

# SOMMAIRE

*Tram d'interconnexion*  
*2066*

<b>1. PREAMBULE.....</b>	<b>2</b>
<b>2. ELEMENTS DE CAHIER DES CHARGES.....</b>	<b>4</b>
2.1 SPECIFICITES DU TRAMWAY D'INTERCONNEXION .....	4
2.1.1 Aspect du tramway d'interconnexion.....	4
2.1.2 Performances dynamiques du tramway d'interconnexion.....	6
2.2 ACCESSIBILITE DU TRAMWAY D'INTERCONNEXION .....	7
2.3 MOTORISATION DU TRAMWAY D'INTERCONNEXION .....	9
2.4 CONTRAINTES DE SECURITE PROPRES AU DOMAINE FERROVIAIRE.....	9
2.5 EXPLOITATION DU TRAMWAY D'INTERCONNEXION.....	10
2.5.1 Conditions d'exploitation du tramway d'interconnexion.....	11
2.5.2 Relations entre le voyageur et l'exploitant.....	11

# 1. PREAMBULE

## 1. PREAMBULE

Le GART a lancé une étude devant définir les caractéristiques principales et le domaine de pertinence d'un double concept de système ferroviaire léger applicable à la desserte des zones urbaines et périurbaines : le tramway d'interconnexion et le tramway régional. Le présent document concerne le tramway d'interconnexion, système compatible entre les réseaux urbains et ferroviaires, dont la circulation s'effectue aussi bien sur le domaine ferroviaire qu'en voirie urbaine. Ce service de desserte d'agglomération doit :

- Assurer, à partir de zones périurbaines, la desserte fine de centres urbains en s'intégrant dans les réseaux de transports sans rupture de charge ;
- Assurer un service très accessible, en disposant notamment d'une signalétique performante et d'une tarification facilement lisible par les voyageurs ;

La SNCF a l'intention de proposer aux Autorités Organisatrices de transports la mise en service de tramways d'interconnexion répondant à ces principes.

La rédaction du présent document s'appuie en priorité sur les avis et répond aux demandes exprimées par des représentants d'Autorités Organisatrices de transports au cours des auditions effectuées durant l'étude intitulée "Quand le tramway sort de la ville" conduite par le GART avec l'aide de SYSTRA. Ces avis et ces demandes figurent *en italique* dans le corps du texte. Les points qui n'ont pu être évoqués directement avec les Autorités Organisatrices ont été rédigés par les spécialistes du GART ou de SYSTRA en synthèse des informations ou réactions recueillies sur le sujet.

*Pour les Autorités Organisatrices de transports, le matériel proposé doit ressembler à un tramway et circuler aussi bien sur une voie ferrée conventionnelle qu'en voirie urbaine. Il doit avoir la silhouette d'un tramway en ce qui concerne sa longueur, sa hauteur et son aspect extérieur (surfaces vitrées, nombre de portes, formes galbées). Il doit avoir les performances d'accélération et de freinage élevées d'un tramway pour permettre des arrêts rapprochés, tout en conservant une vitesse commerciale attractive. Sa vitesse maximale sera intermédiaire entre celle d'un tramway et celle d'un matériel ferroviaire conventionnel. L'accès à ce matériel doit se faire par des portes situées à la même hauteur que le quai. L'exploitation de ce matériel doit se faire à la manière d'un tramway.*

Les Autorités Organisatrices de transports souhaitent disposer d'un matériel à faible risque technique.

Le présent document est articulé en deux parties :

- Une première partie présentant les demandes structurantes exprimées directement par les Autorités Organisatrices de Transports et l'interprétation qui en est éventuellement proposée. Les conséquences techniques qui en découlent sont identifiées clairement ;

# *1. PREAMBULE*

Une deuxième partie, sous forme d'annexes, détaillant les principaux critères techniques et fonctionnels retenus et devant servir de support pour la définition du tramway d'interconnexion. Cette deuxième partie reprend les conséquences techniques résultant des demandes exprimées par les Autorités Organisatrices exposées dans la première partie et les complète. La version indiquée " Extrait " ne comprend pas cette deuxième partie.

