

la CeMathèque

dossier thématique



> Les systèmes de transport collectif structurants

- > Définition, rôle et impact d'un système de transport collectif structurant
- > Caractéristiques d'un système de transport collectif structurant
- > Les réponses possibles : différents types de matériel roulant envisageables
- > Les infrastructures de déplacement
- > Coût des différents systèmes.
- Eléments comparatifs
- > Domaine de pertinence de chaque système



> Préambule

Divers systèmes de transport collectif, plus ou moins innovants selon les cas, permettent la mise en place d'une desserte très efficace dans des contextes précis. Ils dynamisent le transport en commun, le rendent plus attractif et favorisent un accroissement de sa clientèle, dans des conditions qui le rendent également plus concurrentiel avec la voiture individuelle.

Ces systèmes ont la caractéristique d'être structurants, c'est-à-dire qu'ils constituent l'ossature d'un réseau et offrent, à ce titre, une desserte qui rencontre un ensemble d'exigences précises, au moins en termes de régularité, de fréquence et de rapidité. Ils proposent également un niveau de service élevé. Ils structurent aussi l'environnement dans lequel ils s'inscrivent : en termes d'attractivité et de développement des lieux d'activités, d'habitat, ...

Différentes solutions existent et connaissent un succès croissant. Elles témoignent d'une diversification importante des alternatives possibles, qui peuvent être adoptées au sein d'une même ville. Chacune dispose de son domaine de pertinence. Ce qui indique clairement qu'à chaque situation correspond une solution, pas nécessairement parfaite, mais la mieux adaptée parmi ces différentes solutions. Divers types de véhicules sont envisageables afin de répondre à chaque situation particulière. Il s'agit de l'autobus, du trolleybus, du tramway, du métro, du tram-train, ...

Pourquoi rédiger une Cemathèque sur ce sujet, sachant que, si le transport en commun est aujourd'hui promis à un bel avenir, les investissements nécessaires à la création de ces systèmes sont loin d'être négligeables, ce qui signifie des accroissements de budget importants en leur faveur.

La question du développement de ces systèmes est cependant bien à l'ordre du jour. Une étude a été réalisée pour le compte du Gouvernement wallon, dans une perspective de faisabilité pour deux grandes villes wallonnes. Le réseau des CeM a collaboré à cette étude en réalisant le volet théorique, celui-ci s'appuyant sur la littérature existante en la matière. Cette publication reprend les principaux éléments, qu'elle complète avec l'objectif d'encourager ainsi une approche globale et décloisonnée de la problématique du transport en commun qui s'inscrive dans une vision aussi proactive que possible.

Le présent document est donc en grande partie le résultat d'une analyse bibliographique de sources essentiellement françaises et s'est intéressé en particulier aux résultats des études menées pour l'Etat français par le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (Certu) et à des articles parus dans des revues spécialisées. Ces différentes informations doivent permettre de se faire une idée des développements récents en la matière.

1.	Introduction	4
2.	Définition, rôle et impact d'un système de transport collectif structurant	5
3.	Caractéristiques d'un système de transport collectif structurant	8
4.	Les réponses possibles : différents types de matériel roulant envisageables	16
5.	Les infrastructures de déplacement	26
6.	Coût des différents systèmes. Eléments comparatifs	29
7.	Domaine de pertinence de chaque système	32
8.	Conclusion	37
9.	Bibliographie	38



Source : ICEDD.





Freiburg (Im Breisgau). Source : ICEDD.

> 1. Introduction

Un système de transport collectif structurant doit rencontrer un ensemble d'exigences précises, en particulier en termes de régularité, de fréquence, de vitesse, de confort et d'accessibilité. Il s'appuie sur les trois éléments suivants : le matériel roulant, les infrastructures et l'exploitation, qui vont chacun participer à la satisfaction de différents critères de performance du système. De plus, le système doit être structurant pour son environnement.

On constate d'emblée une difficulté de vocabulaire. Peut-on parler de mode de transport collectif structurant ? Cette vision est trop restrictive. Un trolleybus peut être structurant ou non, en fonction de sa vitesse commerciale, de sa fréquence, ... En effet, il est nécessaire de mettre en place une démarche « système », qui implique une approche globale, s'inscrive dans une stratégie de hiérarchisation du réseau de transport collectif, réponde à la demande des voyageurs à transporter avec une capacité adéquate et offre un service de haute performance.

La présente publication a pour objectif de présenter l'ensemble des paramètres qui définissent un système de transport collectif structurant et contribuent à la détermination d'un niveau de service élevé en faveur des usagers.

Elle décrit ensuite différents systèmes existants : leurs performances, leurs contraintes, leurs points forts et leurs points faibles, leur relation avec le contexte local, un ensemble de critères d'appréciation, des éléments de coût, ... nécessaires pour effectuer des comparaisons et aider à la détermination du domaine de pertinence de chacun.

Ainsi, plusieurs familles de matériel roulant sont disponibles et permettent de mettre en œuvre un système de transport collectif structurant. À cet égard, on remarque encore un problème de terminologie. Citons par exemple le cas de l'autobus guidé, assimilé par certains à un tramway sur pneus. Ces querelles de vocabulaire sont constatées à différents niveaux : elles apparaissent dans la littérature technique, dans les propos des élus au niveau local ou régional, chez les journalistes, dans le milieu associatif, ... Elles sont significatives des enjeux, en termes d'image comme en termes financiers, des choix à faire, et ont même eu des répercussions non négligeables en France sur les résultats électoraux. Elles rendent la compréhension et les comparaisons plus difficiles entre les différentes alternatives possibles. Quelques expériences intéressantes menées à l'étranger sont présentées très brièvement.

Chaque système a son domaine de pertinence propre, même si des recouvrements s'observent entre eux. Chacun a un créneau optimal, qui ne correspond pas nécessairement exactement à la situation envisagée. Il faut donc composer. Mais un des (le ?) facteurs essentiels du choix du système reste le volume de la demande à satisfaire, avec des exigences de qualité élevées.

Il s'agira donc de choisir le système, en parfaite cohérence avec les objectifs de services attendus et les caractéristiques des lieux, car diverses mesures sont fondamentales pour s'assurer de l'efficacité du projet : sites propres, circulation prioritaire, conception des stations, organisation de la billetterie, ... En outre, l'image est essentielle.

> 2. Définition, rôle et impact d'un système de transport collectif structurant

Définition

Un **système** de transport collectif structurant doit rencontrer un ensemble d'exigences précises, en particulier en termes de régularité, de fréquence, de vitesse, de confort et d'accessibilité. Elles s'appuient sur les trois éléments suivants : le **matériel roulant**, les **infrastructures de déplacement** et **l'exploitation**, caractérisés ci-après en quelques mots

Le matériel roulant

Il s'agit des véhicules qui vont assurer le transport des personnes. Différents types de matériel existent. Ils se déplacent sur pneus ou sur rails, sont non guidés ou guidés et propulsés au diesel, au gaz ou à l'électricité, pour ne citer que les principaux modes.

Les infrastructures

Les infrastructures concernent les sites sur lesquels se déplace le matériel roulant : en section courante et aux intersections, et les modalités de circulation mises en place. Elles constituent, dans une optique de « système », un élément clé pour la satisfaction des exigences précitées. Elles visent également l'aménagement des quais, qui ne seront pas de simples arrêts sur un trottoir mais de véritables stations répondant à divers critères.

L'exploitation

Un ensemble d'éléments, non physiques et indépendants du matériel et de l'infrastructure, participent de manière décisive à la conception générale du système et à sa gestion au quotidien : qu'il s'agisse de la détermination de la fréquence de passage des véhicules, du mode de perception et de validation des titres de transport, des campagnes de communication ou de l'information permanente sur ces lignes, ...

Bénéfices

L'intérêt et l'impact de la mise en œuvre d'un mode de transport collectif structurant se mesurent à différents niveaux. Ces différents objectifs sont liés et se recouvrent mutuellement.

