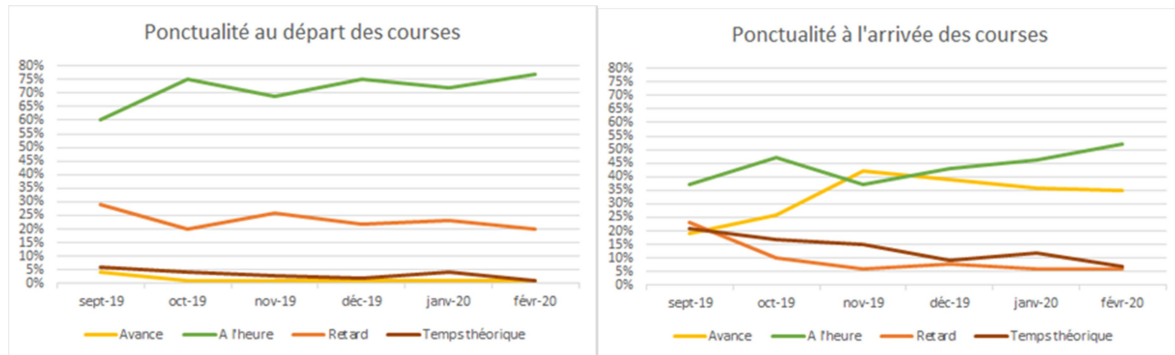
De la même manière qu'en terme de temps de parcours, la vitesse commerciale de la ligne T1 s'est améliorée depuis la mise en service de la ligne. En effet, sur les trois mêmes tranches horaires de référence que précédemment et dans les deux sens de circulation, en moyenne, **1,5 à 2,5 kms/h ont été gagnés entre septembre 2019 et février 2020**. Conformément aux données de temps de parcours, la vitesse commerciale du Tram'Bus est plus faible à l'heure de pointe du soir.



ÉVOLUTION DE LA VITESSE COMMERCIALE SUR LA LIGNE T1

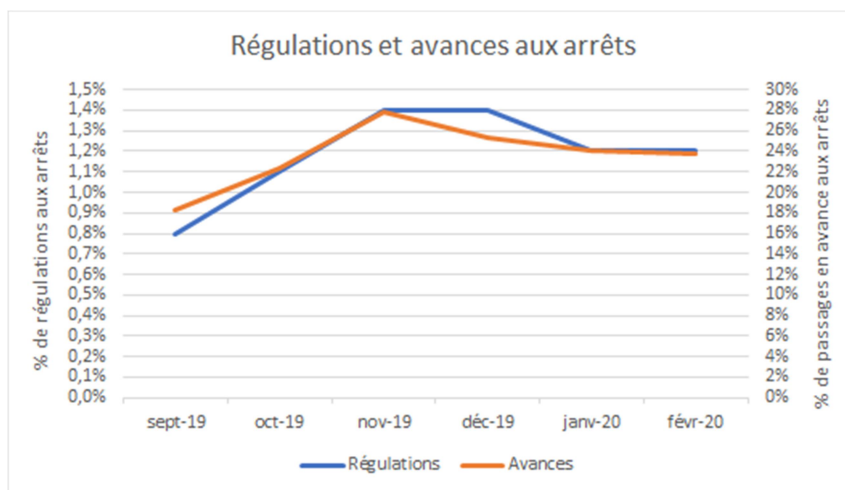
De manière générale, en termes de ponctualité, les courses de la ligne T1 **partent globalement à l'heure** (moins d'une minute d'avance et moins de trois minutes de retard par rapport au temps théorique). C'est le cas pour **60%** (en septembre 2019) à **77%** (en février 2020) d'entre elles. En revanche, la ponctualité se dégrade au cours de l'exploitation de la ligne, puisque seulement **37%** (en septembre 2019) à **52%** (en février 2020) **des courses arrivent à l'heure**. Même si l'évolution de la ponctualité est assez irrégulière au cours des six premiers mois d'exploitation de la ligne T1, nous pouvons constater une amélioration, notamment aux arrivées des courses.

Autre fait marquant. **Les courses qui ne partent pas à l'heure sont plus souvent en retard** (supérieur à trois minutes par rapport au temps théorique) **qu'en avance** (supérieure à une minute par rapport au temps théorique) : **de 20% à 29%** contre de **4% à 1%**. C'est exactement l'inverse aux terminus des courses, puisque **19% à 42% des courses arrivent en avance alors que seulement 6% à 23% d'entre elles arrivent en retard**. Ce constat est d'autant plus renforcé si l'on enlève le mois de septembre de l'analyse. Toujours est-il que ces éléments statistiques sont révélateurs d'un potentiel supplémentaire d'amélioration des temps de parcours.



EVOLUTION DE LA PONCTUALITE AUX DEPARTS ET ARRIVEES DES COURSES DE LA LIGNE T1

La dégradation de la ponctualité du départ aux arrivées des courses est aussi illustrée par le nombre de régulations (lorsque le Tram'Bus passe à l'arrêt avec plus d'une minute d'avance sur l'horaire théorique et qu'il s'arrête au moins deux minutes en station) et de passage en avance aux arrêts. **En constante augmentation jusqu'en décembre 2019, le nombre de régulation a diminué en janvier et février 2020 pour se stabiliser autour des 1550 occurrences observées, ce qui représente 1,2% des passages aux arrêts**. Hormis pour le mois de décembre 2019, le taux de passage en avance aux arrêts a suivi la même trajectoire. Là aussi, les comportements de régulation constatés laissent augurer un potentiel de gain supplémentaire en termes de temps de parcours.



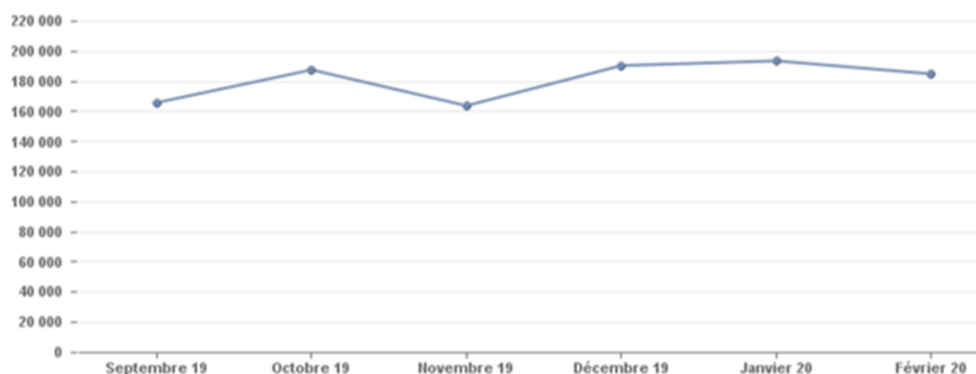
REGULATIONS ET PASSAGES EN AVANCE AUX ARRETS POUR LA LIGNE T1

De manière générale, les constats décrits ci-dessus découlant de l'exploitation de la ligne T1, font l'objet d'un travail d'amélioration continue en collaboration entre le Syndicat des Mobilités et l'exploitant.

➤ Données d'usage

En tant qu'héritière des lignes A1 et A2 de l'ancien réseau Chronoplus, la ligne T1 se positionne comme la ligne la plus dimensionnante du réseau actuel, reliant notamment les centres-villes des trois principales communes du périmètre de Chronoplus (Bayonne, Anglet, Biarritz) et desservant d'importantes zones commerciales.

Sur ses six premiers mois d'exploitation, **1 084 215 voyages** ont été effectués sur la ligne T1, soit **26,6 %** du trafic de l'ensemble du réseau Chronoplus sur la période (contre 34,8% pour les anciennes lignes A1 et A2 cumulées, entre septembre 2018 et février 2019). La fréquentation mensuelle de la ligne, relativement irrégulière lors de ses trois premiers mois d'exploitation, s'est **stabilisée aux alentours des 180 000 validations par mois** (avec un pic en janvier 2020 à 192 000 validations).

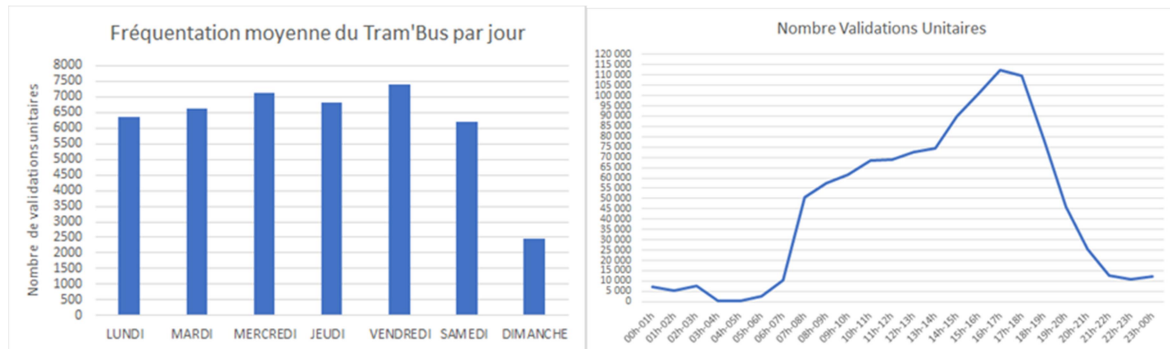


FREQUENTATION MENSUELLE DE LA LIGNE T1

En analysant la fréquentation de la ligne T1 à un niveau plus fin, nous pouvons constater qu'**en moyenne, 6 869 voyages sont effectués par jours de la semaine** (hors vacances scolaires et jours fériés). La fréquentation est d'ailleurs plus forte en fin de semaine (7 401 validations en moyenne les vendredis) qu'en début de semaine (6 338 validations en moyenne les lundis). L'usage moyen tombe à 6 214 validations les samedis et 2 458 les dimanches.

Quant à la fréquentation par tranche horaire, la ligne T1 a pour singularité de **ne connaître qu'un seul pic d'usage**, en milieu d'après-midi, **entre 16h00 et 17h00** (qui représente 10,35% de la fréquentation totale de la ligne). Jusqu'à ce pic identifié, la fréquentation du Tram'Bus est croissante puis décroît après 17h00. Cette particularité tient peut-être sa source dans les profils des usagers de la ligne. En effet, alors que le réseau Chronoplus dans son ensemble est avant tout fréquenté par des

usagers réguliers (représentant 55 à 57% des validations observées), **la ligne T1 est en majorité utilisée par des usagers occasionnels** (représentant 52% des validations observées).



