

قطار الضواحي الخصائص التقنية والمعايير التصميمية الفرنسية

Le Tram-Train

Des critères français de choix du mode et les Caractéristiques techniques

The Tram-Train

French criteria for choosing this mode and the technical characteristics

1. Introduction:

Il s'agit d'un matériel roulant particulier, apte à circuler à la fois sur des emprises de tramways du centre -ville et sur des emprises ferroviaires régionales. Le matériel doit être compatible à ces deux types d'emprise, en termes de gabarit, de résistance, de signalisation... Leur usage permet d'éviter des ruptures de charge entre les deux réseaux. Donc le tram- train circule à la fois sur le réseau de rails urbain et sur le réseau interurbain, et il permet ainsi de desservir rapidement le centre-ville pour des communes éloignées. Cette idée simple ne doit pas cacher une mise en pratique parfois trop complexe : sécurité, interconnexions (gabarits, écartement, alimentation, signalisation..), tarifications, rivalités de territoires et de responsabilités, On peut considérer que Le tram-train est un tramway ayant reçu une autorisation conditionnelle pour rouler sur certaines sections d'un réseau de grande ligne moyennant certaines adaptations techniques. Le concept de tram-train a été conçu avec l'objectif de promouvoir le transport publique et de redonner vie à des lignes suburbaines faiblement utilisées, avec des débits fréquentés jusqu'au centre ville.

2. Le matériel roulant

Le matériel roulant de type tram-train doit répondre aux exigences de deux « mondes » qui n'ont en commun, pour simplifier à l'extrême, seulement le fait de circuler sur les deux rails : les réseaux de tramway urbain et le réseau ferré national de TER. Afin de trouver le meilleur compromis possible entre les deux. Les constructeurs (en France et en Europe^(annex 1)) sont basés sur les matériels du tramway pour proposer les deux premières séries de matériel roulant.

Donc le tram-train est :

- avant tout un matériel roulant spécifique, rendu nécessaire à la circulation sur : les réseaux de tramways urbains, parmi d'autres tramways et les chemins de fer, dont le réseau ferré national (RFN), parmi d'autres trains.
- à la fois tramway et une autre fois train, pour réaliser des systèmes de transport interconnectés. Du fait des différences structurelles entre ces deux types de matériels, le

tram-train a dû faire l'objet de compromis techniques. Au final, le tram-train n'est donc ni totalement tramway ni totalement train.

- un matériel particulièrement innovant pour répondre au défi du périurbain Beaucoup plus léger qu'un train, le Tram-train attendu ressemble beaucoup à un tramway dont il a les avantages techniques (fortes accélérations et décélérations, larges portes à ouverture rapide, etc...) permettant d'offrir un temps de parcours attractif tout en desservant de nombreux points d'arrêts et le ratio porte-longueur est de 15% avec des temps de trajet peuvent même être supérieurs à une heure, ces véhicules disposent de locaux de bagages, et de toilettes étant eux accessible.
- accessible à tous, et en particulier aux personnes à mobilité réduite, grâce à un plancher intégralement bas et aux dispositifs combles-lacunes avec les quais, en sachant que le plancher bas ~ 350 mm à l'entrée (tram ~320, train~ > 550).
- un véhicule conçu autour d'un tramway capable de circuler aussi bien sur un réseau de tramway urbain que sur une ligne de type ferroviaire. Le matériel roulant ferroviaire du type Tram-train doit circuler sur deux systèmes différents, que ce soit du point de vu technique, d'exploitation ou légale, ce qui le rend considérablement plus cher qu'un tramway urbain.
- très adapté, grâce à sa vitesse, à des dessertes de maillage de banlieue avec des inters stations de l'ordre de 5 km, et facile à insérer dans une ville existante, grâce à son aptitude.
- capable de franchir des courbes serrées. Il peut permettre, sur une ligne de chemin de fer à faible débit, d'assurer des dessertes omnibus à arrêts nombreux avec des temps de parcours inférieurs à ceux d'un train régional, grâce à ses bonnes capacités d'accélération et de freinage

Du fait des spécificités du matériel roulant tram-train ci-dessus, il a souvent été nécessaire d'adapter les infrastructures des deux réseaux concernés par ces circulations. Donc, le choix des matériels roulants répondrait à un souci d'homogénéité, la facilité d'entretien, le prix, les caractéristiques techniques nécessaires et l'infrastructure afin de faire ressortir la continuité du réseau de transport collectif.