Assurer un débit élevé

Par définition, un système de transport collectif structurant sera capable de répondre à des besoins élevés de la population, en terme de capacité, et de desservir ainsi une surface urbanisée précise.

Offrir un haut niveau de service à la collectivité

Ce « haut » niveau de service se traduit d'emblée par quelques mots-clés et s'exprime en termes qualitatifs et quantitatifs : rapidité, accessibilité, régularité, ponctualité, qualité des correspondances, sécurité, qualité de l'information, confort, ...



Freiburg (im Breisgau) : la gare est un exemple d'offre de transport intégrée et transversale. Source : ICEDD.





Nantes : arrêt-transferts tram-busway. Source : SRWT.

Encourager le transfert modal

Le transfert modal concerne le report d'une partie des déplacements effectués d'un mode (par exemple un véhicule particulier) vers un autre (par exemple : les transports en commun ou le vélo). Il s'agit d'un effet induit par l'attrait exercé par un service de haute qualité, de nature à concurrencer la voiture individuelle et à diminuer l'intérêt de son utilisation, voire à prendre son relais dans une perspective d'intermodalité par exemple.

Participer au développement économique et à la structuration du territoire

La création d'un transport collectif structurant participe au développement économique d'une ville, de certains quartiers existants ou à construire et contribue à la structuration du territoire. Une plus-value foncière est généralement constatée suite à la création d'axes forts de transport collectif. De nombreux exemples l'attestent. Dans certains cas, la construction d'une ligne structurante a précédé le développement et la revalorisation de certaines zones du territoire.

Contribuer à une diminution des nuisances environnementales

La création de systèmes de transports collectifs autorisant une plus grande capacité, une vitesse commerciale¹ plus élevée et favorisant le transfert modal permet de diminuer les émissions de CO₂, de polluants (NOx, CO, particules, hydrocarbures imbrûlés et autres) et la consommation énergétique globale. En outre, chaque système a ses caractéristiques propres, en matière d'émissions et de consommation énergétique (alimentation électrique et moteurs thermiques), de bruit et de vibrations (générés par la motorisation, les pneus ou les rails, le revêtement, les contraintes de circulation).

Construire une image forte du transport collectif

La création de systèmes de transport collectif structurants participe également à la création d'une image dynamique de celui-ci et s'exprime à travers un ensemble de petits détails qui « communiquent » sur le projet. Elle permet ainsi son appropriation par les usagers.

Augmenter la sécurité des déplacements

Tout transport collectif, en particulier structurant, doit viser une diminution de l'accidentologie, des incivilités, du sentiment d'insécurité. Tant le matériel roulant que la réalisation des stations, la conception des sites propres et les conditions de circulation doivent contribuer à créer des conditions favorables à la sécurité objective et subjective de tous : usagers des transports collectifs, mais aussi piétons, cyclistes, riverains, ...

Façonner une image positive de la ville et contribuer à la qualité de vie

Redonner une place centrale au transport collectif et limiter la congestion routière contribuent également à façonner une image dynamique de la cité. Plusieurs villes l'ont bien compris. La conception d'un espace public de grande qualité le long de tout le parcours de la ligne en relation avec une politique de mobilité favorable aux modes doux et une gestion volontariste du stationnement dans les centres sont de nature à recréer une qualité de vie susceptible d'attirer habitants et activités.

¹ Voir la définition de la vitesse commerciale au chapitre 3.



Freiburg (im Breisgau) : la qualité de l'espace alloué au transport collectif constitue un attrait supplémentaire en sa faveur. Source : ICEDD.



> 3. Caractéristiques d'un système de transport collectif structurant

Un système de transport collectif structurant va donc répondre à différents critères ou **performances**¹, souvent liés entre eux, qui s'expriment principalement en termes :

- de débit ;
- de fréquence ;
- de régularité et de ponctualité ;
- d'amplitude horaire ;
- de vitesse commerciale ;
- d'accessibilité ;
- de confort ;
- d'impact sur l'environnement ;
- d'image (identification, dénomination, ...) ;
- d'information en temps réel (communication) ;
- d'intermodalité.

Il se traduit par des exigences qui concernent à la fois les performances du **matériel roulant**, l'**exploitation** du système et l'**infrastructure** sur laquelle les véhicules vont circuler et les usagers accéder à ceux-ci. En voici quelques exemples.

Le type de matériel roulant retenu sera déterminant des performances du système à différents égards. Il permettra d'offrir la capacité nécessaire (capacité unitaire), de répondre aux besoins en matière d'accessibilité (concordance quai-plancher du véhicule) et de confort (équipement intérieur), de minimiser les temps d'arrêt (nombre de portes – temps d'ouverture et de fermeture des portes), de construire une image forte du transport collectif, d'avoir un impact minimum sur l'environnement, ...

¹ Toute ligne de transport collectif peut être caractérisée et évaluée sur base des paramètres précités. C'est le niveau d'exigence à atteindre qui distingue a priori un système structurant d'une ligne classique.

Quant aux infrastructures, elles seront aménagées de manière à garantir une vitesse commerciale élevée des véhicules de transport collectif et leur régularité, et nécessiteront donc une séparation des autres usagers avec la création de sites propres, la priorité aux croisements (carrefours à feux et giratoires, passages piétons), ... L'aménagement des quais répondra aux normes d'accessibilité et de confort des personnes à mobilité réduite. Ils seront équipés de systèmes d'affichage de l'information en temps réel et contribueront également à construire une image forte du transport collectif. Les sites propres participeront à la même image du système.



France : aménagement intérieur de tram. Source : viacites.org.

L'exploitation et la gestion des équipements vont également influencer les paramètres du système. Les fréquences de desserte, les distances entre arrêts, le mode de perception des titres de transport, le design, la communication, le développement du système satisferont également à un ensemble d'exigences précises.

Composantes

Certains paramètres sont autonomes et indépendants, par exemple la fréquence de desserte ou l'amplitude horaire. D'autres résultent de la synthèse de plusieurs paramètres, telles la capacité (ou débit), la régularité ou la vitesse commerciale. Ils sont dépendants du type de matériel roulant, du mode de gestion et d'exploitation et/ou des infrastructures.

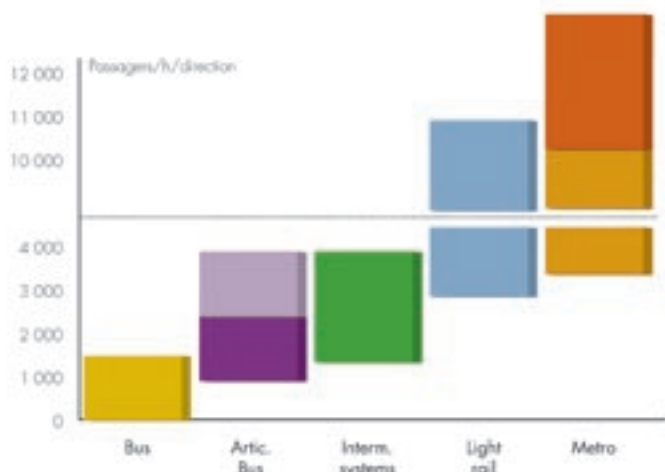
Le débit

Le débit du système est déterminé par le nombre de places offertes en période de pointe, par heure et par sens. Il dépend d'un ensemble de facteurs :

- de la capacité unitaire du matériel roulant, tenant compte de la norme de confort retenue, c'est-à-dire du nombre de passagers debout par mètre carré ;
- de la fréquence de passage ;
- de la vitesse commerciale ;
- de l'amplitude horaire.



Freiburg (im Breisgau) : le tram a une heure d'affluence. Source : ICEDD.



Capacité unitaire par mode de transport collectif. Source : UITP, novembre 2007.

Les deux derniers paramètres conditionnent toutefois davantage le débit total que le débit horaire. Cependant, comme on le verra plus loin, une vitesse commerciale élevée autorise des fréquences plus importantes.

Le débit constitue une référence importante, car c'est sur base des besoins estimés que sera déterminée la capacité du système à mettre en place. Ce critère est essentiel et orientera le choix d'un système.