FREQUENTATION DE LA LIGNE T1 PAR TYPES DE JOURS ET PAR TRANCHES HORAIRES

4.3.3 Retour usagers

➤ Réclamations

Le rapport d'activité de septembre 2019 édité par KBA fait état d'un nombre important de réclamations lors du premier mois d'exploitation du nouveau réseau Chronoplus. Il y est en effet indiqué que :
 « Plus de 600 réclamations ont été adressées au service commercial de Chronoplus.
 Une grande majorité concernait la rentrée et l'offre de transport.

Là aussi, une diminution du rythme des réclamations a été enregistrée à partir de la fin du mois. 46% des réclamations sont liées à l'offre de transport, 27% évoquent un manque de respect des horaires.

Parmi ces réclamations, 19% concernent T1 (en raison des retards, de la diminution de fréquence, du repositionnement des arrêts et de la suppression de la ligne A2- son itinéraire étant considéré comme plus direct et rapide entre Bayonne et Biarritz-Anglet). (...) »

Sans surprise, la ligne de Tram'Bus T1 fait l'objet du plus grand nombre de réclamations pour les raisons évoquées dans les paragraphes précédents.

Il est néanmoins intéressant de noter que les plaintes usagers diminuent dès lors que ces derniers commencent à mieux se familiariser avec les particularités de la nouvelle ligne T1.

➤ Commission Intercommunale d'Accessibilité (CIA)

Une visite du Tram'Bus, en présence des membres de la Commission Intercommunale pour l'Accessibilité a été organisée le 17 février 2020. Le parcours a été réalisé dans son intégralité, avec quelques arrêts spécifiques, ce qui a permis des temps d'échanges entre les équipes du Syndicat des Mobilités et les membres de la Commission, dont la retranscription est donnée ci-après.

Véhicule

- Absence annonce sonore extérieure indiquant le nom de la ligne et la destination.
- Problème puissance son de l'annonce sonore intérieure indiquant le prochain arrêt. À peine audible.
- Pas de journal lumineux indiquant le nom des arrêts, visible depuis la place pour les Usagers en Fauteuil Roulant.
- Contraste visuel signalant les places prioritaires insuffisant.
- Bouton d'appel des places PMR : bouton sans sensation d'appui et donc impossibilité de déterminer si l'arrêt est pris en compte ou non (signal sonore trop faible ou même inexistant).
- Boutons de demande d'arrêt pas assez contrastés sur les piliers (grande difficulté à les repérer facilement et impossible lors de changements de luminosité).
- Sur les sièges isolés, la barre est trop avancée. L'utilisateur se cogne à la barre quand il se lève. La mettre au niveau du dos du siège.
- Le valideur qui se trouve dans l'allée centrale à côté de l'endroit où se mettent les usagers en fauteuil roulant est dans le passage. Résultat les personnes non voyantes le percutent à chaque fois. Serait-il possible de le mettre au dos du dernier fauteuil isolé ?
- Le revêtement de sol au droit de la place UFR mériterait d'être plus rugueux pour éviter le déplacement latéral par glissement du fauteuil dans les virages.

Aménagement arrêt de transport en commun arrêt CCI

- Borne information voyageur ne fonctionne pas.
- Suite au test du dispositif de repère de la porte avant du véhicule et d'une zone de sécurité le long du quai, il a été relevé que la bande rugueuse n'était pas assez :
 - épaisse pour être détectée au pied
 - contrastée pour être repérée.
- Billettique :
 - Borne de vente de billets à revoir pour l'accessibilité des non-voyants. Elles sont vocales mais il est difficile de le savoir, de la déclencher en trouvant le bon bouton puis de trouver le bon endroit sur lequel appuyé car il n'est pas déterminé vocalement.
 - Manque prise Jack dans les distributeurs de tickets (normalement destiné aux distributeurs automatiques de billets pour confidentialité des données bancaires)

Aménagement arrêt de transport en commun arrêt MAIRIE BIARRITZ

- Abris voyageurs ne permettant pas de s'abriter de la pluie ou du vent.
- Parois vitrées sur assise non repérable pour les usagers non ou malvoyants.
- Présence d'une marche isolée présentant de forts risques de chute des usagers.
- Absence de contraste sur le nez de marche de la première et dernière marche de l'escalier de liaison entre l'arrêt voyageur et l'Office de Tourisme.

Agence commerciale CHRONOPLUS BIARRITZ

- Absence de boucle à induction magnétique pour l'accueil des clients.
- Carte d'abonnement : permettre la possibilité d'accrocher sa carte à un tour de cou.
- Distributeur de tickets : fenêtre du cache à élargir vers le bas afin d'avoir une meilleure préhension du titre de transport à retirer.

Remarque générale

- Difficulté de repérer le bus que l'on attend sur des quais très longs et où l'arrêt du véhicule reste souvent aléatoire.
- Impossibilité de déterminer le bus désiré sur les arrêts dédiés à plusieurs lignes.
- Difficulté de repérer le Tram'Bus car on ne l'entend pas arriver. En plus du fait de sa couleur noire, il est difficilement repérable.
- Problème récurrent de chauffeurs qui refusent d'ouvrir la porte avant du véhicule. Or c'est l'entrée de cette porte qui est repérée au sol.
- 3 langues utilisées sur les informations générales : français, basque et gascon. Manque d'autres langues généralistes comme l'anglais, l'espagnol.

Bon nombre de remarques concernent des aménagements dans les véhicules ou en stations difficilement modifiables après coup. Néanmoins, le Syndicat des Mobilités souhaite intégrer autant que possible ces éléments pour ses prochaines commandes de véhicules. D'autres éléments ont été corrigés depuis cette visite (volume de l'annonce sonore, fonctionnement rétabli sur les bornes d'information voyageurs).

4.3.4 Fiabilité équipements

La fiabilité des équipements se mesure ici en termes de taux de disponibilité des équipements et d'occurrence de pannes ayant eu des conséquences plus ou moins importantes sur l'exploitation de la ligne de Tram'Bus T1.

➤ Taux de disponibilité des équipements

A partir de l'offre théorique initiale et du nombre de courses réellement réalisées par les BHNS, un taux de disponibilité du matériel roulant et de ses infrastructures de charge a pu être défini.

Pour rappel, de septembre à décembre 2019, la fréquence de passage aux arrêts a été d'environ 13/14 minutes puis de 11/12 minutes à partir du 13 janvier 2020, avec des amplitudes horaires variables selon les jours de la semaine.

En croisant ces différentes données, on obtient un nombre courses théoriques par semaine de :

- Du 2 septembre 2019 au 12 janvier 2020 : 975 courses/semaines,
- Depuis le 13 janvier : 1015 courses/semaines.

Les données réelles (nombre de courses réellement effectuées et nombre de courses effectuées par des véhicules autres que BHNS) ont été extraites à partir du Systèmes d'Aide à l'Exploitation (SAE) du Délégué.

Le taux de disponibilité par semaine est calculé en faisant le quotient du nombre total de courses T1, duquel est retranché le nombre de courses T1 effectuées par des véhicules non BHNS, sur le nombre de courses théoriques.

TAUX DE DISPONIBILITE PAR SEMAINE EN 2019

	Nombre de courses T1 total	Nombre de courses T1 véhicule non BHNS	Taux de disponibilité BHNS
S36	770	60	72,82%
S37	890	16	89,64%
S38	896	9	90,97%
S39	895	66	85,03%
S40	903	11	91,49%
S41	905	12	91,59%
S42	889	37	87,38%
S43	798	27	79,08%
S44	668	8	67,69%
S45	887	65	84,31%
S46	832	91	76,00%
S47	878	107	79,08%
S48	842	62	80,00%
S49	753	65	70,56%
S50	865	106	77,85%
S51	889	30	88,10%
S52	819	2	83,79%
TOTAL	14 379	774	82,08%

En 2019, le taux de disponibilité des équipements est de **82,08%**.

TAUX DE DISPONIBILITE PAR SEMAINE EN 2020

	Nombre de courses T1 total	Nombre de courses T1 véhicule non BHNS	Taux de disponibilité BHNS
S01	891	64	81,48%
S02	774	17	74,58%
S03	947	78	85,62%
S04	910	18	87,88%
S05	893	14	86,60%
S06	936	10	91,23%
S07	927	36	87,78%
S08	923	0	90,94%
S09	926	3	90,94%
S10	940	55	94,15%
S11	831	1	99,88%
TOTAL	9 898	296	88,28%

En 2020, le taux de disponibilité des équipements jusqu'au 16 mars est de **88,28%**.

Bien qu'en légère amélioration en 2020, ces taux de disponibilités restent insuffisants au regard des obligations contractuelles du Titulaire (taux de disponibilité globale des équipements : 99,5%) et des contraintes d'exploitation.

D'autant que l'arrivée des 8 véhicules supplémentaires dédiés à la ligne T2 a permis une augmentation significative du nombre de bus en réserve et donc une augmentation « virtuelle » du taux de disponibilité de la ligne T1.

NOTA | Compte-tenu du caractère exceptionnel de la situation durant la crise sanitaire, le calcul du taux de disponibilité s'arrête à la semaine 11, l'exploitation lors des semaines suivantes ne permettant pas de refléter correctement l'offre initialement prévue.

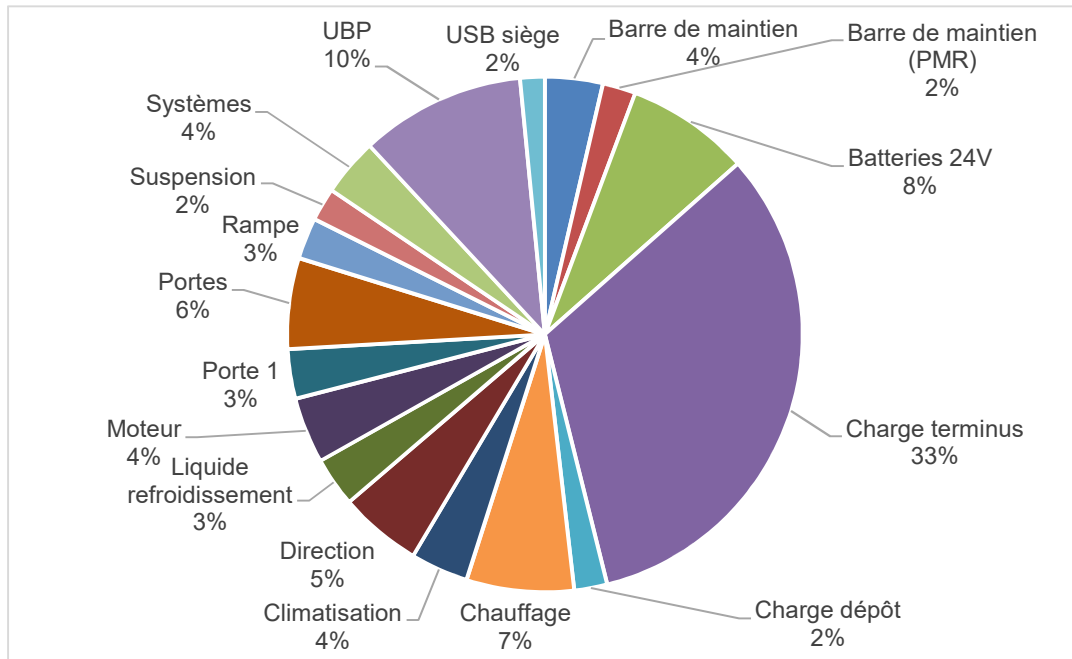
➤ Pannes système global

Les dysfonctionnements présentés ci-après ont été relevés au cours des 6 premiers mois d'exploitation du Tram'Bus sur une période allant du 2 septembre 2019 (mise en service) au 16 mars 2020 (début du confinement). Bien qu'étant d'origines diverses, la principale source de signalement de pannes vient des conducteurs du réseau Chronoplus.