Il peut servir de base aux Autorités Organisatrices pour définir le matériel devant assurer de telles dessertes.

Rassemblant le maximum d'éléments et traduisant les demandes en spécifications plus techniques, il ne permet toutefois pas, en l'état, le lancement d'un appel d'offres auprès des constructeurs.

Il se propose de définir les caractéristiques de base d'un matériel tramway capable de circuler à la fois sur le domaine urbain et sur le domaine ferroviaire en mixité avec les autres circulations ferroviaires.

## 2. ELEMENTS DE CAHIER DES CHARGES

### 2. ELEMENTS DE CAHIER DES CHARGES

#### 2.1 Spécificités du tramway d'interconnexion

*Le matériel utilisé pour effectuer de telles dessertes doit ressembler à un tramway, ce système disposant d'une image très positive auprès du public, tant en terme de modernité, que de souplesse d'adaptation ou d'intégration dans la vie urbaine.*

##### 2.1.1 Aspect du tramway d'interconnexion

###### 2.1.1.1 Généralités.

Par rapport à un matériel ferroviaire conventionnel, le tramway moderne présente un aspect particulier. Ce matériel, ayant une hauteur de plancher réduite par rapport au matériel conventionnel, est plus bas et dissimule souvent ses bogies sous des carénages prolongeant les parois latérales. C'est un matériel d'une longueur d'environ 35 m, articulé en 3 caisses au moins de manière à réduire son gabarit en courbe et faciliter son insertion en voirie urbaine. Les différences de cette silhouette sont accentuées par une surface vitrée importante donnant une impression de transparence et des extrémités munies parfois de pare-brises galbés enveloppant presque toute la cabine de conduite. Les extrémités ne comportent pas de tampons.

###### 2.1.1.2 Objectifs de l'étude d'aménagement.

Le but de l'étude est de définir un matériel qui, à partir du maximum d'éléments structurels communs, permettra des personnalisations du design extérieur et intérieur propres à répondre aux demandes des Autorités Organisatrices. Le choix de l'esthétique est du ressort de l'Autorité Organisatrice.

###### – Destination du matériel

Ce matériel est destiné à assurer des parcours plutôt courts de l'ordre de 45 à 60 minutes maximum pour des dessertes des agglomérations urbaines et des périphéries denses de ces agglomérations.

Outre les places assises, il devra présenter des possibilités de station debout dans des conditions de confort acceptable (appuis et maintien ergonomiques).

Il doit être accessible de façon totalement autonome à tous les voyageurs sans exclusion (landaus, personnes en fauteuil roulant,...).

## 2. ELEMENTS DE CAHIER DES CHARGES

Il devra présenter une capacité, par tramway, de l'ordre de 100 places assises et 120 voyageurs debout à raison de 4 voyageurs debout par mètre carré.

### – Objectifs de qualité et d'image

Ce matériel doit permettre, par son attractivité et par l'accessibilité aux transports collectifs qu'il suggère, de conquérir des parts de marché sur la voiture particulière.

Il devra donc présenter un caractère propre à améliorer l'image du transport collectif, une conception telle qu'il satisfasse les attentes d'individualisation et qu'il montre, par l'attention portée aux voyageurs, une image d'entreprise au service de l'individu.

Il devra provoquer, par l'irruption de la modernité, par la sensation d'une très grande accessibilité, d'une totale sécurité et d'une parfaite propreté, un impact affectif fort pour emporter la décision de son utilisation face à la voiture particulière.

### – L'image du matériel

L'image globale du matériel tant extérieure qu'intérieure devra dégager une impression de qualité de finition visant à prouver que la technique est au service de l'attente individuelle du voyageur.

Une cohérence de l'ensemble des formes entre elles, la douceur et la rondeur de ces formes doivent exprimer l'esprit de sécurité et de convivialité des transports urbains. La ligne extérieure aérodynamique et fluide doit susciter une image de modernité mais qui doit simultanément s'inscrire dans la continuité et la durée. La ligne extérieure ne doit pas céder à un phénomène de mode.

Les surfaces vitrées, très larges et sans obstruction, doivent permettre de mettre en scène le paysage extérieur pour l'intégrer à l'univers du tramway. Le tramway fait partie intégrante de la ville et de l'agglomération.