Son dimensionnement¹ devra notamment éviter les problèmes de surcharge et tenir compte d'une évolution potentielle de la demande, avec une fréquence élevée, sachant qu'en site urbain, une trop grande fréquence peut poser des problèmes de priorité aux feux, diminuer la régularité et in fine la vitesse commerciale.

Signalons encore que le nombre de voyages par jour, dans les deux sens, constitue une donnée qui n'est pas significative du débit, puisqu'il s'agit d'un total calculé sur base des heures de pointe et des heures creuses, mais constitue un chiffre utile pour dimensionner un système.

Ainsi, à titre d'illustration, le débit² d'un système constitué de bus bi-articulés, circulant en site propre, est estimé par le Certu entre 1 000 à 3 000 passagers/heure/sens, celui d'un tramway entre 1 300 et 6 400 passagers/heure/sens, celui d'un métro classique entre 12 000 et 32 000 passagers/heure/sens.

La fréquence

La fréquence désigne, par définition, le nombre de passages de véhicules par unité de temps (en général : par heure). Cependant, dans le langage courant, il est admis d'appeler fréquence l'intervalle de temps, exprimé en minutes, entre deux passages de véhicules de transport collectif. Cette définition est utilisée dans le présent document.

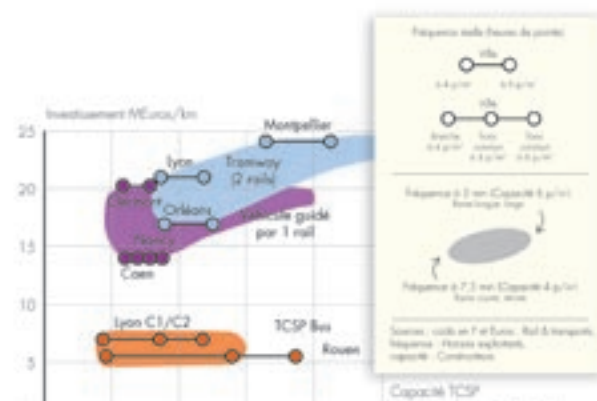
Elle influence directement le débit du système.

On distingue la fréquence en heure de pointe (HP) et en heure creuse (HC).

Chaque système autorise une fréquence maximum et possède un seuil critique, qui correspond au risque de constitution de trains de véhicules et engendre une diminution de la vitesse commerciale. Il est fonction principalement des difficultés de circulation éventuelles (selon que les véhicules se déplacent sur un site banal, un site partagé, un site propre franchissable, un site propre intégral), des temps d'arrêt, du type de véhicule utilisé, ...

C'est ainsi qu'on estime qu'en site banal, la fréquence admissible se situe entre 4 et 10 minutes, sur une voie réservée, elle est de 3 à 10 minutes, en site propre elle peut aller jusqu'à 2 à 5 minutes. Elle augmente jusqu'à 1 à 3 minutes dans le cas de métros. Signalons toutefois que les bus à haut niveau de service de Curitiba (Brésil) offrent une fréquence très élevée avec un passage toutes les 2 minutes, mais disposent de conditions de déplacement très favorables, incompatibles avec la structure de nos villes occidentales. En principe, la fréquence de passage d'un système de transport collectif structurant doit être au minimum de 5 à 10 minutes.

On estime qu'à partir d'une fréquence de 7 minutes il n'est plus nécessaire de connaître les horaires.



Coûts et capacité des Transports en Commun en Site Propre (TCSP). Source : UITP.

¹ Le dimensionnement d'un système dépend des couvertures spatiale et démographique envisagées. Des formules existent afin d'estimer celles-ci à partir du rayon d'influence du point d'arrêt (en général : 400 à 500 m pour les systèmes structurants de surface, et de 600 à 1000 m pour des systèmes enterrés (métros)) : origine et destination, et compte tenu de la population habitant ou se rendant (emploi, écoles, pôles d'activités) dans ces périmètres. Des courbes isochrones peuvent également être établies.

² Les fourchettes proviennent de la littérature et en particulier de l'ouvrage « Les modes de transport collectifs urbains. Eléments de choix par une approche globale des systèmes », Certu, Lyon, 2004. Elles se basent sur l'expérience de villes françaises. Les débits indiqués ne correspondent pas à la capacité du matériel roulant multiplié par le nombre de passages par heure. En effet, un facteur de pondération est appliqué par rapport à ce débit théorique. Il varie en fonction de deux éléments : les conditions de déplacement (site propre, site partagé ou site réservé) et la fréquence (la capacité n'augmentant pas exactement proportionnellement à la fréquence excepté dans le cas du métro qui ne rencontre pas d'obstacle à son déplacement). La situation particulière de chaque réseau est donc fondamentale dans l'estimation des débits. D'autres hypothèses peuvent être faites, qui admettent une occupation plus élevée (jusqu'à 6-7 personnes debout/m² à l'heure de pointe), et n'appliquent pas de facteurs de pondération, ce qui conduit, avec des véhicules identiques, à des débits plus élevés.

La régularité, la ponctualité

Ce facteur est indispensable pour garantir le respect de la fréquence de desserte et éviter les véhicules surchargés suite à un retard, suivis de véhicules vides ... mais également la fiabilité du temps de parcours pour les voyageurs. Le critère de régularité semble aussi important que celui de vitesse commerciale, car il permet de garantir, aux travailleurs comme aux étudiants ou à d'autres catégories d'usagers, la ponctualité nécessaire par rapport à leurs obligations.

La régularité et donc la ponctualité dépendent dans une faible mesure du matériel roulant, via le temps nécessaire au chargement – déchargement des usagers, celui-ci étant lié au nombre de portes et à leur répartition sur le véhicule. Mais le choix d'un type de matériel plutôt qu'un autre n'est pas déterminant car tous peuvent être adaptés pour atteindre le même niveau de performance à cet égard.

La régularité dépend surtout des conditions de circulation et nécessite donc la création de sites propres et de priorités totales aux carrefours, dont le nombre doit être réduit au minimum, quelque soit le système retenu.

L'amplitude horaire

Un système de transport collectif structurant doit couvrir des plages horaires importantes, soit environ 17 heures/jour. Il fonctionne en moyenne de 5h30 à 0h30 ... voire 24h/24.

La vitesse commerciale

La vitesse commerciale correspond à la vitesse moyenne de circulation d'un bout à l'autre de la ligne¹. Elle s'exprime en km/h. Elle dépend d'un ensemble de paramètres :

- la distance moyenne entre les arrêts ;
- le temps d'arrêt, nécessaire à l'embarquement-débarquement des passagers. Pour atteindre de bonnes performances, il faut notamment réaliser un accostage parfait, permettre l'accès au véhicule par plusieurs portes, en fonction de la longueur et de la capacité du véhicule, ...
- la vitesse moyenne de déplacement, considérablement influencée par la densité de circulation en dehors des sites propres, le nombre de carrefours et les mesures de priorité prises en faveur du transport collectif. Le pourcentage de sites propres dépend de chaque configuration, il doit cependant être le plus élevé possible en zone urbanisée et viser les 100 % ;

¹ La vitesse commerciale est celle qui intéresse le voyageur. Elle doit être distinguée de la vitesse d'exploitation qui est la vitesse moyenne de déplacement entre le départ du véhicule et son retour au terminus. Celle-ci sert à dimensionner les parcs de véhicules.



- la vitesse maximale autorisée : zone 70, zone 50 ou zone 30, zone piétonne, compte tenu de la distance entre arrêts ;
- les performances cinématiques du matériel roulant, mais ce critère est peu déterminant en site urbain puisque la vitesse maximum autorisée sera nécessairement inférieure aux performances des véhicules ;
- du mode de vente et de validation des titres de transport : idéalement automatisé et en dehors du véhicule.

Il s'agit d'un critère important pour la clientèle. En effet, le gain obtenu sur le temps de parcours est une conséquence directe de l'augmentation de la vitesse commerciale. Celle-ci a un impact économique non négligeable sur l'exploitation, puisque le nombre de véhicules nécessaires pour exploiter la ligne dépend du temps nécessaire pour la parcourir d'un bout à l'autre.