Les nombreux dysfonctionnements observés sur la période, dus en partie à une phase de déverminage tardive et une prise en main compliquée, ont été classés en 17 grandes catégories de pannes qui englobent des systèmes ou sous-systèmes du véhicule ou des infrastructures de charges, afin de faciliter le traitement et l'analyse. De plus, seules les pannes ayant une occurrence supérieure à 2 ont été retenues, les autres étant considérées comme des cas isolés non significatifs.

La plupart des dysfonctionnements illustrés dans le graphique ci-après sont survenus lors du premier mois d'exploitation et ont en moyenne été résolus dans les trois premiers mois d'exploitation. Près des deux tiers concernent directement le matériel roulant et le tiers restant est attribué aux stations de charge.

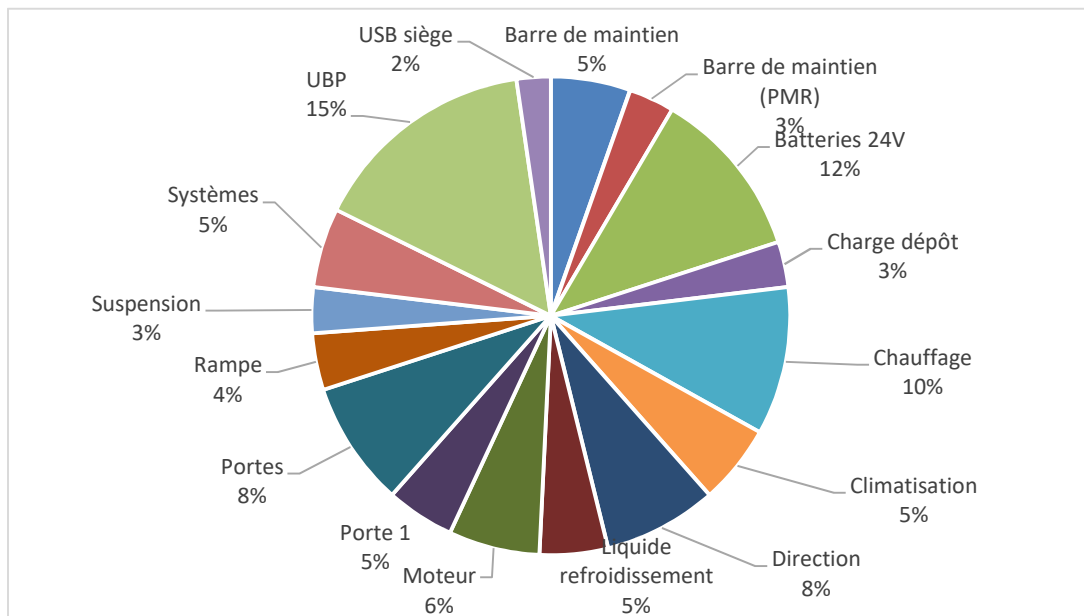
NOTA | Une partie des signalements a été remontée directement par des usagers, des agents du Syndicat des Mobilités présents sur le terrain ou le constructeur des bus lui-même.



OCCURRENCES DES DYSFONCTIONNEMENTS SIGNIFICATIFS SUR LE PARC BHNS DE LA T1

➤ **Pannes véhicules**

Les occurrences de pannes sur l'ensemble des BHNS de la ligne T1, hors problèmes de charge en terminus, sur la période se répartissent comme suit (classement non chronologique) :



OCCURRENCES DES DYSFONCTIONNEMENTS SIGNIFICATIFS SUR LES BHNS (HORS STATIONS DE CHARGE)

Il est ici intéressant de s'attarder sur les pannes ayant une occurrence supérieure à 5%. On peut établir la hiérarchie ci-après dans le type de pannes rencontrées (de plus « grave » au moins « grave »).

Avec incidence majeure sur exploitation

Les pannes avec incidence majeure sur l'exploitation entraînent généralement une indisponibilité des véhicules allant de plusieurs minutes à plusieurs jours. Ces pannes se produisent soit en ligne soit au dépôt et ont la plupart du temps pour effet l'immobilisation du véhicule.

Organe	Description	Causes	Conséquences	Actions correctives	Commentaire
Charge dépôt	Court-circuit au niveau de la connexion COMBO entraînant l'éjection brutale de la prise mâle du chargeur hors de la prise femelle du bus pendant la charge	Présence d'eau dans les connecteurs due à un défaut d'étanchéité causé par un micro-trou dans le pistolet <i>Nota : l'eau n'est pas la seule cause de défaut, l'incident s'étant reproduit plusieurs fois par temps sec.</i>	Contacteurs positionnés immédiatement en aval de la prise COMBO dans la <i>Junction box</i> endommagés, défaut d'isolement sur les circuits avals du bus, Battery Management System (BMS) défaillant Indisponibilité BHNS	Remplacement de la junction box, du BMS, des câbles et équipements électriques endommagés dans le bus.	En attente ajout d'un organe de protection. D'après les schémas électriques du bus, aucun des circuits électriques distribuant les équipements de puissance (motorisation, climatisation, air comprimé, pantographe etc.) n'est protégé par un disjoncteur ou un fusible. Lors des incidents, les contacteurs, dont la fonction intrinsèque est de connecter des circuits sur courant nominal (pas couper des arcs électriques dus à des défauts) sont détruits et

Organe	Description	Causes	Conséquences	Actions correctives	Commentaire
					les équipements se trouvant à proximité voient leur isolement détérioré.
Batteries 24V	Décharge des batteries auxiliaires 24V lorsque le temps d'immobilisation d'un bus est supérieur à 24 heures.	Capacités des batteries auxiliaires 24V sous-dimensionnées, consommation importante des circuits auxiliaires du BHNS, pas de recharge des batteries 24V en dehors des périodes de roulage ou de recharge des batteries de traction.	Impossibilité de démarrer le bus, usure prématurée des batteries 24V, arrêts intempestifs des systèmes embarqués avec risque de pertes d'informations Indisponibilité BHNS	Remplacement de toutes les batteries 24V par une technologie de batteries à plus forte densité énergétique (gel), mise à jour logiciel pour optimiser consommation des auxiliaires	
Moteur	Perte d'assistance de direction en ligne de manière aléatoire.	Le système de communication du groupe de traction est coupé.	Immobilisation du véhicule en ligne Indisponibilité BHNS	Mise à jour software et hardware du système de contrôle-commande de traction (filtrage des perturbations CEM).	

Organe	Description	Causes	Conséquences	Actions correctives	Commentaire
Direction	Alarme rouge au démarrage générée par la fonction assistance de direction.	Problème de communication dans l'onduleur de direction, occasionnant une alarme	Pas d'autorisation de départ en présence d'un voyant rouge (procédure KBA) Indisponibilité BHNS	Mise à jour logiciel de l'unité de contrôle-commande de l'onduleur	
Liquide de refroidissement	Défaut fonction liquide de refroidissement (voyant rouge)	Temporisation de l'alarme trop courte (fausse alerte)	Pas d'autorisation de départ en présence d'un voyant rouge (procédure KBA) Indisponibilité BHNS	Modification des paramètres de la temporisation pour ne déclencher l'alarme qu'en cas de niveau <u>bas</u>	

Sans incidence majeure sur exploitation

Les pannes sans incidences majeures sur l'exploitation peuvent entraîner une gêne pour le conducteur ou les passagers mais n'empêche pas le maintien en circulation du bus. Elles peuvent être solutionnées dans un délai relativement court et/ou via une assistance à distance du conducteur.

Organe	Description	Causes	Conséquences	Actions correctives	Commentaire
Portes	En mode automatique : difficulté de fermeture des portes 2, 3 et 4 en cas de forte affluence dans le bus	Angle de détection des capteurs de porte trop large, passagers positionnés trop près des portes	Temps de fermeture excessivement long (jusqu'à 1 minute), détérioration de la vitesse commerciale, obligation pour le conducteur de descendre pour faire	Réduction du faisceau, utilisation du mode forcé	La familiarisation des usagers aux véhicules, l'amélioration des fréquences et la diminution du taux de charge des bus a permis de corriger ce défaut au

Organe	Description	Causes	Conséquences	Actions correctives	Commentaire
			reculer les passagers de l'embrasure des portes		bout de quelques semaines
Porte 1	En mode automatique : fermeture de la porte 1 sur les passagers pendant la montée	Position des détecteurs	Porte 1 inutilisable Difficulté d'accessibilité pour les personnes en situation de handicap qui ont pour habitude de se repérer en entrant à l'avant du bus	Rendre gestion de la porte 1 entièrement indépendante des autres portes, quel que soit le mode de gestion des portes sélectionné par le conducteur.	Non résolu à ce jour malgré demande du Syndicat depuis novembre 2019. Développement en cours d'étude par le fournisseur de porte MASATS. Date de mise à disposition d'une version Beta non communiquée
Barres de maintien	Descellement des barres de maintien (notamment au niveau de l'articulation et des sièges en porte à faux après le soufflet).	Soudures trop fines et support insuffisant	Risque de chute de passagers	Poses de renfort (bagues) et renforcement des soudures des supports	
Chauffage et climatisation :	Problèmes de climatisation et chauffage Forte chaleur : important gradient de T° entre l'avant du bus et la remorque. En hiver : le chauffage est jugé insuffisant	Puissances frigorifiques et calorifiques bridées pour ne pas entamer trop fortement l'autonomie du véhicule	Inconfort ressenti par les conducteurs et les passagers lors des phases de T° extérieures extrêmes	Campagnes de purges et de rééquilibrage des circuits menées par Irizar et leur fournisseur CVC Hispacold, campagnes de mesures prévues au printemps 2020.	À ce jour les effets de ces mesures n'ont pas encore été observés.