3. Les caractéristiques de l'infrastructure

Le tram-Train c'est un système de transport permettant de relier les réseaux de tramway urbain et les réseaux ferroviaires situés dans la périphérie des villes. Il permet d'utiliser les avantages offerts par chacun des systèmes: la vitesse du train sur le RFN et l'insertion urbaine, la facilitée par des courbes de faible rayon en ville. Sur les sections urbaines, à l'instar d'un tramway, le tram-train peut franchir un carrefour routier à niveau. Ses caractéristiques répondent aux exigences des deux types d'environnement et les véhicules obéissent à une double réglementation; ils doivent être homologués à la fois par l'EPSF (Établissement Public de Sécurité Ferroviaire) et le BIRMTG (Bureau Interdépartemental des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés).

Après les expériences et la première génération de systèmes d'exploitation mixtes, l'étude de ces réseaux montre que les conditions de déplacements entre centre ville et périphérie deviennent de plus en plus difficiles, malgré le développement de leurs services. Des modifications d'infrastructure doivent être réalisées afin d'améliorer l'attractivité de ce type du système de transport. Lorsque les tram-trains utilisent l'infrastructure ferroviaire, le respect de toutes les exigences essentielles doit être assuré, ainsi que le respect du niveau de sécurité attendu sur les lignes concernées. Il faut noter également qu'une ligne ou section de ligne peut n'être utilisée que par des trams-trains; elle est alors appelée « infrastructure dédiée ».

Les adaptations essentielles sur les deux réseaux pour accueillir le tram-train :

A- Les adaptations nécessaires dans le système de sécurité du RFN:

- 1- Systèmes de sécurité (et procédures) ajustés pour compenser la résistance de caisse plus faible du matériel (KVB, visibilité aux passages à niveau, etc..)
- 2- Adaptation des appareils de voie (aiguillages) aux « roues mixtes »
- 3- Adaptation des systèmes de secours en cas de panne
- 4- Adaptation des hauteurs et la longueur de quais.

B- Les adaptations nécessaires dans le système de sécurité de réseau de tramway :

- 1- Alimentation électrique « plus musclée »
- 2- Rails à gorges adaptés aux « roues mixtes » ;
- 3- Insertion de rames éventuellement doubles (stations, carrefours, etc.) ;
- 4- Ouvrages adaptés à la charge à l'essieu parfois un peu plus élevée.

3-1 Planification urbaine

Le développement urbain est orienté vers les infrastructures tram-train (lignes et stations), plusieurs niveaux de planification urbaine sont considérés:

- Le plan d'aménagement urbain du Land classe les axes d'aménagement urbain le long des voies de tram-train, et les villes secondaires importantes desservies sont considérés comme des pôles à développer.
- Le plan d'aménagement urbain au niveau régional prévoit des « pôles » entre les axes. C'est important que les communes également intègrent le tram-train dans la planification urbaine.
- Dans les communes, des emprises pour les arrêts sont réservées à proximité des domiciles, des lieux d'emplois, des terrains à usage commercial, donc pas nécessairement construits, stratégie de planification à long terme.

La planification urbaine de l'occupation du sol est ainsi subordonnée aux axes de transport ferroviaire, la planification concerne les entreprises et les logements. Il est possible de contrôler la diffusion du bâti dans ces espaces en les concentrant le long des lignes et à proximité des stations. Le tram-train permet à la fois un trafic local d'agglomération et un trafic régional. Il est très apprécié des usagers car il multiplie les possibilités d'itinéraires tout en réduisant les besoins de correspondance. Il accroît également la rapidité globale des déplacements à travers le centre-ville. En termes d'offre (maillage dense, stations fréquentes, accessibilité au réseau, cadencement de la fréquence, temps de parcours, larges amplitudes horaires de services, services nombreux même en week-end...).