Suivant la littérature, la vitesse commerciale est estimée à 10-20 km/h pour des lignes d'autobus se déplaçant en site banal et avec une interstation de 300 m. Elle monte à 15-20 km/h dans le cas de lignes d'autobus en site partagé ou propre et avec une interstation de 300 à 500 m. Elle atteint 18-25 km/h avec des systèmes guidés ou des systèmes tramways et une interstation variant entre 400 et 500 m. Dans le cas de systèmes métro, elle est de 25 à 35 km/h, l'interstation étant alors en moyenne de 700 à 800 m !

L'accessibilité

Elle est obtenue par la réduction des lacunes horizontales et verticales entre le matériel et les quais d'embarquement-débarquement.

Il s'agit d'un critère important pour permettre un accès à tous les usagers : personnes handicapées ou simplement encombrées. De plus, l'accessibilité contribue aussi à améliorer la vitesse commerciale, car elle permet de minimiser le temps d'arrêt.

Les différents systèmes existants montrent une préoccupation certaine pour rencontrer ce critère.

L'accès aux quais : largeur, hauteur, pentes, doit répondre aux critères d'accessibilité, prescrits notamment par la législation.

Signalons en outre que l'accessibilité concerne également la signalétique d'accès et les itinéraires vers les points d'arrêts.

Tous les véhicules susceptibles d'être utilisés dans un système structurant à haut niveau de service sont équipés de planchers bas.

Le confort

Le confort des usagers se traduit à partir de plusieurs aspects :

- un standard d'occupation fixé à 4 personnes/m² debout, 6 personnes/m² pouvant être admises à l'hyper-pointe, pendant une période relativement courte. Ce critère lie directement le confort au débit du système à l'heure de pointe ;
- l'aménagement intérieur des véhicules propose un nombre élevé de places assises, un bon confort des sièges, de la ventilation et de la climatisation. Le bruit sera faible et le système produira peu de vibrations ;
- les stations permettent d'accueillir confortablement toutes les personnes présentes sur les quais, avec des places assises en suffisance. Les quais sont couverts, bénéficient d'un éclairage adapté, d'une bonne protection au vent, du mobilier urbain utile, ... Une largeur de 3 m¹ est requise pour un quai latéral, de 3 à 4 m pour un quai central. Elle est déterminée par le type de matériel roulant (interdistance entre les portes). La longueur du quai est également fonction du type de matériel roulant retenu et du nombre de véhicules pouvant s'y arrêter en même temps.

Les normes d'occupation, l'équipement du véhicule, l'aménagement de l'arrêt doivent donc permettre d'obtenir un confort optimal.



Nantes : plancher-quai. Source : SRWT.

¹ La largeur d'1,5 m des abris proposés par la SRWT, auxquels on ajoute la largeur de passage imposée par le CWATUPE, conduisent à une largeur de quai de 3 m.



L'impact environnemental

Par définition, un système structurant contribue fortement à limiter l'impact environnemental de la circulation motorisée en centre-ville et donc à diminuer globalement la pollution atmosphérique, les émissions de CO_2 et la consommation énergétique. De plus, l'absence d'obstacles à la progression des véhicules de transport public, comme par exemple les croisements (carrefours à feux, giratoires), très pénalisants s'ils ne sont pas diminués en nombre ou bien si la priorité absolue TC n'est pas d'application, a également une influence très importante sur leur consommation propre. Il s'agit d'un des bénéfices essentiels générés.

En outre, le choix d'un système structurant parmi d'autres mettra en évidence un impact plus ou moins important sur les éléments suivants :

- le bruit généré par le véhicule : accélération, décélération, freinage, bruit de roulement ;
- les vibrations produites par le passage du véhicule ;
- la pollution atmosphérique, nocive pour la santé des habitants et des usagers des transports publics, mais aussi plus globalement de l'espace public, dont les piétons, les cyclistes, ...
- les émissions de CO_2 , responsables de l'effet de serre et du réchauffement climatique, directement liées au type d'énergie utilisée par le véhicule et à sa consommation ;
- la consommation énergétique et le possible épuisement de leurs sources.



Approvisionnement au gaz naturel. Source : Médiathèque de la Commission européenne.

Ces éléments dépendent surtout du matériel roulant, de son mode de propulsion, mais également de l'infrastructure et des conditions de déplacement (type de revêtement, accélérations et freinages aux carrefours, ...).

Par exemple, pour limiter la pollution atmosphérique et le bruit dans les zones traversées, les systèmes à traction électrique sont plus adéquats que ceux à moteur thermique. Les émissions de CO_2 des véhicules électriques dépendent toutefois de l'énergie primaire de la centrale : nucléaire ou ... charbon ? C'est un vaste débat. En termes de vibrations, les véhicules sur pneus sont plus doux et plus souples que les véhicules sur rails ... mais le type de revêtement aura aussi un impact sur le bruit.

L'image

Dans notre société, où la voiture occupe une place prégnante, l'attrait et le succès d'un système de transport collectif structurant dépendent également de l'image que celui-ci renvoie directement. En plus des critères précédents, qui concourent aussi à son identification, celle-ci s'exprime également à travers :

- le design du véhicule : sa forme, la surface de vitrages, la lumière qui y pénètre et les vues qu'il permet. A cet égard, les constructeurs rivalisent aujourd'hui d'imagination pour donner au transport collectif une image forte, qu'il s'agisse du tramway comme actuellement de l'autobus ou du trolleybus ;
- l'identification du système et des lignes qui en font partie ;
- le logo qui le représente ;
- le design, les matériaux, les couleurs des aménagements de sites propres et des stations, l'éclairage, le jalonnement, les équipements pour les piétons, ...
- la facilité d'utilisation du système : tarification, billettique, ...
- l'information en continu des voyageurs ;
- les campagnes d'information préalables au démarrage des travaux, au lancement de la ligne et durant les premières années de vie de celle-ci.



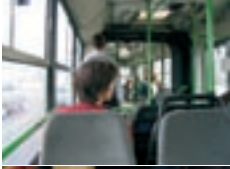
Paris : tram sur site propre. Source : ICEDD.

Un système de transport collectif structurant en quelques chiffres et en quelques mots-clés

	INDICATEURS D'UN STCS-HNS ¹	ÉLÉMENTS D'APPRÉCIATION (QUALITATIFS OU QUANTITATIFS)
	Niveaux de débit	1 000 - 3 000 passagers/heure/sens minimum
	Fréquence	Heure de pointe (HP) : 2 – 6 minutes Heure creuse (HC) : 7,5 – 15 minutes
	Amplitude horaire	17 heures minimum : en moyenne de 5h à 24h
	Régularité / ponctualité	+++
	Vitesse commerciale	> 18 km/h
	Confort : véhicules et stations	4 pers/m ² , ventilation, climatisation, ...
	Accessibilité : véhicules et stations	Accessibilité quai – plancher du véhicule Accessibilité station pour PMR
	Impact environnemental	Bilan globalement positif En fonction du matériel roulant choisi : voir au cas par cas
	Image	Design, logo, identification, numérotation, couleurs, ...

¹ STCS-HNS : Système de Transport Collectif Structurant à Haut Niveau de Service.

Répondre à ces exigences : le matériel roulant, l'exploitation et les infrastructures

	PARAMÈTRES D'UN STCS - HNS	ÉLÉMENTS QUI VONT INFLUENCER LES PERFORMANCES DU SYSTÈME		
		MATÉRIEL ROULANT	EXPLOITATION	INFRASTRUCTURE
	Débit	X	X	X
	Fréquence		X	X
	Amplitude horaire		X	
	Régularité : ponctualité	X	X	X
	Vitesse commerciale		X	X
	Confort : véhicules et stations	X	X	X
	Accessibilité : véhicules et stations	X		X
	Impact environnemental : émissions, consommations, bruit, vibrations	X		X
	Image	X	X	X





Trolleybus (Nancy) sur section non guidée – Tram (Karlsruhe) – Busway (Nantes). Sources : ICEDD, SRWT.