Organe	Description	Causes	Conséquences	Actions correctives	Commentaire
	notamment par les conducteurs				
UBP	Perte d'un UBP (Unit Battery Pack) en ligne : passage de 4 à 3 packs, voire de 3 à 2	Déconnexion automatique d'un UBP lorsque son SOC est inférieur d'un certain seuil au SOC des autres UBP. Reconnexion automatique lorsque l'équilibrage est fait	Chute du SOC (State Of Charge) affiché au tableau de bord, allongement des temps de charge en terminus.	Modification du code couleur du voyant d'alerte au tableau de bord pour ne pas inquiéter les conducteurs (jaune au lieu de rouge) ° MAJ logiciel	Il subsiste un certain nombre de cas problématiques où l'UBP ne se rétablit pas. Le passage de 3 à 2 UBP nécessite quant à lui le retrait du bus de la ligne.
Odomètre et tableau de bord	Mauvaise remontée d'information entre l'odomètre et le tableau de bord	Mauvaise synchronisation des 2 systèmes	Perte d'information sur le kilométrage réel des véhicules	Mise à jour logiciel	

NOTA | les pannes les plus récurrentes ne sont pas forcément les plus impactantes au niveau de l'exploitation (exemple : les pertes d'UBP très courantes n'empêchent pas l'exploitation des bus).

➤ **Pannes infrastructures de charge**

Station de charges rapides

Après 6 mois d'exploitation, le Syndicat des Mobilités et son délégataire ont pu observer la résolution progressive des pannes constatées sur les véhicules. Néanmoins les problèmes de charge survenant de manière aléatoire et récurrente aux stations de charge rapides constituent toujours un réel problème.

Malgré plusieurs actions correctives menées par Irizar, les stations continuent de faire régulièrement l'objet de dysfonctionnements plus ou moins longs (de quelques minutes à quelques jours) pouvant aller jusqu'à entrainer le retrait complet des BHNS de la ligne T1, faute de pouvoir les recharger en ligne. Il est assez courant qu'un BHNS doive « sauter » une charge à l'un des terminus et repartir dans l'autre sens, faute d'avoir pu recharger pendant son temps de battement.

L'exploitant KBA a été établi un recensement des divers dysfonctionnements liés aux phénomènes de charge sur la période allant du 05 janvier 2020 au 17 février 2020, sur la base des signalements faits par les conducteurs.

INCIDENTS RELEVES PAR LES CONDUCTEURS KBA

	BTZ		BAY	
<i>Pas de charge</i>	15	63%	10	33%
<i>Retard au départ</i>	2	8%	1	3%
<i>Camera pantographe HS</i>	1	4%	2	7%
<i>Problème pantographe</i>	0	0%	3	10%
<i>Perte d'un pack batterie</i>	3	13%	5	17%
<i>Réhausse nécessaire</i>	1	4%	3	10%
<i>Charge interrompue avant 85%</i>	2	8%	6	20%
TOTAL	24		30	
REPARTITION DES PANNES				

La majorité des pannes à Biarritz est liée à une impossibilité pure et simple de charger le BHNS, qui s'explique peut-être en partie par la configuration du site (déformation de la chaussée nécessitant souvent un repositionnement du bus). Pour Bayonne, la répartition entre les causes de pannes est plus hétérogène.

Avec incidence majeure sur exploitation

Les pannes survenant aux stations de charge ont systématiquement une incidence majeure sur l'exploitation.

Station	Description	Causes	Conséquences	Actions correctives	Commentaire
Mairie de Biarritz & Hauts de Bayonne	Impossibilité de charger le bus en station de charge	Défaillances de communication récurrentes entre le BHNS et le chargeur (signal bruité) entraînant l'interdiction ou l'interruption de charge <i>D'autres causes restent à identifier à ce jour</i>	<u>1 station indisponible</u> : « Saut » de charge à l'un des terminus entraînant un temps de charge plus long à l'autre terminus => retard sur les temps de parcours <u>2 stations indisponibles</u> : injection de bus thermiques à la place des BHNS	<u>Sur véhicules</u> : Vérification de la tension des ressorts des pantographes, Analyse de l'état des contact-pins, Tâches de maintenance préventive... <u>Sur chargeurs</u> : Remplacement des cartes de communication Auronik, mises à jour software	Problème non résolu à ce jour En attente des analyses d'enregistrements de procédures de charge réalisés le 12/03/20 sur des BHNS et les chargeurs de Biarritz et Bayonne
Mairie de Biarritz	Impossibilité de charger le bus en station de charge	Corrosion, vents forts, entrées d'eau au niveau de certains caniveaux techniques (incidence de ce dernier point non avérée sur les problèmes de charge), problème de position du BHNS sous le	« Saut » de charge entraînant un temps de charge plus long Hauts de Bayonne => retard sur les temps de parcours	Nettoyage mensuel du dôme de Biarritz (lorsque les conditions météorologiques sont favorables) Remplacement du dôme de Biarritz prévu à l'été 2020	Problème non résolu à ce jour Le Syndicat déplore ici la non prise en compte des conditions climatiques particulières du site (proximité de l'océan) dans la conception de la

Station	Description	Causes	Conséquences	Actions correctives	Commentaire
		mât de charge (dû à affaissement chaussée)		Mise en place d'un vernis anticorrosion	station

Sans incidence majeure sur exploitation

La seule panne relevée sur les infrastructures de charge du dépôt sont les courts-circuits au niveau des connexion COMBO bus / chargeur (5 incidents à ce jour).

Bien que les dommages matériels résultants de ces incidents soient assez conséquents, ils n'ont jusqu'à présent pas entraîné d'incident majeur sur l'exploitation, le dépôt étant équipés de plusieurs chargeurs pouvant pallier l'indisponibilité d'un équipement.

Organe	Description	Causes	Conséquences	Actions correctives	Commentaire
Chargeur dépôt	Court-circuit au niveau de la connexion COMBO entraînant l'éjection brutale de la prise COMBO mâle du chargeur hors de la prise COMBO femelle du bus pendant la charge	Présence d'eau dans les connecteurs probablement due à un défaut d'étanchéité causé par un micro-trou dans le pistolet	Câble DC du chargeur en endommagé Indisponibilité du chargeur de plusieurs jours	Reprise de l'étanchéité de la fiche COMBO mâle, remplacement câbles DC, rappel des consignes de rangement de la fiche mâle garantir l'IP (Indice de Protection)	Nota : l'ajout d'un fusible dans le chargeur est à l'étude (29/04/20)

4.4 Maintenance

4.4.1 Organisation

Dans le cadre du marché, un contrat dit « full maintenance » a été passé entre le Syndicat des Mobilités et Irizar pour une durée de 15 ans à compter de la mise en service de la ligne T1.

En termes d'organisation, cette prestation se traduit notamment par la présence en roulement (6 jours sur 7) de 2 techniciens Irizar détachés qui assurent les opérations de maintenance de premiers niveaux et apportent une assistance technique en cas de panne.

Un certain nombre de pannes peut ainsi être traité directement sur site bien que dans les premiers temps d'exploitation, des difficultés de communication entre KBA et Irizar dans la remontée et la gestion des signalements ont pu être déplorées.

Le contrat de maintenance inclut également la mise à disposition d'un accès à une plateforme Web, *iService® (Irizar e-mobility)*, accessible sur ordinateur, tablette ou smartphone et dédiée la gestion du service après-vente du véhicule (utilisation, entretien et réparation). Elle permet d'accéder à la documentation technique du véhicule et de procéder à l'achat de pièces détachées.

Le Syndicat des Mobilités constate aujourd'hui que cette plateforme est peu, voire pas utilisée par les équipes de maintenance KBA ; ce qui peut s'expliquer d'une part par un défaut de formation et d'information sur l'outil et d'autre part par une absence de réel besoin, la gestion des pièces détachées et commandes de pièces de remplacement étant pour l'instant principalement assurée par les techniciens d'Irizar.

4.4.2 Plan de maintenance véhicule

Concernant les véhicules, Irizar assure la maintenance de niveau 2 à 5 (hors batteries), tandis que la maintenance de niveau 1 est assurée par les équipes maintenance KBA.

Le plan de maintenance défini par Irizar liste les interventions sur chaque organe du véhicule (châssis, portes, chaîne de traction, rampe, sièges etc.), soit environ 200 points classés selon le niveau de maintenance, la durée d'intervention et la périodicité des révisions.

SOURCE : (IRIZAR, PLAN DE MAINTENANCE 18M FR, 2020)

S'agissant de véhicules électriques, la maintenance est réputée moins lourde que sur des véhicules thermiques (beaucoup plus complexes en termes de mécanique). A ce jour, le Syndicat des Mobilités

et son Délégué ne disposent pas du recul nécessaire pour évaluer ce sujet d'un point de vue technique et financier.

Dans les premiers temps d'exploitation, des interventions assez fréquentes, nécessitant la venue de techniciens de l'usine Irizar, ont lieu sur les véhicules.

NOTA | KBA a dû faire passer à 15 techniciens KBA l'habilitation électrique permettant les interventions à proximité de pièces sous-tension.

4.4.3 Plan de maintenance des batteries

La maintenance des batteries de traction (ou UBP) est également assurée par Irizar, les interventions sur les batteries relevant toutes du niveau 5.

Le plan de maintenance défini par Irizar liste les interventions sur ces équipements qui consistent principalement en des plans d'entretiens préventifs très réguliers et la réalisation bi-hebdomadaire d'une charge lente.

SOURCE : (IRIZAR, PLAN DE MAINTENANCE 18M FR, 2020)

NOTA | Les UBP font l'objet d'un traitement à part. Elles n'ont pas été acquises par le Syndicat des Mobilités au titre du marché mais sont en location, le but étant de déplacer le risque lié à une technologie pas encore mature chez le constructeur. Le coût de location intègre entre autres le renouvellement des batteries à mi-vie des véhicules pour garantir le maintien des performances.

4.4.4 Plan de maintenance infrastructures de charge

La maintenance des infrastructures de charge, qui constituent des installations électriques Moyenne et Basse Tension à part entière, au sens des normes françaises C13-100 et C15-100, devant faire à minima l'objet de contrôles périodiques réglementaires, n'est pas prévue dans le contrat de maintenance qui lie le Syndicat des Mobilités et Irizar.