3-2 Le Gabarit :

L'interconnexion des réseaux ferrés n'est pas aussi simple qu'il n'y paraît. Certes, l'écartement des voies (1435 mm) est le même dans les deux réseaux, mais les gabarits des véhicules sont différents. Ainsi, un train classique mesure 2,80 à 3m de large, tandis qu'un tramway est de gabarit plus petit: 2,3 à 2,40 m de largeur pour les rames EUROTRAM de Strasbourg : 2,30 m pour les rames TFS et 2,40 m pour les rames CITADIS-402 de Grenoble, donc le largeur d'un train est plus importante que celle d'un tramway; ces différents montrent que selon le matériel la lacune (l'espace entre la rame et le quai) est comprise entre 30 cm et 12,5 cm de chaque côté de la rame Pour circuler en ville et sur les voies ferrées. De plus, les roues d'un tram-train doivent avoir un diamètre légèrement supérieur aux roues d'un tramway « classique » pour pouvoir franchir les aiguillages sur les voies ferrées, donc il existe également des contraintes au niveau du gabarit.

Donc un gabarit de 2,65m pour le Tram-train, plus large de tramway, par contre plus petit de train,(Voir figure N°1) c'est une mesure idéal et pratique afin de pouvoir s'insérer sur les réseaux de tramway, ce qui a nécessité l'installation d'un comble-lacune et pour pouvoir desservir les quais du RFN aussi implantés de manière à dégager le gabarit de matériels roulants pouvant atteindre 2,80 m de large. Par contre la majorité des tram-trains sont à plancher bas partiel avec des hauteurs d'entrer entre (340 et 380 mm) par rapport au plan de roulement, afin de se rapprocher des critères d'accessibilité propres aux réseaux de tramway (réseau urbain).



Figure 1 : Les gabarits des différentes rames (Tramway, Tram-train, Train, Ref. Alstom)

3-3 Les courbes

Les courbes sur les réseaux de tramway urbains sont inférieures à celles que l'on trouve sur le Réseau Ferré National (RFN). En sachant que le rayon des courbes détermine la vitesse maximum des convois, autant qu'ils sont faibles, plus les convois devront s'engager à vitesse réduite. Il va tout autrement en ville pour un tramway où les courbes sont de faible rayon ce qui lui assure en contrepartie une circulation facilitée dans le paysage urbain. Ainsi pour les tramways le rayon de courbure peut atteindre jusqu'à 40 à 60 mètres alors que pour une voie ferrée normale le rayon minimum d'une courbe est de 500 à 800 mètres selon la vitesse de conception (design). Pour cela, les rames de tram-trains doivent aussi être composées de modules courts, calqués sur ceux des tramways urbains, où cela permet l'insertion des véhicules sur les deux réseaux et assure le croisement avec des rames urbaines. (La norme technique retenue pour les véhicules dépend évidemment des contraintes les plus fortes).

3-4 Appareils de voie

Bien qu'issus de la même technologie les tramways et les trains se distinguent par leur roues. En effet, même lorsque l'écartement des voies est le même (1435 mm), les boudins des trains sont plus massifs que ceux des tramways « il suffit de comparer les rails à gorge qui disparaissent avec les embranchements particuliers ». Il en découle des cotes de calage (distance entre les flancs intérieurs des roues) différentes, ce qui pose un problème lors du franchissement des lacunes des appareils de voie. Pour cela les véritables trams-trains possèdent des roues mixtes avec un profil particulier qui leur permet de circuler sur n'importe quel système. Le franchissement des aiguillages du réseau ferroviaire implique d'équiper des tram-trains avec des roues d'un diamètre légèrement supérieur à ceux d'un tramway urbain et bénéficiant d'un boudin plus épais que les rames urbaines.

Les rails urbains doivent garantir la circulation des deux types de véhicules. Le réseau de tramway a du rail à gorge profonde (41 mm) permettant la circulation des tram-trains sans difficultés. Pour la ligne ferroviaire, les rails traditionnels de 35 mm de profondeur, la possibilité de circulation est soumise à validation technique. Ces éléments doivent être intégrés lors de la réalisation.