> 4. Les réponses possibles : différents types de matériel roulant envisageables

Sur base des critères définissant un système de transport collectif structurant, chaque type de matériel roulant doit être appréhendé en regard de ses performances propres, afin de pouvoir déterminer ensuite, à partir du contexte local et des besoins à satisfaire, la solution - infrastructure – matériel roulant – exploitation - qui offrira le meilleur rapport qualité-prix.

Familles de matériel

On distingue deux grandes familles de véhicules de transports collectifs urbains : les **véhicules sur pneus** et les **véhicules ferrés**.

Parmi les véhicules sur pneus, certains sont à moteur thermique : ce sont les autobus, et d'autres à alimentation électrique par un réseau aérien bifilaire : il s'agit des trolleybus.

Les véhicules ferrés sont essentiellement constitués des tramways, des métros, des tram-trains. Ils sont à alimentation électrique et circulent sur des rails.

Un certain nombre de **véhicules intermédiaires** ont été mis au point ces dernières années afin de mieux répondre à des besoins spécifiques. Ils ont en commun l'existence d'une fonction de guidage, de type matériel ou non (dans l'esprit du tramway), associé à un roulement sur pneumatiques (hérité de l'autobus). Il s'agit en particulier des véhicules sur pneus guidés et des tramways sur pneus. Ils se situent en quelque sorte entre les véhicules sur pneus et les véhicules ferrés, tentant de tirer parti en même temps des avantages des uns et des autres, sans en subir les inconvénients. Ils constituent une troisième famille de véhicules, quoique peu répandue encore à l'heure actuelle. Mais la frontière entre l'autobus guidé et l'autobus non guidé est faible, d'autant que dans certaines applications les autobus disposant d'un système de guidage ne fonctionnent en mode guidé que sur une petite partie de leur itinéraire, à l'approche et le long des quais d'embarquement-débarquement des passagers.

Ainsi, parmi l'ensemble des solutions possibles en matière de modes de transport collectif, et dans la perspective de la création de systèmes structurants, sept types de matériel roulant vont être décrits en regard de leurs caractéristiques géométriques, de leurs performances, de leurs contraintes, et finalement de leurs points forts et de leurs points faibles.

Il s'agit des :

- **Systèmes routiers non guidés**
 - Autobus (moteur thermique)
 - Trolleybus (alimentation électrique)
- **Systèmes guidés sur pneus**
 - Autobus guidé (moteur thermique)
 - Trolleybus guidé (alimentation électrique)
 - Tramway sur pneu (alimentation électrique)
- **Systèmes ferrés**
 - Tramway (ou tram) (alimentation électrique)
 - Tram-train (alimentation électrique)
 - Métro¹ (pour mémoire - alimentation électrique)

L'option a été prise de se limiter ici à distinguer les matériels en fonction de leur déplacement (routier ou ferré) et de leurs modes de propulsion (thermique ou électrique). Nous nous limiterons à ces grandes catégories afin de ne pas complexifier davantage la présentation des informations.

Cependant, parmi les véhicules à moteur thermique, on peut distinguer les véhicules qui roulent au gaz et au diesel². Ils ont un grand nombre de caractéristiques communes mais possèdent aussi des spécificités : en matière environnementale en particulier. En outre, des systèmes hybrides, diesel-électrique par exemple, sont en cours de développement et constituent des solutions très intéressantes. Signalons également que plusieurs modes de guidage existent, qui possèdent également des caractéristiques particulières.

¹ Mais il existe aussi des métros sur pneus ...

² Nous nous sommes limités ici aux carburants les plus utilisés, mais des carburants alternatifs connaissent actuellement un développement certain.

Tableaux comparatifs

Des tableaux de synthèse sont proposés ci-après. Ils permettent des comparaisons entre les caractéristiques et les performances des différents matériels roulants. Ils permettent également de faire la part des choses quant à leur dépendance envers les deux autres paramètres des systèmes, à savoir l'infrastructure et l'exploitation. Il n'a pas toujours été possible de disposer d'une information parfaitement homogène. C'est pourquoi dans certains tableaux et dans le texte apparaît la mention « n.d. » qui signifie « non disponible ».

En résumé, l'autobus présente l'avantage de son coût et de sa souplesse mais souffre encore d'une image faible et présente des limites de capacité.

Par rapport à l'autobus, le trolleybus est un peu moins souple, puisque lié à son système d'alimentation, avec une latitude d'environ 4 m, mais il est plus propre et plus silencieux, toutefois son impact visuel est

plus important. Certains considèrent que celui-ci en accroît la visibilité et contribue par ailleurs à un effet « structurant » dans la ville. Il est également plus cher à l'achat.

Guidés, l'autobus et le trolleybus présentent une accessibilité parfaite et un plus grand confort, surtout s'agissant d'un guidage immatériel, mais apportent quelques contraintes en matière de structure de la chaussée, celle-ci étant davantage encore sujette à l'orniérage, et représentent un coût plus élevé.

Le tramway sur rail offre une plus grande capacité d'accueil, une image forte due à son look différent, mais que les autobus de nouvelle génération concurrencent petit à petit, un côté structurant par son ancrage au sol. Son coût élevé, tant en termes d'aménagement d'infrastructures que de matériel roulant, conduit à l'envisager uniquement dans des contextes où sa capacité répond aux besoins.

Caractéristiques techniques du matériel roulant

	AUTOBUS	TROLLEYBUS	AUTOBUS GUIDAGE IMMATÉRIEL ¹	TROLLEYBUS GUIDAGE RAIL CENTRAL ²	TRAMWAY SUR PNEUS ³	TRAMWAY	TRAM-TRAIN ⁴	MÉTRO
LONGUEUR (M)	12 - 18 - 24		18 - 24,5	24,5	25 - 46	20 - 40 ⁵	37	50 - 75
LARGEUR (M)	2,55				2,2	2,3 - 2,65	2,65	variable
CAPACITÉ UNITAIRE (NOMBRE PERS.) - 4 PERS/M ²	70 - 110 - 150		110 - 150	145	127 - 255	130 - 260	240	350 - 570
EMPRISE VOIE DOUBLE (M)	7		6,4	6,2	5,4	5,4 - 6,2	n.d.	n.d.
EMPRISE COURBE (M)	10 - 11		10-11	7,5	6,8	6,6 - 7,2	n.d.	n.d.
RAYON DE GIRATION (M)	12		12	12	11,8	20 - 30	23	n.d.
PENTE ADMISSIBLE (%)	13 ⁶					6-10 ⁷	7	5 - 8
STRUCTURE CHAUSSÉE	Traitement anti-orniérage aux arrêts et sur sites propres étroits		Traitement anti-orniérage nécessaire sur tronçons guidés			Hauteur plate-forme importante Risques de déchausser les pavés...		n.d.
TERMINUS	Boucle de retournement nécessaire				Pas besoin de boucle de retournement			

Performances du système*

	AUTOBUS	TROLLEYBUS	AUTOBUS GUIDAGE IMMATÉRIEL	TROLLEYBUS GUIDAGE RAIL CENTRAL	TRAMWAY SUR PNEUS	TRAMWAY	TRAM-TRAIN	MÉTRO
VITESSE COMMERCIALE (KM/H) ⁸	15 - 25							25 - 35
FRÉQUENCE EN INTERVALLES (MIN) HP	2 - 6							1 - 3
DÉBIT (NB PERSONNES/H/SENS) ⁹	1 000 - 3 000				1 000 - 4 000	2 500 ¹⁰ - 6 400 ¹¹	7 000 ¹²	12 000-32 000
NOMBRE DE VOYAGES/JR/2 SENS	25 000 - 35 000		25 000 - 50 000		25 000 - 80 000	40 000 - 100 000	n.d.	100 000 - 400 000

* Hypothèses de conditions de circulation et d'exploitation identiques car interactions matériel roulant - infrastructure - exploitation.