En outre, l'absence de personnel qualifié chez le Délégué, KBA ne disposant pas parmi ses équipes d'un nombre suffisant de professionnels électriciens ni des qualifications délivrées par un organisme de référence (type *Qualifelec*), la maintenance des infrastructures de charge n'est pour l'instant pas prise en charge et devra être sous-traitée à un prestataire extérieur.

Cette lacune dans le contrat amène à s'interroger sur la pénétration de plus en plus forte du mode électrique dans le monde des transports, dont ce n'est pas le cœur de métier, et de la nécessité d'intégrer, ou de prévoir en sous-traitance, des électriciens dans les équipes de mainteneurs, à ce jour principalement constituées de mécaniciens.

4.4.5 Supervision

La supervision reste à ce jour le point noir du projet Tram'Bus : en partie inopérante, elle demeure inexploitable et pénalise les diagnostics rapides et efficaces de pannes. Elle est composée de 2 outils : une plateforme *iPanel*®, développée par la filiale Datik d'Irizar, et une Gestion Technique Centralisée, réalisée par un prestataire extérieur, dédiée à la supervision de l'ensemble de stations de la ligne T1, stations de charge incluses.

➤ iPanel

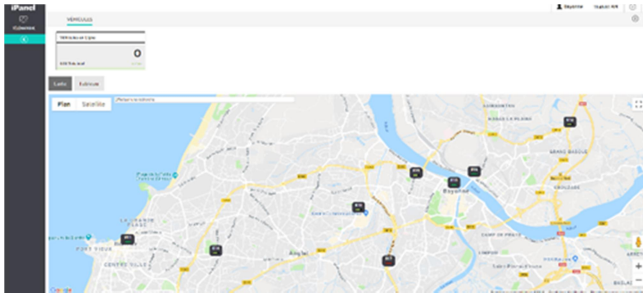
L'outil *iPanel*® est une plateforme web permettant la télésurveillance du parc de BHNS ainsi que des stations de charges lentes et rapides. Cet outil permet de récupérer entre autres les positions, les données kilométriques, les consommations, les vitesses et les pannes des véhicules ainsi que les données électriques des chargeurs (courant, tension, puissance, état du chargeur, alarme, défauts etc.).

Depuis le véhicule, les remontées de données se font via des connexions GPRS sans fil. Dans le cas de chargeurs en ligne et au dépôt, la communication est effectuée via des réseaux fibre optique dédiés.

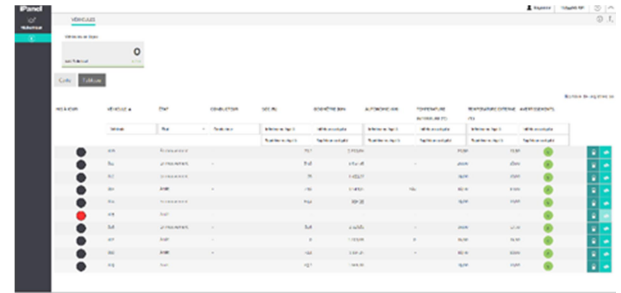
Dans les deux cas, les informations monitorées sont théoriquement envoyées à la plateforme cloud d'*iPanel* pour un traitement en temps réel.

Dans la pratique, la remontée des données du BHNS n'est pas fiable car à la suite de problèmes de communication entre les bus et la plateforme Web une partie des kilomètres réalisées, et par conséquent les consommations calculées qui en découlent, n'a pas été comptabilisée entre septembre 2019 et février 2020. Bien que le problème ait été résolu courant mars 2020 (changement des Datalogger dans tous les BHNS), la perte d'information est estimée à plusieurs dizaines de milliers de kilomètres.

La remontée des données des chargeurs en ligne et au



VUE IPANEL - LOCALISATION DES BHNS EN TEMPS REEL



VUE IPANEL - LISTE DES VEHICULES EN MOUVEMENT

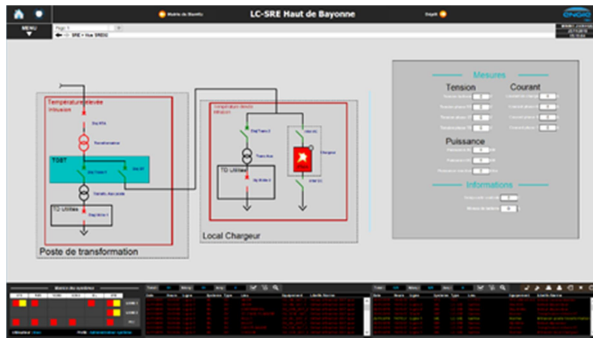
La remontée des données des chargeurs en ligne et au dépôt est quant à elle toujours inopérante malgré la mise en place des liaisons physiques depuis fin 2019. A ce jour, Irizar et les prestataires informatiques de KBA semblent toujours se heurter à des difficultés techniques liées à des paramétrages de réseau.

➤ **Gestion Technique Centralisée**

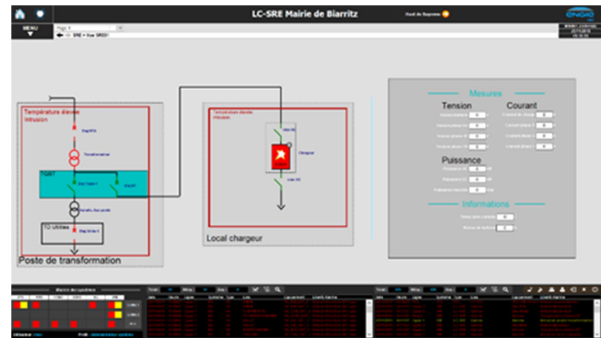
La Gestion Technique Centralisée, mise en place par la société Engie, dans le cadre de la supervision d'ensemble de la ligne de Tram'Bus T1, permet l'intégration des données issues des stations de charges en ligne ainsi que des chargeurs au dépôt (via des automates concentrateurs connectés au réseau fibre optique déployé sur la ligne T1 et au dépôt).

Cette GTC permet normalement la télésurveillance des équipements électriques (positions des disjoncteurs, états des chargeurs, mesures des tensions et courants etc., défauts etc.) au poste de Contrôle Commande installé au dépôt Chronoplus mais à ce jour, faute des paramétrages et configurations requises, les données de ne remontent pas.

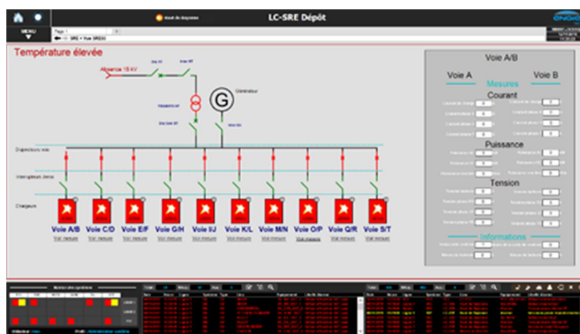
Les vues de supervision ont bien été créés mais ne sont pas animées.



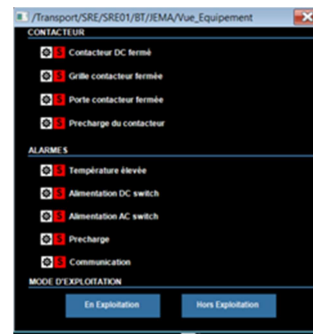
VUE DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES DE CHARGE A HAUTS DE BAYONNE



VUE DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES DE CHARGE A MAIRIE DE BIARRITZ



VUE DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES DE CHARGE AU DEPOT



LISTE DES ALARMES CHARGEUR

4.5 Aspects énergétiques

L'énergie mesurée est ici l'électricité consommée par les BHNS sur une période allant de septembre à décembre 2019.

La consommation des BHNS est calculée à partir des relevés horaires de puissances journalières soutirées en 2019 communiqués par le fournisseur d'énergie GAZEL ENERGIE. Les consommations électriques sont exprimées en MWh.

La gestion du contrat de fourniture d'énergie est assurée par le Délégué du Syndicat des Mobilités. **RAPPEL** | L'énergie est la somme des quantités de puissance absorbée par unité temps. La puissance s'exprime en kW et l'énergie en kWh. La puissance est une grandeur instantanée alors que l'énergie est l'intégrale de la puissance par le temps et est cumulative.

4.5.1 Rappel sur les performances des véhicules

Dans son mémoire technique, Irizar fournit plusieurs simulations des performances du BHNS en prenant comme hypothèse une occupation moyenne journalière de 67 personnes (ponctuellement 150 personnes en heure de pointe). Les ratios de consommation d'un BHNS exprimés en kWh/km pour chaque cas de figure climatique sont récapitulés dans le tableau ci-après.

	Consommation (kWh/km)	Conditions climatiques
Consommation à mi charge	2,2-2,55kWh/km	Conditions climatiques moyennes (20-25°C)
Consommation à pleine charge	2,6-3,2kWh/km	Conditions climatiques moyennes (20-25°C)
Consommation maximale en conditions extrêmes et pleine charge	3,7kWh/km	Conditions climatiques sévères (T°>35°C)

Le cas des basses températures n'est pas abordé dans le mémoire technique d'Irizar. Dans la suite du rapport, on considérera que la consommation hivernale est identique à celle donnée pour des conditions climatiques sévères ayant une $T^{\circ} > 35^{\circ}\text{C}$ (usage du chauffage équivalent à celui de la climatisation en termes de consommation des auxiliaires).

4.5.2 Consommations énergétiques au dépôt

Les consommations électriques des 10 BHNS de la T1 au dépôt ont été extrapolées à partir du relevé de soutirage du point de livraison (PDL) situé au dépôt Chronoplus, établi par le fournisseur d'énergie GAZEL ENERGIE pour l'année 2019.

Ce PDL alimente l'ensemble des installations électriques du dépôt et ne dispose pas d'un dispositif de comptage différencié entre les BHNS et le reste des consommateurs électriques. Considérant que les BHNS se rechargent majoritairement la nuit et que le reste de l'activité au dépôt est arrêté, seules les puissances soutirées entre 19h et 5h incluses ont été utilisées dans le calcul de la consommation électrique.

En outre, seules les puissances soutirées entre juillet et décembre 2019 ont été prises en compte dans le calcul de la consommation électrique, la livraison des BHNS au dépôt ayant été finalisée en juillet 2019. L'arrivée d'un BHNS au dépôt coïncide avec le début de son soutirage d'énergie.