3-5 La signalisation et l'exploitation

Les trams-trains fonctionnent sur deux réseaux tramway et ferroviaire, avec des natures très différentes, à la fois du point de vue technique et du point de vue réglementaire, et cette connexion entre les deux réseaux (urbain et ferroviaire) avec un même matériel roulant spécifique, mais ne présentent pas les mêmes obligations réglementaires de conception et d'exploitation, où il y a deux organismes de sécurité différents: STRMTG (urbain), EPSF (fer). Donc Le tramway interurbain est d'une certaine manière un train parce que le matériel roulant répond aux normes de sécurité pour circuler sur une ligne ferroviaire, mais il est également utilisé en service urbain. Il circule sur une ligne ferroviaire classique comme un train de banlieue et éventuellement, les plans prévoient des rails au centre-ville pour faire une partie de son trajet comme un tramway.

Un matériel roulant hybride tel que le tram-train conjugue donc des exigences d'interopérabilité pour l'exploitation sur le réseau ferroviaire avec des contraintes techniques ferroviaires urbaines locales très particulières. Cette mixité de circuler sur réseau ferroviaire où circule également les TER sur ligne dédiée passe ainsi à un mode urbain. Le tram-train interurbain est d'une certaine manière un train parce que le matériel roulant répond aux normes de sécurité pour circuler sur une ligne ferroviaire, mais il est également utilisé en service urbain, Donc il circule sur une ligne ferroviaire classique comme un train de banlieue et éventuellement, les plans prévoient des rails au centre-ville pour faire une partie de son trajet comme un tramway. En sachant que les tram-trains doit être équipés du système européen de signalisation ferroviaire ERTMS.

Par contre, Les coûts d'exploitation ne sont pas plus élevés que pour un tramway urbain. L'exploitant doit certes payer un péage à GI (qui loue les sillons) pour circuler sur ses voies, mais cela permet d'assurer la maintenance de l'infrastructure qui n'est plus réalisée par l'autorité organisatrice comme pour un tramway urbain (ex : Le péage de tram-train de Mulhouse 1/3 du coût d'exploitation). Au final, la collectivité finance l'investissement, et le coût du péage payé au propriétaire des infrastructures contribue à financer l'entretien des voies ferrées du réseau.

Les autres points d'attention sur les caractéristiques d'infrastructure du tram-train doivent être pris en compte:

- Création d'un site de maintenance dédié, et coût de maintenance important pour de petites séries Matériel Tram-train sur RFN
- La sécurité sur le réseau étant une priorité, RFF et les gestionnaires de voirie cherchent, dès que cela est possible, à réduire le nombre de passages à niveau et à assurer une sécurité maximale aux franchissements des passages à niveau.
- Une étude de sécurisation des passages à niveau qui subsisteraient a été menée. Elle consiste pour chacun d'entre eux à définir et proposer des mesures pour réduire le risque de collisions : aménagement de voirie, signalisation, amélioration de la visibilité, réduction de la vitesse des tram-trains,...

4. Caractéristiques techniques

Le tram-train est un système ferroviaire léger. Il doit donc répondre aux caractéristiques d'un tramway «classique » et à celles d'un train. La réglementation en France impose aux Tram-train de répondre aux deux règles différentes correspondant aux deux systèmes de transport qui sont le tramway et le train: un tramway suit une réglementation routière qui protège les personnes en dehors du tramway (grande capacité de freinage, déformable, léger...); un train doit pouvoir encaisser des collisions avec d'autres trains ou voitures et protéger d'abord les voyageurs (parois épaisses, forte inertie).

Ainsi un tram-train ne doit pas dépasser les 50 tonnes à vide pour circuler en ville sur les voies de tramway. Ce qui lui donne une forte capacité de freinage et d'accélération lui permettant d'atteindre une vitesse commerciale élevée entre les stations plus rapprochées que celles des TER et pouvoir, en ville, de freiner sur de courtes distances pour éviter une collision avec un passant ou une voiture.