### – Le confort

Les véhicules sont conçus pour que le voyage soit ressenti par le voyageur comme agréable. La possibilité de choisir entre les diverses ambiances, l'aménagement intérieur, les équipements, le confort visuel et le confort postural sont des facteurs qui contribuent au confort psychologique du voyageur.

L'aménagement intérieur prendra en compte, par exemple, les points suivants :

- Facilitation de la station debout en disposant des points de préhension en nombre suffisant et en utilisant des sièges à assise relevable autorisant un appui ischiatique en position debout ;
-

## 2. ELEMENTS DE CAHIER DES CHARGES

Emplacements destinés à accueillir une personne assise dans un fauteuil roulant ou une poussette. En cas de non utilisation de cette possibilité, il doit être possible de disposer de sièges à assise relevable à cet emplacement ;

- Emplacements de rangement de bagages divers et points d'accrochage de sacs à provision ;
- Emplacement spécifique permettant le rangement de bicyclettes.

Chaque tramway est équipé d'une installation de conditionnement d'air permettant le chauffage en hiver et une ventilation réfrigérée en été. La ventilation permettra d'assurer le désembuage des surfaces vitrées.

- La conception des espaces, des aménagements et des équipements.

Les aménagements et les équipements doivent être conçus avec le maximum de modularité pour faciliter l'adaptation du matériel aux demandes de personnalisation des Autorités Organisatrices et aux évolutions de ces demandes.

Ils doivent être conçus pour faciliter le maintien de la propreté de tous les espaces. Une transparence totale doit régner avec l'extérieur et entre les différents espaces y compris les cabines de conduite. Les appuis, les maintiens ne doivent pas dégrader cette impression de transparence.

La qualité de finition doit inciter au respect du matériel.

La diversité des espaces et leur fonctionnalités doivent être soulignées notamment par les effets d'éclairage.

Les systèmes d'informations, la signalétique, les logos, la publicité doivent être intégrés au style.

### 2.1.2 Performances dynamiques du tramway d'interconnexion

Dans le cas d'un matériel appelé à effectuer des arrêts fréquents, la vitesse maximale de circulation intervient faiblement sur le temps de parcours. Ce sont les performances de freinage et de remise en vitesse après un arrêt, ainsi que la limitation du temps de stationnement, qui garantissent le respect des temps de parcours. La vitesse maximale du tramway d'interconnexion sera de 100 km/h. Une vitesse supérieure nécessiterait le choix d'organes de roulement de type train, exigeant une hauteur de plancher importante, pour un gain faible sur le temps de parcours. Un temps de stationnement réduit est obtenu en favorisant les échanges de voyageurs. Pour cela, le tramway d'interconnexion doit être d'un accès facile et posséder un nombre de portes suffisant.

## 2. ELEMENTS DE CAHIER DES CHARGES

Les performances dynamiques seront celles d'un tramway, nettement supérieures à celles d'un matériel ferroviaire conventionnel, le tramway d'interconnexion devant pouvoir s'intégrer en voirie urbaine au flux de la circulation. L'accélération moyenne de 0 à 80 km/h est égale à  $0,60 \text{ m/s}^2$ . La décélération maximale en freinage de service est supérieure à  $1,5 \text{ m/s}^2$  et la décélération en freinage d'urgence est supérieure ou égale à  $2,75 \text{ m/s}^2$ .

Les contraintes de l'adhérence au niveau du roulement fer sur fer, et les objectifs de coût d'exploitation, imposent de limiter la masse du véhicule pour arriver à de telles performances. La charge à l'essieu ne dépasse pas 11 tonnes et le rapport poids à vide sur nombre de places offertes en charge normale (tous les sièges occupés et 4 voyageurs debout par mètre carré) est compris entre 200 et 250 kg / place offerte. Cette réduction de poids, favorisant les performances dynamiques, sera rendue possible par l'utilisation de nouvelles techniques de construction ainsi que, si nécessaire, par la diminution des contraintes de résistance demandées à la structure.