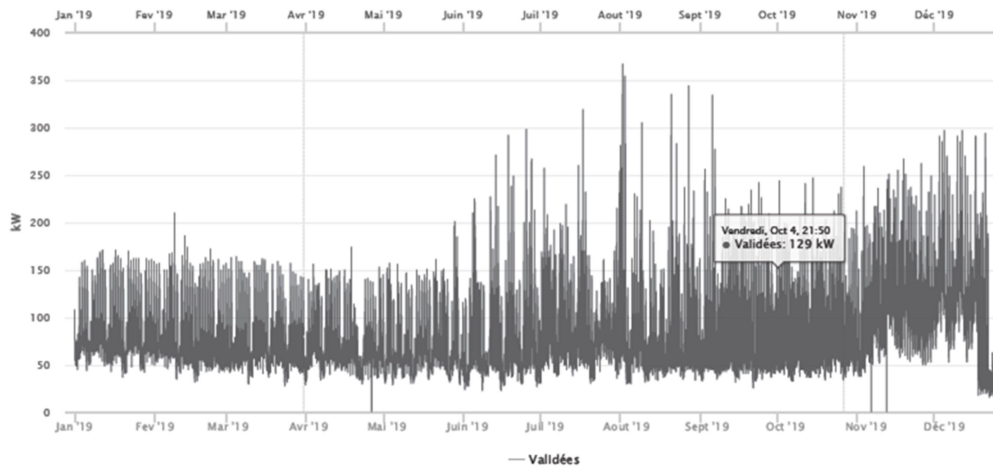
IMPORTANT | En 2019, le dépôt n'était équipé que de 2 chargeurs doubles et 1 chargeur simple, ce qui impliquait que sur les 10 BHNS de la ligne T1, seul 1 sur 2 a été rechargé chaque soir, soit un total de 5 charges simultanées. La situation est différente en 2020, du fait de la mise en service de l'extension du dépôt, équipée de 9 chargeurs doubles permettant la recharge simultanée des 18 BHNS (8 BHNS supplémentaires pour la T2 livrés début 2020).

NOTA | Les approximations, rendues nécessaire du fait de l'absence de données suffisantes en 2019, seront affinées à partir de 2020 grâce au comptage d'énergie dédié aux BHNS mis en place dans la nouvelle extension du dépôt.

➤ Analyse de puissances soutirées au dépôt

La courbe mixte de puissances soutirées mesurées avec un pas de 10 minutes (données GAZEL ENERGIE) ci-après montre une forte augmentation des appels de puissance entre juin et septembre 2019 par rapport au premier semestre 2019, puis une sorte de stabilisation sur un plateau « haut » d'octobre à décembre 2019.

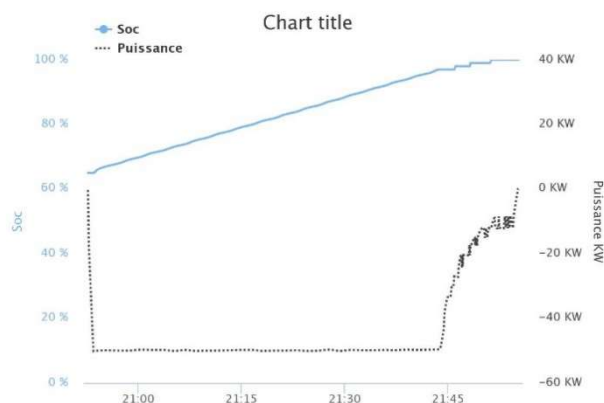
Bien qu'il soit difficile à ce stade d'affirmer que les pics de puissance soient uniquement dus à la recharge des bus électriques, il semble néanmoins qu'ils se produisent avec une certaine périodicité journalière (observée le soir) pouvant correspondre à la fin des services et la mise en charge des véhicules.



COURBE MIXTE DES PUISSANCES SOUTIREES AU DEPOT EN 2019

Par ailleurs, l'étude de la courbe de charge type d'une recharge lente montre que celle-ci comporte une phase de recharge à pleine puissance (ici 50kW) puis une phase d'équilibrage durant laquelle la puissance délivrée par le chargeur diminue progressivement jusqu'à atteindre une valeur nulle lorsque le SOC du véhicule arrive à 100%

La phase d'équilibrage se produit en fin de charge et a pour objectif la ré égalisation des tensions entre chaque cellule constituant le pack batteries afin de ne pas provoquer de déséquilibre de tension entre cellules pouvant mener à une usure prématurée du pack.



EXEMPLE DE COURBE DE CHARGE DU CHARGEUR ECID50P CH3 REALISEE LE 09/06/20

- Durée : 1h02min40s
- SOC initial : 65%
- SOC final 100%

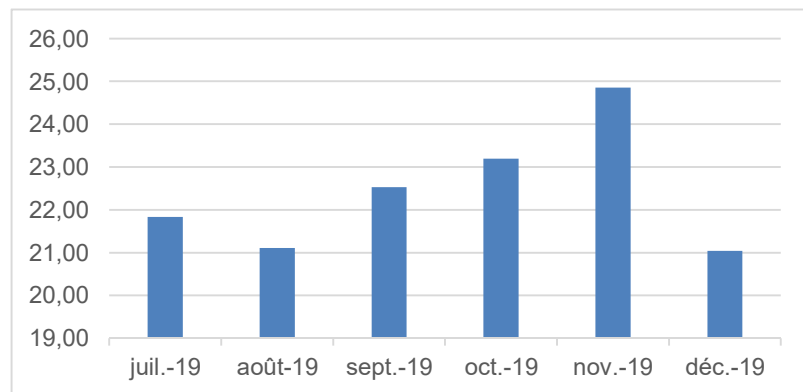
NOTA | La durée moyenne des charges varie d'une à plusieurs heures, selon leur SOC initial des batteries des BHNS.

➤ **Analyse des consommations d'énergie au dépôt**

La consommation électrique moyenne estimée par mois au dépôt de septembre à décembre 2019 est de **22,43MWh**.

La consommation électrique totale estimée des BHNS au dépôt est de **134,56MWh**.

	Energie (MWh)
juil.-19	21,83
août-19	21,11
sept.-19	22,53
oct.-19	23,19
nov.-19	24,86
déc.-19	21,04
TOTAL	134,56



EVOLUTION DE LA CONSOMMATION MENSUELLE D'ÉLECTRICITÉ AU DÉPÔT

NOTA | Les puissances utilisées pour le calcul de l'énergie consommée ont été pondérées par le ratio entre la puissance installée dédiée aux BHNS et la puissance installée dédiée aux navettes électriques non BHNS. Ce ratio est d'environ 60% BHNS et 40% navettes électriques.

4.5.3 Consommations énergétiques en ligne

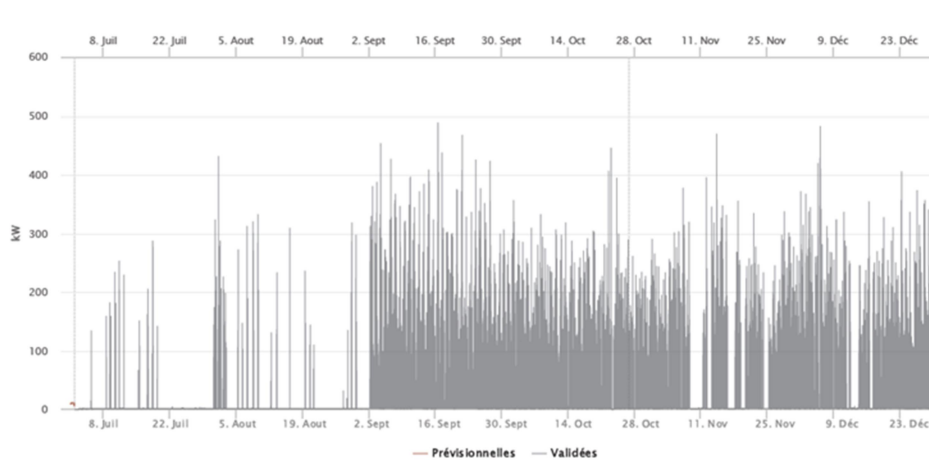
Les consommations électriques des BHNS en ligne ont été calculées à partir des relevés de soutirage des points de livraison (PDL) situés aux stations de Mairie de Biarritz et de Hauts de Bayonne (données GAZEL ENERGIE).

Ces PDL sont dédiés aux infrastructures de charge des BHNS et disposent d'un dispositif de comptage propre. L'ensemble des valeurs sont prises en compte dans les calculs.

➤ **Analyse de puissances soutirées en ligne**

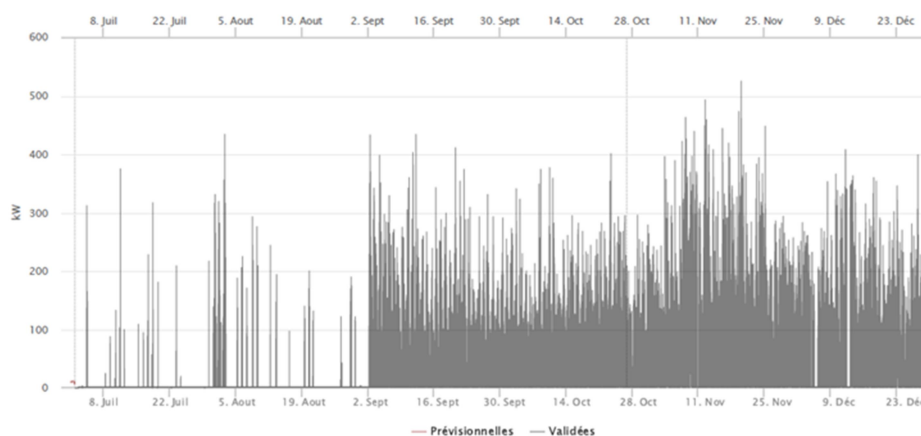
Les courbes mixtes ci-après de puissances soutirées mesurées avec un pas de 10 minutes (données GAZEL ENERGIE) montrent des appels de puissances sporadiques aux mois de juillet et août qui correspondent aux

phases de tests et de marche à blanc puis une densification des appels de puissance à partir de septembre 2019, mois qui correspond à la mise en service de la ligne T1 avec une fréquence à 15 minutes.