4-1 Alimentation pour la traction

La contrainte la plus importante et qu'il coûte cher sur le matériel roulant concernant l'alimentation électrique. En effet, les trains roulent avec du 1500V continu voire plus souvent avec du 25000V alternatif. Et les tramways fonctionnent avec un courant continu de 750V. Il faut prévoir des véhicules bi-tension pouvant circuler avec les deux alimentations. Ou bien il doit être bi-mode s'il circule sur des voies ferroviaires non électrifiées:

4-1-1 Solution bi-tension

Les tram-trains par définition des véhicules bi-tension, alimentés en ville sous tension continue de 750V ou 600 V (système de tramway), et sur la voie ferroviaire sous l'une des tensions de (1,5kV ou 3kV DC ; 15Kv 16,7Hz ou 25Kv 50H) selon le réseau. «15 000 V. ou 25 000 V. alternatif monophasé, 1500 V. ou 3000 V. continu». Donc les tram-trains doivent être équipé pour opérer sous une ou deux des trois tensions d'alimentation de grandes lignes (françaises) où les grandes lignes ferroviaire électrifiées, doivent être connecter (en combinaison) sur réseaux urbains. Ce qui nécessite une chaîne de traction adaptée polycourant (à technique poly tension). Il y a donc interconnexion, et a priori véhicule bi-tension, pour rouler sous les différentes tensions, urbaine, et ferroviaire.

4-1-2 Solution bi-mode

Par contre pour pouvoir circuler sur des lignes non électrifiées, ils deviennent bi-mode, par exemple des systèmes combinant la traction électrique du tramway avec un groupe électrogène diesel comme le tram-train de Regio Citadis bi- mode pour Kassel.

4-2 Le freinage

Dans un contexte d'utilisation croissante des transports publics, de réduction des frontières entre l'urbain et le périurbain, il s'agit de développer des concepts innovants : adaptés aux nouveaux modes de vie, le tram-train répond aux exigences d'intermodalité, de simplicité et de fluidité des déplacements. Solution originale, il peut aussi bien circuler sur le réseau ferroviaire, comme un train classique, que pénétrer au cœur des villes, à la manière d'un tramway. Il permet ainsi l'accès direct au centre ville sans changement de mode. Il dessert en outre plus de stations qu'un train dans le même temps, grâce à ses capacités d'accélération et de freinage supérieurs, Donc en matière de freinage, les véhicules qui circulent sur les deux types de réseau doivent satisfaire à 100 % les exigences des deux ordonnances.

Les performances d'accélération et de freinage du tram- train est très proches de celles des tramways et est donc très supérieures à celles des matériels ferroviaires classiques utilisés sur le RFN (trains classiques). Le fait que les tram-trains doivent rouler en grande partie à des vitesses élevées a amené les constructeurs à concevoir des véhicules sur bogies, afin d'assurer une meilleure stabilité.

Les tram-trains avec leurs freins est beaucoup plus puissants, et les distances de freinage est beaucoup plus courtes, et auraient le plus souvent pu éviter les collisions, et qu'on atteignait un niveau de sécurité nécessaire. Donc les tram-trains sont capables d'accélérer et de freiner de manière soutenus, permettant de gagner sur les séquences d'arrêt quelques dizaines de secondes par rapport au train classique.

4-3 La sécurité

Techniquement, avec le tram-train, on peut supposer que les conducteurs de tramway pourront circuler sur le réseau ferré national et les cheminots de la SNCF sur le réseau urbain, et la conduite d'un tramway se fait en marche « à vue » tandis que les trains circulent en cantonnement. Les tramways et les trains ne sont pas non plus sujets aux mêmes normes de déformation de la structure en cas de collision. Le matériel tram-train doit satisfaire aux deux contraintes de sécurité pour circuler en suivant un protocole GAME (Globalement Au Moins) : en cas de collision avec un autre véhicule, ce qu'il perd en déformation de la structure doit être compensé par une décélération plus importante.

4-3-1 Sécurité passive et active

A- Châssis

Au centre ville où ne permettant pas des vitesses élevées peuvent cependant les tram-trains (matériels structurellement plus légers qu'un train), dont la moindre sécurité passive (résistance en cas de choc) est compensée par une meilleure sécurité active (vitesse moindre et freinage plus efficace), donc l'ossature de caisse du tram-train sera dimensionnée pour une force de compression statique de 600 kN au niveau des tampons et du propre attelage à tampon central. En sachant que la résistance longitudinale de 600 kN tout juste supérieure à celle des tramways (comprise entre 200 et 400 kN) mais notablement inférieure à celle des matériels roulants circulant sur le RFN (comprise entre 1 500 et 2 000 kN).