### 2.2 Accessibilité du tramway d'interconnexion

*L'accessibilité au matériel à partir des quais doit être bonne, du même ordre que celle rencontrée pour le tramway urbain, y compris pour les personnes à mobilité réduite. La hauteur des quais sera limitée pour en faciliter l'insertion en milieu urbain et leur accessibilité depuis la ville sera particulièrement étudiée.*

*La largeur de ce type de matériel doit être compatible avec les contraintes d'insertion urbaine.*

Les portes d'accès voyageurs sont des portes à double vantaux et permettent un accès d'une largeur de 1.300 mm avec une hauteur de passage de 2.000 mm. Leur nombre est de quatre par face d'un véhicule de la capacité demandée.

Le matériel permettra l'accès des personnes à mobilité réduite (PMR). il sera pour cela muni de palettes mobiles.

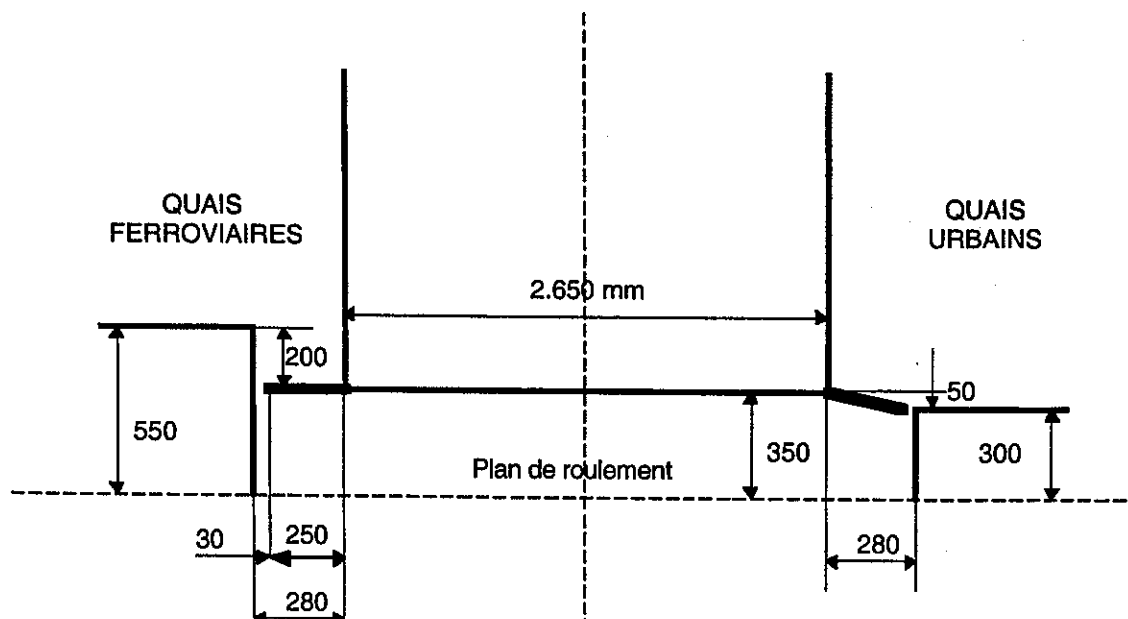
Les études conduites précédemment ont mis en évidence que l'un des problèmes majeurs consécutifs à l'utilisation d'un matériel tramway sur une emprise ferroviaire était celui des lacunes horizontales et des dénivellations verticales existant entre le matériel et les quais. Sur domaine ferroviaire, avec des quais n'engageant pas le gabarit ferroviaire conventionnel, la lacune horizontale pour un tramway d'une largeur de 2,65 m est de 280 mm. La valeur de cette lacune devient 455 mm dans le cas d'un tramway de 2,30 m de large. La largeur du tramway sera donc un compromis entre la largeur de 2,65 m, qui minimise la lacune horizontale, et les contraintes d'insertion sur le site. En environnement urbain, le quai peut être implanté à la même distance de la voie.