¹ Type Civis/Agora (système Siemens) ou Philéas.

² Type TVR (Bombardier).

³ Type Translohr (Lohr).

⁴ Type Sarreguémès-Sarrebrück (Bombardier).

⁵ Souvent par pas de 10 m.

⁶ Limite de confort des usagers. 15% sont admissibles localement.

⁷ Selon le taux de motorisation. Exemple : Cityrunner de Bombardier : 7 %, Citadis 300 de Alstom : 9-10 %. La pente est généralement limitée à 7,5 %.

⁸ En zone urbaine.

⁹ Chiffres proposés par le Certu.

¹⁰ Pour un véhicule de 40 m

¹¹ Peut doubler si accouplement de rames.

¹² Source : Exemple du tram-train de Sarreguémès-Sarrebrück

■ Au Brésil, le réseau de Curitiba

... est devenu une référence en matière de transport public. Celui-ci est parfaitement intégré à la planification urbaine. Ainsi, dès les années septante, les lignes principales ont été réalisées en site propre, développant le concept « d'arrêt-tube », réservé à ces lignes structurantes, offrant une interface quai-bus très efficace, avec billetterie en dehors du véhicule.

Les interstations peuvent dépasser le kilomètre. Les fréquences sont élevées et peuvent atteindre la minute et transporter jusqu'à 15 000 voyageurs/h/sens. Les véhicules sont des bus bi-articulés. Un réseau secondaire vient se greffer sur le réseau primaire.

■ À Nantes, le « Busway »

... est la quatrième ligne structurante du réseau de transport collectif nantais. Il a été conçu en lieu et place d'une ligne de tramway prévue initialement, et ce, après la réalisation de trois lignes de tramway, pour une meilleure adéquation entre le coût et la fréquentation attendue. Il a été réalisé avec les mêmes exigences que pour un tramway, à savoir, un site propre sur la quasi-intégralité de l'itinéraire, une gestion des carrefours donnant la priorité au bus, la création de stations couvertes et complètement équipées, la réorganisation du réseau de bus, l'utilisation de véhicules avec un look spécifique, ...

Opérationnelle depuis 2006, la ligne fait 7 km de long et dispose de 15 stations. Mi-2007, elle transportait 22 500 voyageurs/jour/2sens. À l'heure de pointe, la fréquence est de 3,5 minutes. La vitesse commerciale est estimée à 21 km/h et l'amplitude horaire varie de 5h30 à 0h30. Quatre parcs-relais, totalisant 830 places, ont été réalisés en connexion avec la ligne. Le succès de celle-ci est tel que les fréquences et la capacité du bus devront sans doute être augmentées.



Brésil : Arrêt-tube Curitiba. Source : wikimedia.org

L'AUTOBUS

L'autobus est un véhicule sur pneus, susceptible de se déplacer sur toute infrastructure routière adaptée à son gabarit. Décliné comme système de transport collectif structurant, il est appelé en France « Bus à haut niveau de service » ou BHNS, en Amérique du nord « Bus Rapid Transit » ou BRT. Ce concept n'est pas normatif et recouvre des réalités variées en fonction des contextes locaux. Intégré dans une démarche « système », le confort de l'autobus est proche de celui offert par le transport par rail.

L'appellation « Ligne À Haut Niveau de Service » (LAHNS), adoptée à Lille, est aussi, voire plus intéressante que celle de BHNS, car elle intègre mieux l'idée de système et dépasse celle d'un matériel. Elle est susceptible de s'appliquer alors à divers types de matériel roulant, pour autant qu'ils répondent aux critères présentés au chapitre précédent.

Points forts – points faibles

- + gravité des pentes plus fortes que des véhicules sur rails ;
- + moins exigeant en terme d'espace pour des manœuvres qu'un tramway ferré ;
- + son site peut toujours être reconverti ultérieurement en tramway si le besoin s'en fait sentir (pour autant que les contraintes techniques de celui-ci soient compatibles avec les lieux) ;
- + souplesse en cas de travaux, d'accident ou d'incident sur son parcours ;
- + meilleur confort de roulement qu'un véhicule sur rail ;
- + plus silencieux et moins de vibrations que les systèmes ferrés ;
- capacité limitée ;
- image et visibilité moins forte. Le BHNS doit se distinguer des autres autobus, à la fois au niveau du véhicule lui-même, de l'aménagement des sites propres, de sa dénomination, de la numérotation des lignes, de son logo, ... ;
- l'avantage de sa souplesse peut se transformer en inconvénient puisque une plus grande discipline est nécessaire de la part des autorités afin de faire respecter les sites partagés ;
- pollution locale, toutefois en régression.



Nantes : Busway. Source : SRWT.

LE TROLLEYBUS

Le trolleybus est un véhicule sur pneus, dont le déplacement est dépendant de son alimentation électrique par deux lignes de contact aériennes. Il possède une certaine liberté latérale de circulation (environ 4 mètres), lui permettant de s'insérer dans le trafic sans difficulté ou d'éviter un obstacle ponctuel.

Beaucoup de trolleybus sont équipés d'un moteur thermique auxiliaire, utilisé pour se déplacer à vitesse réduite lors de courtes déviations dues à des travaux ou pour des manœuvres de garage. En dehors de son mode d'alimentation, qui a des conséquences en termes d'impact environnemental et de contraintes de déplacement, le trolleybus possède les mêmes caractéristiques que l'autobus.

Décliné comme système de transport collectif structurant, il est également considéré en France comme « Bus à haut niveau de service » ou BHNS.

Points forts – points faibles

- + gravit des pentes plus fortes que des véhicules sur rails ;
- + moins exigeant en termes d'espace pour des manœuvres qu'un tramway ferré ;
- + son site peut toujours être reconverti en tramway (pour autant que les contraintes techniques de celui-ci soient compatibles avec les lieux) ;
- + plus silencieux ;
- + non polluant localement ;
- + souplesse de l'accélération ;
- + excellent rendement, donc faible consommation d'électricité ;
- +/- souplesse (mais relative : 4 m latéralement, sauf si bi-mode) en cas de travaux, d'accident ou d'incident sur son parcours, mais nécessite plus de discipline afin de faire respecter les sites partagés ;
- capacité limitée ;
- image et visibilité moins forte qu'un véhicule sur rail, ce qui nécessite une identification particulière des véhicules (type, couleur, équipement), de la dénomination, du logo, de l'aménagement des sites propres ;
- impact visuel des lignes bifilaires à gérer au niveau de l'aménagement paysager ;
- les caténaires ne sont pas récupérables en cas de passage à la technique tramway.



Lyon : Trolleybus. Source : ICEDD.

Les trolleybus sont encore largement répandus en Suisse (14 villes), qui en possède le plus grand nombre en Europe de l'Ouest.

Ils avaient presque totalement disparu en France, lorsque, conjointement, Lyon, Limoges et Saint-Étienne décidèrent d'investir de nouveau dans ce type de matériel roulant.

■ La Ville de Lyon

... (1 350 000 habitants) possède le plus grand réseau de trolleybus de France. Le réseau lyonnais de transport en commun est caractérisé par sa grande diversité de modes : métro, tramway, trolleybus, bus et funiculaire. La Ville de Lyon a décidé de privilégier les modes électriques parce qu'ils sont propres.

Outre les lignes de métro, le réseau prévoit le développement de onze lignes « fortes », c'est-à-dire répondant à des exigences élevées en termes de fréquence, de temps de parcours, de régularité, de sécurité, de confort.

Parmi celles-ci, trois lignes sont (ou vont) être desservies par des trolleybus. Elles totaliseront 30 km. Un enjeu important concerne la vitesse commerciale, nécessitant les aménagements classiques : sites propres, dont un site propre alterné, priorités aux carrefours, ... Un soin particulier a été attaché à l'identification de la ligne, au design du véhicule et des arrêts, à l'aménagement intérieur du véhicule, à l'information. Le guidage optique est envisagé pour l'avenir.