Le tram-train a un bogie moteur entièrement nouveau (très compact et très bas) tout en ayant toutes les caractéristiques d'un vrai bogie. Il a fallu adapter la structure de caisse pour y intégrer ce nouveau bogie ainsi que les dispositifs de sécurité passive imposés par la cohabitation avec le matériel lourd sur le réseau ferré national et la chaîne de traction. Cette dernière est analogue à celle du TGV du record du monde, en plus petit.

Donc Il doit pouvoir encaisser des chocs jusqu'à 600 kN, et possède des éléments d'absorption des chocs violents. Il protège donc les personnes circulant en ville autour du tram-train ainsi les voyageurs d'une éventuelle collision, mais à moindre mesure qu'un train. C'est pourquoi les attelages sont recouverts d'un carénage dans l'éventualité du heurt d'un piéton, et l'attelage rétracté sous la cabine de conduite afin que la face avant ne soit pas trop agressive pour la circulation en zone urbaine où le tram est perçu comme un danger potentiel dans le milieu urbain.

B- Système de sécurité et dispositif de sécurité

Les véhicules comme d'ailleurs tous les engins moteurs circulant à l'avenir sur le réseau national français seront équipés du système de sécurité ETCS (European Train Control System) et d'un dispositif de veille automatique (DVA).

5. Accessibilité pour les voyageurs

5-1 Plancher

La hauteur de plancher du tram-train pose un problème pour l'aménagement des quais. Celle d'un tramway est d'environ 300 millimètres centimètres et celle d'un TER de 550 millimètres. Lors de la création ou de l'aménagement des stations, il faut y penser.

Le tram-train doit donc être muni d'un dispositif (palette rétractable par exemple) pour assurer une bonne accessibilité entre le seuil des portes et les quais en gares SNCF à toutes les personnes, qu'elles soient âgées ou à mobilité réduite, ou avec des grosses valises. Donc la différence de hauteur de quai entre les stations tram et les gares SNCF oblige le tram-train à

disposer d'un marchepied escamotable, lui permettant de s'adapter à des hauteurs de quai différentes du Réseau Ferré et des quais de tramway urbain.

Par contre les accès et les largeurs des couloirs à l'intérieur de tram-train doivent adapter aux personnes handicapées, les formes, les espaces et les couleurs présenteront un aspect attrayant, à l'intérieur comme à l'extérieur.

5-2 la rupture de charge

Malgré que ce mode de transport, qui n'est pas encore très présent dans les villes de France, permet donc de ne plus avoir de « rupture de charge » où le trajet est direct vers le centre-ville par les correspondances se font plus facilement avec la ligne de tramway déjà en centre ville, avec une vitesse commerciale allant jusqu'à 100 km/h sur voies ferrées, ce moyen de transport est le plus rapide pour relier directement banlieue avec le centre-ville. Donc le tram train ne crée pas de rupture de charge pour l'usager qui peut pénétrer le centre urbain des villes avec sa ligne de banlieue: c'est un avantage important et un facteur essentiel dans le choix du mode de déplacement des usagers potentiels.

Par ailleurs, les aménagements spécifiques comme la proximité des stations avec les dessertes de tramway, de bus, de parking... facilitent considérablement les correspondances intermodales.

Cette solution innovante proposée aux autorités organisatrices supprime tout « effet frontière » entre les transports de la périphérie et ceux de la ville, entre le « périurbain » et l'« urbain ». Le tram-train est en lui même un système de transport intermodal dont les principales caractéristiques sont reprises dans le tableau n°1 ci-dessous.