## 2. ELEMENTS DE CAHIER DES CHARGES

Compte tenu des impératifs de circulation sur le réseau RFF, le gabarit bas du tramway doit respecter les recommandations UIC, soit 80 mm au dessus du niveau du rail. Dans ces conditions, en prenant en compte la résistance souhaitée de la structure de caisse, la hauteur nominale de la partie basse du plancher sera de 400 mm, les seuils de porte pouvant être à 350 mm grâce à un plan incliné intérieur. Une palette mobile permettra la desserte de quai de 300 mm en site urbain avec accès des PMR à toutes les portes situées au niveau du plancher bas. Cette hauteur de 300 mm semble la hauteur maximale admissible en voirie urbaine. La desserte des quais ferroviaires implantés à la hauteur normalisée de 550 mm sera possible en admettant de descendre dans le matériel, ce qui interdit l'accès des PMR. En site ferroviaire, l'accès des PMR ne pourra être possible qu'avec des quais spécialement aménagés.

Le cas de la circulation sur la même voie de deux matériels différents, tels que tramway urbain de faible largeur et tramway d'interconnexion de 2,65 m de large, posera des problèmes d'implantation de quai, le quai du matériel urbain risquant d'interférer avec le tramway d'interconnexion. Une étude spécifique sera à faire au cas par cas.

Le schéma ci-dessous explicite les positions relatives proposées du tramway et des quais.



POSITIONS RELATIVES DU TRAMWAY ET DES QUAIS



## 2. ELEMENTS DE CAHIER DES CHARGES

### 2.3 Motorisation du tramway d'interconnexion

*Les Autorités Organisatrices de transports pensent que le mode de traction de base est la traction électrique, une alimentation en énergie complémentaire pouvant être la traction thermique. Dans ce cas, si la traction diesel ne semble pas souhaitable, les nouveaux modes du type " gaz " peuvent être envisagés s'ils sont techniquement au point. Une campagne de communication devrait alors informer le public du non-danger que présente ce type de motorisation. Enfin les problèmes de stockage du carburant (ceux-ci devant être généralement localisés dans des zones habitées) devront être pris en compte très sérieusement dans une telle option avec leur impact sur le voisinage.*

Le tramway d'interconnexion pourra être proposé en plusieurs versions caractérisées par la motorisation :

- motorisation électrique 750 V CC,
- motorisation électrique 1500 V CC,
- motorisation bi-mode électrique 750 V CC / thermique,
- motorisation électrique bi-tension 750 V CC / 1500 V CC,
- motorisation électrique bi-tension 750 V CC / 25000 V AC.

Dans le cas de la motorisation thermique, l'autonomie devra être de 1.000 km. Plusieurs options sont possibles au niveau du choix du type de carburant. Si la solution d'un moteur thermique alimenté au gazole est éprouvée en ferroviaire, les solutions " gaz " doivent passer par un stade de recherche et développement. La pertinence économique de telles solutions reste à établir. L'impact sur l'environnement de tout projet de stockage de carburant gaz dans des zones urbanisées devra également être pris en compte dans une telle option.

### 2.4 Contraintes de sécurité propres au domaine ferroviaire.

Le tramway d'interconnexion constitue un système nouveau pour lequel doit être garanti un niveau de sécurité important. Circulant sur les deux domaines ferroviaire et urbain, il doit offrir, dans toutes les configurations, un niveau de sécurité élevé.

La nouvelle approche de ces questions impose de démontrer, dans un " dossier de sécurité " présenté par l'autorité organisatrice à la Direction des Transports Terrestres du Ministère chargé des Transports (DTT), que le système proposé est au moins Globalement Au Moins Aussi Bon que les systèmes existants actuellement et assurant la même fonction (notion de GAMAB).

## 2. ELEMENTS DE CAHIER DES CHARGES

Le niveau de sécurité global est obtenu par une sécurité dite " active " qui permet d'éviter les événements critiques. On peut citer, dans cette catégorie, la présence d'une signalisation, d'enclenchements, de dispositifs embarqués et de procédures, ainsi que le management et la formation du personnel, ...

Pour compléter cette sécurité " active ", le tramway lui-même dispose d'une sécurité " passive " qui lui est donnée par ses caractéristiques propres. Ainsi, sa caisse doit présenter un niveau de résistance suffisant à la compression afin de pouvoir supporter un choc en cas de collision.