COURBE MIXTE DES PUISSANCES SOUTIREES A LA STATION MAIRIE DE BIARRITZ EN 2019

Courbe mixte

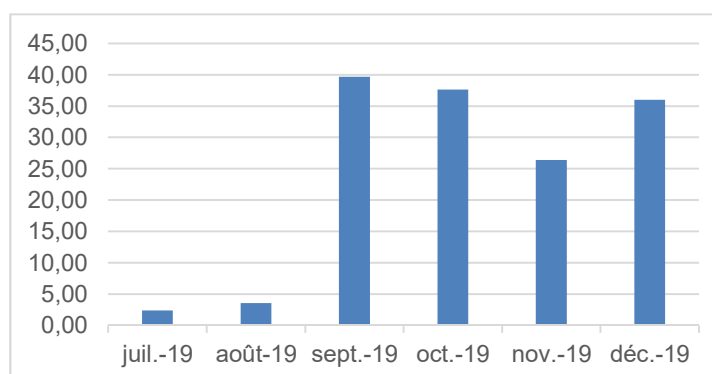


COURBE MIXTE DES PUISSANCES SOUTIREES A LA STATION HAUT DE BAYONNE EN 2019

➤ **Analyse des consommations d'énergie en ligne**

La consommation électrique moyenne par mois à la station de Mairie de Biarritz de septembre à décembre 2019 est de **34,9MWh** avec une baisse au mois de novembre, qui semble témoigner d'une diminution du nombre de charge à cette station, sans que l'on puisse en identifier les causes à ce jour.

La consommation électrique totale station Mairie de Biarritz en 2019 est de **145,74MWh**.



pour la est de

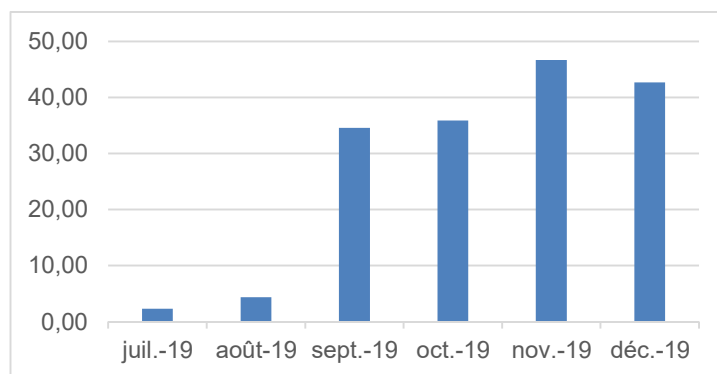
	ENERGIE (MWh)
juil.-19	2,42
août-19	3,58
sept.-19	39,68
oct.-19	37,63
nov.-19	26,42
déc.-19	36,00
TOTAL	145,74

ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION MENSUELLE D'ÉLECTRICITÉ À MAIRIE DE BIARRITZ

La consommation électrique moyenne par mois à la station des Hauts de Bayonne de septembre à décembre 2019 est de **39,95MWh** avec une augmentation au mois de novembre, qui semble être liée à la diminution du nombre de charges à la station Mairie de Biarritz et à une demande en énergie plus importante aux Hauts de Bayonne. En effet, les bus n'ayant pas pu se recharger au terminus opposé, ils consomment plus aux Hauts de Bayonne pour compenser une décharge plus profonde.

La consommation électrique totale pour la station Hauts de Bayonne en 2019 est de **166,39MWh**.

	ENERGIE (MWh)
juil.-19	2,29
août-19	4,32
sept.-19	34,57
oct.-19	35,84
nov.-19	46,68
déc.-19	42,69
TOTAL	166,39



ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION MENSUELLE D'ÉLECTRICITÉ AUX HAUTS DE BAYONNE

NOTA | Les puissances utilisées pour le calcul de l'énergie consommée ont été pondérées par le ratio entre la puissance installée dédiée au chargeur et la puissance installée dédiée aux auxiliaires. Ce ratio est d'environ 85% chargeur et 15% auxiliaires.

4.5.4 Bilan

Les consommations énergétiques des BHNS de la ligne T1 sont estimées à **447MWh** pour 4 mois d'exploitation en 2019 (données fournisseur d'énergie GAZEL ENERGIE).

En comparaison, les consommations énergétiques des BHNS remontées dans l'outil de supervision iPanel sur la même période, s'élèvent à **196MWh** (soit un écart de 56% par rapport à la consommation mesurée par le fournisseur d'énergie).

Pour obtenir le taux de consommation moyen d'un BHNS, il convient de croiser ces données avec le kilométrage total parcouru par les BHNS sur la période étudiée ; qui est ici de : **155 594 km** (donnée issue du Système d'Aide à l'Exploitation (SAE)).

COMPARAISON DU TAUX DE CONSOMMATION D'UN VEHICULE A KM EQUIVALENT SELON LES SOURCES DE DONNEES

	Consommation facturée (GAZEL ENERGIE)	Consommation monitorée (iPanel)	Consommation théorique (données constructeur/km)		
			Conditions climatiques moyennes (20-25°C) à mi charge	Conditions climatiques moyennes (20-25°C) à pleine charge	Conditions climatiques sévères (T°>35°C) et pleine charge
Consommation totale (MWh)	447	196	397	498	576
Taux moyen (kWh/km)	2,87	1,26	2,55	3,2	3,7

Selon l'approche adoptée pour établir des bilans énergétiques, les valeurs trouvées diffèrent néanmoins, il semblerait que les consommations mesurées par Irizar soient sous-estimées.

D'autant plus qu'il a été avéré qu'un certain nombre de données relatives aux consommations et au kilométrage des BHNS, monitorées via l'outil de supervision iPanel, ont été perdues suite à des problèmes de communication et de synchronisation, ce qui peut expliquer le net écart entre les données du fournisseur d'énergie et les données du constructeur.

A ce jour compte-tenu des incertitudes qui existent sur l'estimation des consommations au dépôt et du manque de fiabilité de l'outil de supervision iPanel, la consommation totale peut être estimée à **447 MWh** à partir des données du fournisseur d'énergie. Cette consommation est située à l'intérieur de l'intervalle des données constructeurs. Elle est supérieure de 11% à la consommation théorique dans les conditions climatiques moyennes (20-25°C) à mi charge et inférieure de 10% à la consommation théorique dans les conditions climatiques moyennes (20-25°C) à pleine charge.

Au vu de ce qui précède, les premiers éléments tendent à montrer que la consommation réelle est relativement proche de la consommation prévue. Il convient néanmoins d'observer les profils de consommations sur une durée plus longue.

4.6 Aspects environnementaux

Du point de vue environnemental, l'atout majeur des BHNS réside dans le fait qu'ils ne génèrent pas ou peu d'émission en fonctionnement contrairement aux véhicules thermiques classiques (« de la pompe à la roue »).

Néanmoins, leur bilan carbone n'est pas neutre car l'extraction et la transformation des matériaux utilisés pour leur fabrication ainsi que les énergies fossiles utilisées pour produire l'électricité qu'ils consomment sont notamment responsables d'un certain nombre d'émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) qu'il convient de quantifier.

4.6.1 Données de référence

La réalisation du bilan carbone des Tram'bus « du puits à la roue » s'appuie sur les données et la méthodologie de la *Base Carbone* de l'ADEME ainsi que de la version de septembre 2018 du rapport d'*Information GES des prestations de transport* éditée par le Ministère de la Transition Ecologiques et Solidaire.

Les émissions de GES des BHNS sont calculées à l'aide d'un facteur d'émissions globales, exprimé en tonne équivalent CO₂, qui regroupe les principaux GES (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆) caractérisés par leur Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) respectifs (valeurs issues du 5^{ème} rapport du GIEC) et ramenés en tonne de CO₂ équivalent. *Source* : (ADEME)

Les facteurs d'émissions de GES, établis par mode de transport et type de motorisation servant de base au calcul des bilans GES des BHNS se décomposent comme suit :

- une valeur en phase amont, correspondant à l'extraction, la transformation et l'avitaillement du carburant,
- une valeur en phase de fonctionnement correspondant aux émissions liées à la combustion du carburant lors du fonctionnement du véhicule.

EXTRAIT DU TABLEAU DES FACTEURS D'ÉMISSION DES SOURCES D'ÉNERGIE - TRANSPORT GUIDE DE PERSONNES

Nature de la source d'énergie	Type détaillé de la source d'énergie	Unité de mesure de la quantité de source d'énergie	Facteur d'émission (kg de CO ₂ e par unité de mesure de la quantité de source d'énergie)		
			Phase amont	Phase de fonctionnement	Total
Electricité	Consommée en France métropolitaine (hors Corse)	Kilowatt-heure	0,048	0,000	0,048

EXTRAIT DU TABLEAU DES FACTEURS D'ÉMISSION DES CARBURANTS - TRANSPORT ROUTIER COLLECTIF DE PERSONNES

Nature de la source d'énergie	Type détaillé de la source d'énergie	Unité de mesure de la quantité de source d'énergie	Facteur d'émission (kg de CO ₂ e par unité de mesure de la quantité de source d'énergie)		
			Phase amont	Phase de fonctionnement	Total
Gazole	Gazole routier	Litre (ℓ)	0,66	2,51	3,17

Source : (MTES, 2018)

4.6.2 Bilan GES des Tram'Bus

L'établissement du bilan GES des Tram'Bus et la comparaison par rapport à des véhicules thermiques ont été réalisés à partir des données recensées dans les tableaux précités (*électricité consommée en France Métropolitaine et gazole routier*).

En 2019, à kilométrage équivalent, le bilan GES des Tram'Bus en circulation sur la ligne T1 est de **21 tonnes de CO₂ équivalent** contre **217 tonnes de CO₂ équivalent** pour des bus standards thermiques à motorisation Diesel, soit une réduction de près de 90 % des émissions de GES.

Type de véhicule	Kilométrage total	Consommation totale (MWh ou L)	Consommation moyenne (kWh/km)	Emissions GES totales (tCO ₂ e)
BHNS	155 594km	447 MWh	2,87 kWh/km	21 tCO₂e
Bus standards	155 594km	68 461 L	0,44 L/km	217 tCO₂e

4.6.3 Pollutions environnementales diverses

Bien que non quantifiées dans le présent paragraphe, les Tram'Bus contribuent également pour partie à la diminution de certaines pollutions environnementales.

Ils participent notamment à l'amélioration de la qualité de l'air puisqu'ils n'émettent quasiment aucun polluants atmosphériques (particules fines, Composés Organiques Volatils, monoxyde de carbone etc.), du confort acoustique (véhicules silencieux) et du confort olfactif (suppression des gaz d'échappement) ...