La fréquence est de 5 à 10 minutes et l'amplitude horaire de 5h30 à 0h30. La première ligne a été mise en service en 2006, les trois lignes devraient être opérationnelles d'ici 2010.



■ À Eindhoven

... (210 000 habitants, agglomération de 700 000 habitants), le choix s'est porté sur un système avec des véhicules à guidage électromagnétique. Le véhicule est équipé de plots magnétiques qui permettent le guidage électronique et un accostage très précis. Le véhicule est le plus souvent un bus articulé. Un seul bus bi-articulé fait partie de la flotte. La traction est hybride (GPL et électrique).

Huit lignes sont prévues et actuellement deux lignes sont réalisées. La ligne de 13 km comporte 6 km de sites propres et est équipée de 30 arrêts. La ligne de 9 km dispose de sites propres sur l'essentiel de son parcours et de 13 arrêts. Ce projet a été mis en service en 2004.

■ À Rouen

... (389 000 habitants) la Ville a pris la décision de passer au Bus à Haut Niveau de Service, après une première phase de tramway, en service depuis 1994. En effet, poursuivre avec ce mode de transport avait été jugé trop coûteux et pas indispensable, eu égard au nombre de passagers attendus sur ces lignes.

Appelées « TEOR » (Transport Est Ouest Rouennais), ces trois lignes, desservant 150 000 habitants et de nombreux pôles d'activités, totalisent 38 km avec un tronc commun de 4 km, et disposent d'un guidage optique utilisé pour toutes les approches de stations. Ce système, qui consiste à suivre la trajectoire marquée au sol, permet un accostage de plain-pied. Le conducteur peut, si nécessaire, à tout moment quitter celle-ci.

52 stations de 20 m ou de 35 m de long sont réparties le long des trois lignes de TEOR. Elles sont équipées d'un abri, d'afficheurs dynamiques de temps d'attente, ... La hauteur des quais est de 31 cm. La fréquence est de 2 minutes et la vitesse commerciale estimée de 19 km/h. Ce système a été mis en service dès 2002 et s'est étendu petit à petit.



L'AUTOBUS GUIDÉ

L'autobus guidé est un autobus équipé d'un système de guidage immatériel (optique par caméra ou électromagnétique par aimant) ou matériel (mécanique par rail central), permettant ainsi un accostage précis, au ras du quai et donc de plain-pied pour une accessibilité optimale.

Il s'agit de techniques récentes, connaissant encore peu d'applications. À ce jour, trois constructeurs proposent des véhicules guidés, mais seulement deux concernent les autobus et proposent un guidage immatériel.

Les systèmes à guidage immatériel peuvent circuler en mode guidé et non guidé. Il est donc possible de quitter le mode guidé et de s'écarter de sa trajectoire pour éviter un obstacle par exemple.

Points forts – points faibles

- + gravit des pentes plus fortes qu'un véhicule sur rails ;
- + moins exigeant en termes d'espace pour des manœuvres qu'un tramway ferré ;
- + son site peut toujours être reconverti ultérieurement en tramway (pour autant que les contraintes techniques de celui-ci soient compatibles avec les lieux) ;
- + légèreté et simplicité des installations nécessaires ;
- + bon confort dû au guidage immatériel et au roulement sur pneus ;
- + plus silencieux que les systèmes ferrés, en particulier dans les courbes ;
- + excellente accessibilité pour les personnes à mobilité réduite ;
- +/- l'avantage de la souplesse d'un guidage immatériel en cas de travaux, d'accident ou d'incident peut se transformer en inconvénient puisqu'une plus grande discipline est nécessaire de la part des autorités afin de faire respecter les sites partagés ;
- capacité limitée ;
- image et visibilité moins forte qu'un tramway, ce qui nécessite de pouvoir le distinguer des autobus classiques (type, couleur, équipement), par un aménagement spécifique des sites propres, une identification particulière de la ligne, ...
- nécessite la réalisation d'une plate-forme antiornièrage¹ sur tout ou partie de l'itinéraire ;
- pollution locale et consommation relativement élevées ;
- le guidage immatériel fait l'objet d'un brevet ; l'exploitant est donc prisonnier du système qu'il a choisi.

¹ Le passage de ces véhicules, toujours au même endroit, produit en raison de leur poids élevé une déformation longitudinale du revêtement appelée ornière. Pour éviter celle-ci, un renforcement de la structure de la chaussée doit être prévu.

LE TROLLEYBUS GUIDÉ

Le trolleybus guidé est un trolleybus équipé d'un système de guidage immatériel (optique par caméra, ou électromagnétique par aimant) ou matériel (mécanique par rail central), permettant ainsi un accostage précis, au ras du quai et donc de plain-pied, avec une accessibilité optimale. Il s'agit de techniques récentes, connaissant encore peu d'applications. À ce jour, trois constructeurs proposent des véhicules guidés.

Les systèmes à guidage immatériel peuvent circuler en mode guidé et non guidé, les autres sont guidés en permanence, sauf sur quelques tronçons précis. En cas de guidage immatériel, il est possible de quitter le mode guidé et de s'écarter de sa trajectoire pour éviter un obstacle par exemple.

Points forts – points faibles

- + gravit des pentes plus fortes que des véhicules sur rails ;
- + moins exigeant en termes d'espace pour des manœuvres qu'un tramway ferré ;
- + son site peut toujours être reconverti en tramway (pour autant que les contraintes techniques de celui-ci soient compatibles avec les lieux) ;
- + en cas de guidage immatériel, légèreté et simplicité des installations nécessaires ;
- + la précision de l'accostage permet de réduire le profil dans les tronçons guidés ;
- + le confort de roulement d'un véhicule sur pneus est un peu meilleur que celui d'un véhicule sur rail ;
- + plus silencieux qu'un autobus ;
- + non polluant localement ;
- +/- souplesse en cas de travaux, d'accident ou d'incident sur son parcours si guidage immatériel, mais impose plus de discipline afin de faire respecter les sites partagés ;
- capacité limitée ;
- image et visibilité moins forte, ce qui nécessite de pouvoir le distinguer des autres trolleybus, de personnaliser l'aménagement des sites propres, la dénomination, le logo, ...
- ces nouveaux systèmes doivent parfois faire l'objet d'améliorations (surtout les systèmes à guidage matériel). Exemples : déraillement, usure précoce des galets, déguidage ...
- nécessite la réalisation d'une plate-forme antiornièrage ;
- impact visuel des caténaires ;
- les caténaires ne sont pas récupérables en cas de passage à la technique tramway ;
- le guidage immatériel fait l'objet d'un brevet ; l'exploitant est donc prisonnier du système qu'il a choisi.



Nancy : tramway sur pneus. Source : wikimedia.org.

■ Nancy

... (270 000 habitants) a choisi un système par guidage matériel. Ainsi, le véhicule sur pneu est guidé par un rail central sur l'essentiel de son itinéraire. Nancy disposant au préalable d'un réseau de trolleybus, les lignes aériennes de contact ont été réutilisées.

Le réseau comporte actuellement une ligne, totalisant 11 km et disposant de 28 stations, soit 400 m d'interstation, ce qui est peu pour atteindre une bonne vitesse commerciale. Celle-ci est estimée à 15 km/h. L'itinéraire dispose de sites protégés sur 8,3 km. La fréquence est de 5 minutes à l'heure de pointe et de 10 minutes en heure creuse. Le nombre de voyageurs transportés est évalué à 50 000/jour/2sens.

Le système a été mis en service dès 2002, mais a connu divers problèmes techniques durant les premières années. Ceux-ci semblent aujourd'hui résolus. Une seconde ligne est à l'étude pour une mise en service prévue en 2011.

■ Caen

... (200 000 habitants) a opté pour le même système. Il peut fonctionner selon quatre modes : mode électrique guidé, mode électrique routier, mode diesel guidé, mode diesel routier (comme un bus). Mise en service fin 2002, la ligne, de 15,7 km, comporte un tronc commun et deux antennes à chaque extrémité. Elle dispose d'une infrastructure dédiée et protégée partout et est équipée de 34 stations (interstation : 500 m). Le véhicule est guidé de terminus à terminus et non guidé dans le dépôt. La fréquence est de 3 à 5 minutes à l'heure de pointe et le débit de 3 000 personnes/h/sens. La vitesse commerciale est de 18,5 km/h et le service assuré de 5h à 0h30.