TRAMWAY +	TRAIN =	TRAM - TRAIN
<ul style="list-style-type: none"> ↳ horaires et fréquences de passage en adéquation avec les besoins de déplacement ↳ desserte fine du territoire urbain avec de nombreuses stations ↳ accès facilité pour tous les voyageurs ↳ vitesse plus élevée que le bus ↳ plus économique qu'un métro 	<ul style="list-style-type: none"> ↳ confort de voyage ↳ rame plus grande que bus/tramway/métro, donc plus de places offertes ↳ vitesse de pointe plus élevée qu'un tramway ↳ ponctualité dans les horaires de départ et d'arrivée ↳ départs et arrêts se font depuis une gare 	<ul style="list-style-type: none"> ↳ voyage sans rupture de charge entre la périphérie et le centre ville ↳ maillage fin du territoire ↳ mobilité durable de bout en bout ↳ associe la rapidité du train en réseau périurbain et la fluidité du tramway en réseau urbain

Source : SNCF Proximité (octobre 2006)

Tableau 1 : La souplesse du tramway, la performance du train et les caractéristiques du tram-train

6. La Durabilité et l'environnement

Extérieurement, le tram-train ressemble à un tramway, et Il dispose de caractéristiques similaires qui permettent d'offrir un temps de parcours attractif tout en desservant de nombreux points d'arrêts : fortes accélérations et décélérations, larges portes à ouverture rapide... Il emprunte aussi au train d'autres qualités: une vitesse de pointe plus élevée que celle du tramway (100 km/h), d'avantage de places assises pour un meilleur confort.. Il permet aussi d'envisager, à terme, la possibilité de circuler à la fois sur la ligne ferroviaire et sur le réseau tramway pour que l'usager n'ait plus à changer de véhicule.

Le fait, que le tram train est un transport collectif soit en site propre lui donne la priorité sur les autres moyens de transport et, ainsi, il n'est pas ralenti, par la circulation automobile par

exemple. Ensuite, la vitesse commerciale élevée permet de relier rapidement la périphérie au centre-ville - en moins de temps qu'une automobile.

Le tram-train a en effet servi de point d'appui dans l'élaboration et organiser la circulation : à la fois de réduire le trafic automobile transitant par le centre-ville en réalisant un évitement par voies périphériques et des parkings-relais; et de améliorer la qualité de vie des habitants au sein de l'agglomération en développant des modes alternatifs comme le vélo et le covoiturage, en harmonisant les problématiques urbaines et des transports, en réduisant l'insécurité routière et en améliorant la qualité de l'air, meilleure qualité de vie et moindre pollution pour les habitants..Donc aa conception des véhicules Tram-train garantira une émission et de bruit aussi faible que possible.

Pour la construction des tram-trains les matériaux ainsi que la combinaison de matériaux seront choisis en tenant compte les aspects suivants :

- Utilisation conséquente de constructions légères au niveau des matériaux et des formes
- Réduction du risque d'incendie (inflammabilité, dégagement d'épaisse fumée, formation de gouttes, dégagement de gaz toxiques.
- Eviter le dégagement de substances nuisibles à la santé (p. ex. poussière, gaz toxiques).
- Tous les matériaux doivent être recyclables.

7. Le confort

C'est un transport collectif très confortable et fiable, avec des horaires cadencés, autre atout pour ce système. De plus, le tram-train, qui s'inscrit dans le développement durable, bénéficie d'une image positive, et à plancher surbaissé garantira un voyage confortable et silencieux. Il sera exempt de vibrations et de coups désagréables lors des accélérations, de la marche au ralenti et des freinages (sauf lors de l'utilisation des freins électromagnétiques sur rails). Grâce à la multiplication des points d'arrêt dans un temps de parcours amélioré, un cadencement plus lisible fournissant des repères stables aux voyageurs, une amplitude horaire accrue. Le tram-train place l'ensemble des transports en commun à un niveau qualitatif élevé qui en fait est une réelle alternative à la voiture.

7-1 Chauffage, aération, climatisation

L'ensemble du véhicule sera climatisé par zones et équipé d'un système d'aération adapté de la capacité et le volume interne.

7-2 Isolation phonique

Les véhicules du tram-train seront conçus de façon que l'intérieur et l'extérieur du véhicule soient aussi silencieux que possible jusqu'à la vitesse maximale. Et le niveau de pression sonore dans l'habitacle ne dépassera pas 65 dB (A). En sachant que les bruits dans les habitations des riverains ne devront pas dépasser la moyenne du niveau de bruit autorisé.

7-3 Des informations fiables et en temps réel :

La rame du tram-train et les quais seront équipés de systèmes d'information voyageurs (SIV) qui permettent aux clients de mieux maîtriser leur déplacement et leur temps, en étant informés en temps réel des horaires de circulation des rames, et des éventuels retards.