4.7 Résultat de Bayonne

Les 6 premiers mois d'exploitation du Tram'Bus en chiffres, ce sont :

	Chiffres clés ³
Consommation constructeur moyenne ⁴	Entre 2,2 - 3,7 kWh/km
Consommation réelle ⁵	2,87 kWh/km
Réduction des émissions de GES ⁶	- 90 %
Kilomètres effectués	155 594 km
Nombre de courses réalisées	23 880
Taux de disponibilité ⁷	84,21%
Taux de ponctualité aux passages aux arrêts	65,26%
Vitesse commerciale moyenne (février 2020)	17,73 km/h
Temps de parcours moyen (février 2020)	43 minutes et 24 secondes
Nombre de voyages réalisés	1 084 215

Du fait de sa technologie innovante, le lancement de la ligne T1 de Tram'Bus a constitué un véritable défi et place le réseau Chronoplus comme l'un des précurseurs en matière d'électromobilité.

Même si le respect de la date de mise en service constitue une réussite relative et même si le service est désormais apprécié des usagers, le fonctionnement actuel de la ligne ne donne pas à 100% satisfaction et doit encore être consolidé et fiabilisé.

Il est maintenant impératif de capitaliser sur l'expérience acquise pour assurer un déploiement plus abouti de la ligne de Tram'Bus T2 et délivrer un service d'une qualité encore meilleur.

Il y a près de cinq ans, le Syndicat des Mobilités a fait le pari de l'électromobilité en choisissant de déployer des BHNS électriques sur deux de ses lignes structurantes de son réseau Chronoplus.

Du point de vue climatique et atmosphérique, il ne peut que se satisfaire d'avoir amorcé une politique de décarbonation de sa flotte en remplaçant des véhicules Diesel par des véhicules zéro émissions *en circulation* (l'Analyse de Cycle de Vie complète restant à faire). En revanche, pour être tout à fait conforté dans son choix,

³ De septembre 2019 à février 2020

⁴ Varie fortement en fonction des conditions climatiques et des conditions d'exploitation

⁵ Valeur issue des relevés de facturation (UNIPER)

⁶ Par rapport à des bus thermiques à kilométrage équivalent

⁷ Courses effectuées par des BHNS / courses prévues

il est impératif de fiabiliser les équipements qui présentent encore beaucoup d'incertitudes en comparaison aux technologies matures à motorisation thermique, d'étudier en détail et sur plusieurs années les consommations énergétiques réelles et les gains potentiels et surtout de clarifier la question de seconde vie et de fin de vie des batteries.

5. CONCLUSIONS FINALES (SMPBA ET DBUS)

Après les premiers déploiements de bus 100 % électriques dans les villes de Bayonne et Saint-Sébastien, le SMPBA et DBUS ont convenu de conclusions communes concernant la mise en place de ces véhicules dans leurs parcs de bus urbains.

- 1) Aujourd'hui, en 2020, la technologie des bus 100 % électriques offre différentes solutions selon le type de véhicule. Pour les bus de 12 mètres, les modèles choisis sont 100 % électriques et dotés de batteries embarquées plus volumineuses et plus coûteuses, qui sont rechargées la nuit dans les installations des opérateurs, où les bus doivent rester au moins le temps nécessaire à la recharge (environ 4-5 heures). Pour les bus de 18 mètres, la solution choisie fait appel à des batteries embarquées plus petites et moins coûteuses, qui doivent cependant être rechargées tout au long de la journée, au niveau des terminus des lignes 100 % électriques. Les bus doivent donc attendre à ces arrêts au moins pendant la durée nécessaire à la recharge prévue (environ 5-6 minutes).
- 2) Un élément clé lorsqu'il s'agit de valider ces technologies de bus 100 % électriques est l'organisation interne de l'opérateur de transport. Par exemple, dans le cas de DBUS, il n'est actuellement pas possible d'avoir ces 5-6 minutes au niveau des terminus sur les lignes exploitant des bus de 18 mètres. En effet, les temps de trajet sont fortement optimisés de manière à éviter les arrêts prolongés en fin de parcours, puisque les chauffeurs marquent une pause en milieu de journée. En revanche, chez l'opérateur dépendant du SMPBA, le temps de parcours des bus 100 % électriques (Trambus) prévoit des arrêts suffisamment longs en fin de ligne pour effectuer la recharge de ces véhicules.

Si DBUS devait mettre en place des bus 100 % électriques de 18 mètres sur les lignes concernées, les coûts d'exploitation augmenteraient de 15 %. Par exemple, dans le cas de la ligne 28, sur laquelle tournent 9 autobus, puisqu'il faut 5-6 minutes pour recharger les batteries au niveau des terminus, un 10^e véhicule serait nécessaire, soit un coût supplémentaire de 400 000 euros par an, rien que pour avoir choisi cette technologie de bus 100 % électrique de 18 mètres.
- 3) Dans tous les cas, les véhicules 100 % électriques présentent des avantages évidents sur le plan environnemental, puisqu'ils réduisent de 100 tonnes les émissions de CO₂ par an et par véhicule, et améliorent ainsi la qualité de l'air en ville, tout en réduisant considérablement la pollution sonore.

- 4) Les batteries ont connu des améliorations entre 2016 et 2020. Chez DBUS, les premiers bus 100 % électriques (12 mètres) ont été mis en service en 2016 ; leurs batteries Zebra Na-Cd nécessitaient 8 heures de recharge nocturne pour atteindre une autonomie de 210 km et 16 heures de fonctionnement. L'inconvénient de ces batteries était leur durée de vie utile, puisqu'elles ont perdu de leur efficacité en 3 ans, alors que le fabricant prédisait une durée de vie de 5-6 ans.

C'est pourquoi, en 2020, au moment de remplacer les batteries de ces bus, des modèles lithium-ion de nouvelle génération ont été choisis, changement qui s'est accompagné d'autres modifications dans les véhicules eux-mêmes. La durée de vie utile de ces nouvelles batteries est de 7 ans ; elles se rechargent la nuit en 5 heures et atteignent une autonomie de 250 km et 16 heures de fonctionnement.

- 5) Dans les villes, où la vitesse commerciale des transports publics est d'environ 17 km/h, comme à Saint-Sébastien, l'autonomie des batteries devrait atteindre 250-300 km si les bus circulent pendant 16 à 19 heures. Les batteries sont donc très sollicitées ; elles doivent être vidées au maximum, sans compromettre leur durée de vie. Dans des villes comme Madrid ou Barcelone, où la vitesse commerciale est d'environ 12-13 km/h, les batteries doivent atteindre 220 km d'autonomie, là aussi sur une durée d'exploitation de 16-19 heures. Or c'est déjà possible avec les bus 100 % électriques équipés de batteries lithium-ion.

- 6) Pour DBUS, les performances des batteries doivent encore être améliorées afin que, en plus d'une durée de vie utile de 7-8 ans, leur autonomie puisse atteindre 300 km sur 16-19 heures d'exploitation, le tout via des recharges nocturnes de 4 heures, sur les bus 100 % électriques de 12 mètres et de 18 mètres. Tel est le véritable défi que doivent relever les fabricants d'autobus 100 % électriques, pour que ces véhicules soient aussi performants que les autobus diesel.

- 7) En ce qui concerne le coût des bus : en 2020, un bus de 12 mètres 100 % électrique (750 000 euros) coûtait trois fois le prix d'un bus diesel (250 000 euros), sur la base d'une batterie disposant d'une durée de vie de 7 ans. Le prix des bus électriques devrait baisser dans les années à venir, tout comme le coût des batteries (200 000 euros pour les batteries des bus de 12 mètres 100 % électriques). Ainsi, sur toute la durée de vie des bus (13-14 ans), les coûts totaux (achat, entretien et carburant-électricité) seront comparables. En attendant, le coût d'achat des bus électriques reste beaucoup plus élevé pour les opérateurs, d'où un impact important sur les budgets des compagnies de transport.

Pour ce qui est des bus de 18 mètres 100 % électriques (1 000 000 euros), ils coûtent trois fois le prix des bus diesel (325 000 euros), sur la base d'une batterie disposant d'une durée de vie de 7 ans. Les batteries des bus 100 % électriques de 18 mètres, avec recharge en fin de ligne, sont plus petites et moins coûteuses, environ 100 000 euros, mais chaque borne de recharge au niveau des arrêts coûte 300 000 euros.

- 8) En ce qui concerne les bus 100 % électriques qui sont rechargés en fin de ligne : parce qu'il est nécessaire de recharger régulièrement leur batterie, leur exploitation n'est pas très souple ; ils ne peuvent pas être

utilisés correctement sur les lignes dénuées de bornes de recharge, ni lors des événements particuliers attirant un afflux massif d'usagers.

- 9) À Saint-Sébastien et à Bayonne, l'utilisation des bus 100 % électriques de 18 mètres, avec recharge en fin de ligne, a révélé divers problèmes lors de la recharge. Le résultat était un service de mauvaise qualité pour les usagers, soit parce que les bus avaient du retard, soit parce que les modèles 100 % électriques devaient être remplacés par des diesel avant la fin du service. Au cours des deux dernières années, entre les essais menés à Saint-Sébastien et l'utilisation actuelle à Bayonne, le processus de recharge s'est relativement amélioré, mais ce n'est pas encore suffisant pour fournir un service de qualité aux usagers des transports publics.
- 10) Dans le cas de DBUS à Saint-Sébastien, le défi est clair : des bus 100 % électriques rechargés la nuit dans les installations de l'opérateur. L'ensemble du parc pourra être complété par des véhicules électriques dès que les batteries atteindront une autonomie de 300 km et 19 heures de fonctionnement, après une recharge nocturne de 4 heures, tout en conservant une durée de vie utile de 7-8 ans.
- 11) À Bayonne, le SMPBA réfléchit actuellement au mix énergétique qu'il souhaite appliquer à son parc de véhicules pour les années à venir, en tenant compte de ses obligations réglementaires (en 2025, dans les transports publics des agglomérations de plus de 250 000 habitants, la totalité des véhicules devra présenter de faibles émissions). C'est pourquoi la SMPBA n'exclut pas d'utiliser le bioGNV ou l'hydrogène en plus de l'électricité. À court terme, la compagnie prévoit : d'une part, de déployer une deuxième ligne Trambus équipée de véhicules électriques de 18 mètres et de bornes de recharge rapide au niveau des terminus ; et d'autre part, d'intégrer des bus électriques de 12 mètres à autonomie totale sur l'une des lignes principales du réseau de transport urbain Chronoplus d'ici 2021-2022.
- 12) Pour les usagers et les citoyens en général, aussi bien à Saint-Sébastien qu'à Bayonne, la mise en place de bus 100 % électriques a été une grande source de satisfaction sur plusieurs plans : les performances de ces véhicules, leurs faibles émissions, leur pollution sonore réduite, leur confort et leur image.