Les objectifs de coût et de poids, consécutifs aux performances dynamiques recherchées, font que certaines caractéristiques du tramway d'interconnexion pourront ne pas respecter les recommandations UIC. Ce pourrait être le cas de la structure de caisse. L'adjonction d'un dispositif d'absorption d'énergie placé aux extrémités du véhicule peut remédier partiellement à cette résistance plus faible. Cette moindre sécurité passive serait compensée par une meilleure sécurité active. Cette meilleure sécurité active est obtenue par des performances d'accélération et de freinage nettement supérieures à celles d'un matériel conventionnel et par des exigences en ce qui concerne les installations de protection des circulations. Le tramway d'interconnexion sera équipé éventuellement du système de sécurité K.V.B (Contrôle de Vitesse par Balises), spécifique à la SNCF.

Le fonctionnement de la signalisation et la détection de la présence du tramway sera assuré par le shuntage des circuits de voie, le tramway devant respecter les exigences UIC correspondantes.

L'ensemble de ces données devra être intégré au " dossier de sécurité " à constituer pour la mise en exploitation de ce nouveau système.

### 2.5 Exploitation du tramway d'interconnexion

*Bien que circulant partiellement sur le domaine ferroviaire, l'exploitation du système doit se faire à la fois à la manière d'un tramway et selon les règles ferroviaires classiques.*

*La vente de titres de transport à l'unité doit pouvoir avoir lieu à bord. Celle-ci doit pouvoir être faite par le conducteur durant les arrêts. Par ailleurs, si la mise en place de distributeurs de billets n'est pas retenue dans chaque station, ceux-ci doivent pouvoir être installés à bord du tramway. Les dispositions constructives devront permettre de répondre à cette demande des Autorités Organisatrices.*

*Un dispositif de demande d'arrêt doit être à la disposition des voyageurs, certains arrêts peu fréquentés, mais néanmoins intéressants, pouvant exister dans les projets.*

## **2. ELEMENTS DE CAHIER DES CHARGES**

### **2.5.1 Conditions d'exploitation du tramway d'interconnexion.**

Le mouvement du tramway est géré par le conducteur. La conduite manuelle est le seul mode utilisé. Cette conduite manuelle s'effectue en zone urbaine "à vue", compte tenu des performances de freinage élevées et de la faible vitesse du tramway et "sur signaux" sur domaine ferroviaire. La conduite manuelle en service normal utilise un dispositif d'arrêt automatique, la "Veille Automatique avec Contrôle du Maintien d'Appui" (VACMA). Le but de ce dispositif est de provoquer l'arrêt du tramway par freinage en cas de défaillance de la vigilance du conducteur.

### **2.5.2 Relations entre le voyageur et l'exploitant.**

#### **2.5.2.1 Informations à disposition des voyageurs.**

- Signalisation extérieure. Le matériel sera équipé d'indicateurs de destination à affichage dynamique disposés sur chaque face avant et sur chaque face latérale près des portes. La limite de distance de vision ne doit pas être inférieure à 40 m pour une personne ayant une acuité visuelle normale.
- Signalisation intérieure. Des bandeaux lumineux seront placés en nombre suffisant pour être visibles de n'importe quel point du véhicule et informeront le voyageur sur la destination et le prochain arrêt. Des emplacements sont prévus dans les voitures pour recevoir des plans de lignes et de réseaux, des textes d'information ou de réglementation.
- Sonorisation intérieure. Cette sonorisation permet les annonces aux voyageurs en provenance du conducteur, du poste de commande centralisé (PCC) ou du poste de régulation SNCF et également des annonces enregistrées et notamment le nom du prochain arrêt.
- Dispositif de demande d'arrêt. Ce dispositif à disposition des voyageurs, implanté à coté de chaque porte, allume un voyant lumineux au pupitre et un ou deux motifs lumineux "Arrêt demandé" par voiture. L'allumage des motifs est répété en voiture par un signal sonore.

#### **2.5.2.2 Valideurs de titres de transport.**

L'installation d'un certain nombre de valideurs, un par plate forme d'accès, devra être prévue par le Constructeur.

#### **2.5.2.3 Vente de titres de transport.**

L'installation d'un distributeur automatique embarqué doit être prévue. En option, la possibilité de vente par le conducteur doit également être prévue.