Grâce à ses caractéristiques techniques, la rame du tram-train permet d'offrir un temps de parcours attractif tout en desservant de nombreux points d'arrêt, il est apte à circuler sur lignes dédiées ou à s'intégrer aux circulations ferroviaires, sur lignes classiques. Le tram-train est un concept qui permet une opération combinée à la fois sur les infrastructures ferroviaires légères et à la fois sur l'infrastructure de TER.

7-4 Dispositifs d'information et de communication

Une installation d'appel sera prévue pour permettre la communication avec les passagers (annonce des arrêts, réglage automatique en fonction du niveau sonore et du niveau de bruit de fond, nombreux haut-parleurs répartis dans le véhicule et installés de façon à éviter des actes de vandalisme).

Cette installation assurera les communications suivantes :

- Conducteur vers le passager (à l'intérieur) et les passagers vers le conducteur.
- Annonce des stations aux passagers,
- Poste de contrôle vers les passagers.

8. Conclusion

Mode de transport novateur dans la gestion des réseaux de transport urbain et périurbain, Le tram-train à convaincu qu'il est un outil de transport public et d'aménagement dans les deux zones, lui confèrent une grande attractivité et de vastes possibilités de dessertes.

L'implantation d'un tram-train nécessite de traiter les contraintes imposées par la nature même du dispositif. Caractéristiques démographiques et économiques des zones desservies, complexité institutionnelle liée à l'organisation administrative et aux aspects réglementaires, contraintes techniques imposées par la sécurité des personnes transportées, technicité des méthodes d'analyse nécessaires... autant d'aspects qui doivent être abordés pour ne pas tomber dans le piège de l'expertise technique, voire technocratique. Connaître l'objet, se l'approprier, est la seule parade possible aux analyses froides et inhumaines si courantes dans ce monde ! Il s'agit de favoriser des déplacements d'individus pour leur rendre la vie plus facile et accessible.

Malgré que ce mode de transport relativement récent, il a eu un tel succès que la ville cherche maintenant des solutions durable afin de permettre la desserte périurbaine par transport public n'étant pas astreinte à une révolution des modes, ni à l'apparition de nouvelles technologies mais à l'évolution des techniques et des mentalités.

Finalement, le potentiel du « tram-train » repose aujourd'hui surtout sur les performances de matériels spécifiques (capacités d'accélération et de freinage) qui permettent une desserte plus fine des territoires.

(1) le Dualis d'Alstom est basé sur le Citadis « en exploitation dans 14 pays, principalement en France et en Espagne, et l'Avanto de Siemens est basé sur le Combino « en exploitation dans neuf pays » principalement en Allemagne et en Suisse ».

Trams-trains circulant en France			
Type	Avanto	Dualis	Flexity Swift
Constructeur	Siemens	Alstom	Bombardier
Mise en service	2006	2014	1997
Réseaux	Mulhouse T4 Ile de France	Lyon Nantes IDF	Sarrebrück
Effectif	27	63	28
Longueur	36,97 m	42 m	37,87 m
Largeur	2,65 m	2,65 m	2,65 m
Hauteur	3,52 m	3,50 m	3,36 m
Alimentation	750 V 25000 V	750 V 1500 V ou 25000 V	750 V 15000 V
Masse à vide	62,5 t	77 t	55,6 t
Nombre d'essieux	8	10	8
Masse à l'essieu	7,8 t	7,7 t	6,9 t
Puissance	800 kW	900 kW	960 kW
Puissance massique	12,8 kW / t	11,68 kW / t	17,27 kW / t
Vitesse maximale	100 km/h	100 km/h	90 km/h
Plancher bas	70%	100%	50%
Hauteur d'accès	350 mm	380 mm	350 mm
Capacité assise	85 places	90 places (Lyon) 95 places (IDF) 99 places (Nantes)	96 places
Capacité totale	230 places	250 places (Lyon) 251 places (IDF) 238 places (Nantes)	243 places
Nombre de portes	5	4	4
Largeur de porte	1300 mm	1300 mm	1300 mm