Clermont-Ferrand : tramway sur pneus. Source : agoravox.fr.

Les exemples de tramways sur pneus sont encore très rares.

■ Clermont-Ferrand

... (258 000 habitants) dispose depuis 2006 d'une première ligne, en service sur 10 km. À terme, elle atteindra 14 km, desservira 31 stations et concernera alors 75 000 habitants et 54 000 emplois, 20 000 étudiants et 17 000 scolaires.

La fréquence est de 6 minutes et la capacité de 55 000 passagers/jour/2 sens. Elle est articulée avec la ligne forte de bus « Leo 2000 », qui est desservie par un autobus à guidage matériel.

■ La Ville de Padoue

... dispose depuis 2007 d'une première ligne de 10 km (trois sont prévues). Grâce à un pack de batteries embarquées, la traversée de la place centrale de la ville est assurée sans caténaire.

■ **Tianjin** (Chine) a fait le choix du même type de matériel. Une première ligne est également opérationnelle depuis 2007. **Mestre** (Venise), **Shanghai** et **Sarcelles** ont commandé ce type de matériel et prévoient une mise en service vers 2010.

LE TRAMWAY SUR PNEUS

Le tramway sur pneus est un véhicule de transport en commun intermédiaire. En effet, il roule sur la chaussée avec des pneumatiques et est guidé, sur tout son parcours, par un rail central, non débrayable. Il est à traction électrique mais peut circuler sur batteries là où les câbles aériens sont gênants. L'appellation tramway est discutable, ce terme désignant a priori du matériel se déplaçant sur des rails. Mais sa longueur dépasse 25 m : maximum autorisé par le code de la route, il n'est donc plus considéré comme un véhicule routier.

Ce système connaît encore peu de développements et est actuellement proposé par un seul constructeur¹.

Points forts – points faibles

- + moins exigeant en termes d'espace pour des manœuvres qu'un tramway ferré ;
- + nécessite un faible rayon de giration et franchit de fortes pentes (comme tous les véhicules sur pneus) ;
- + moins de vibrations qu'un système ferré ;
- + bon confort de roulement, conduite souple ;
- + non polluant localement ;
- + image et visibilité assez bonnes ;
- + travaux d'infrastructures réduits par rapport à un tramway sur rail car matériel plus léger : profondeur de la plate-forme moindre (30 cm) ;
- + excellente accessibilité point de vue accostage, lacune horizontale très faible ;
- + bidirectionnalité, pas de boucle de retournement à prévoir ;
- nécessite la réalisation d'une plate-forme antiornièrage ;
- exigeant sur la planéité de la chaussée, due à la faible garde au sol ;
- nouveau système : peut encore nécessiter des ajustements ;
- ne peut rouler sur la chaussée ;
- nécessite un dépôt le long de la ligne ;
- aucune souplesse en cas de travaux, d'accident ou d'incident sur le site ;
- chaque « produit » fait l'objet d'un brevet ; l'exploitant est donc prisonnier du système qu'il a choisi.

¹ Il s'agit du modèle Translohr, fabriqué par Lohr.



Caen : tramway sur pneus. Source : ICEDD.



Lyon : tramway. Source : ICEDD.

LE TRAMWAY OU TRAM

Le tramway (ou tram) est un véhicule à traction électrique qui se déplace sur des voies ferrées. Le contact avec les caténaires est assuré par pantographe.

Points forts – points faibles

- + capacité importante et adaptative ;
- + moins exigeant en termes de largeur (profil) pour l'aménagement de sites propres qu'un autobus ou un trolleybus ;
- + accostage et accessibilité excellents ;
- + plus silencieux qu'un autobus, mais le niveau de bruit peut s'accroître dans les courbes ;
- + non polluant localement ;
- + visibilité forte, participe à l'image de la ville ;
- + compatible entre différents constructeurs, contrairement au tramway sur pneus ;
- vibrations importantes ;
- plus contraignant que les véhicules routiers en termes de rayons de courbure et de pentes franchissables ;
- nécessite des travaux lourds et longs, notamment de déplacement des concessionnaires ;
- nécessite des surfaces importantes et une organisation complexe des dépôts-ateliers, qui doivent être situés le long de la ligne ;
- faible souplesse en cas de travaux, d'accident, d'incident sur le site de la voie ;
- plate-forme profonde à réaliser : de 0,7 à 1 m.

Dans certains pays, les tramways ont quasiment disparu. Dans d'autres, ils ont été maintenus, voire modernisés.

De nombreux projets ont été développés récemment et sont encore en cours de réalisation ou d'étude en France, dans les villes grandes et moyennes, où il avait presque disparu du paysage urbain. Ils montrent une évolution du matériel, de l'accessibilité, du design, et s'accompagnent généralement d'une profonde requalification des espaces publics et d'une revalorisation de l'image du transport public. Si l'exemple du tramway de Strasbourg a beaucoup marqué les esprits pour les raisons évoquées ci-après, rappelons que c'est d'abord à Nantes qu'il a été réintroduit en 1985.

■ Strasbourg

... (430 000 habitants) a couplé le tramway et la requalification urbaine. Elle a profondément remis en cause la place de la voiture en ville et développé une politique favorable au vélo exemplaire. La réintroduction du tramway (il avait été supprimé en 1960) a fait l'objet de mesures d'accompagnement dont l'impact s'est traduit sur toutes les composantes mobilité de la ville : piétonisation de l'hyper-centre, politique du stationnement, suppression du trafic de transit en ville et restrictions d'accès (en particulier suppression de la circulation sur deux voiries supportant préalablement 25 000 véhicules/jour et se croisant sur l'une des places importantes de la ville), création de parcs-relais, tarification combinée tramway-parking très attractive, ...

Le véhicule possède un design unique qui permet de larges vues sur la ville. Le réseau comporte actuellement 5 lignes, totalisant 53 km. Introduit en 1994, il est toujours en cours d'extension.



Strasbourg : tramway. Source : wikimedia.org.



Le système tram-train est plus développé dans les pays germaniques. Toutefois, les exemples de réalisations sont rares.

■ Karlsruhe

... (300 000 habitants), est l'exemple entre tous. Depuis 1992, le tram-train y permet une desserte périurbaine, à l'intention des communes périphériques qui atteignent ainsi directement le centre-ville, celui-ci étant situé à une vingtaine de minutes à pied de la gare, sans rupture de charge.

Plusieurs projets sont à l'étude en France : à Strasbourg, Mulhouse, Lille, ... Le projet de **Mulhouse**, qui devrait être en service dès 2010, assurera l'interconnexion avec le réseau de tramway, permettant aux rames de tram-train de circuler à la fois sur la voie ferrée vers Thann et sur le réseau urbain de tramway. Les usagers pourront accéder directement au centre-ville et à la gare de Mulhouse, sans changer de rame.

Dans le **Limbourg belge**, le projet Spartacus a pour ambition d'irriguer la province jusqu'aux Pays-Bas. Il prévoit trois lignes de tramways régionaux, dont une empruntera le réseau ferré national (d'où, tram-train)¹. L'ensemble représente 90 km et la mise en service est prévue en 2012-2014.



LE TRAM-TRAIN

Le tram-train est un système qui permet à un même véhicule de circuler sur les voies de tramway en centre-ville et sur le réseau ferroviaire. Il est appelé aussi « tramway d'interconnexion ». Le matériel utilisé doit donc être compatible avec le chemin de fer classique (signalisation, puissance, résistance). Ce système contribue à créer un maillage plus efficace de l'ensemble de la desserte en transport collectif et à limiter les ruptures de charge. Le matériel doit être compatible avec celui du chemin de fer, ce qui détermine sa largeur, soit 2,65 m.

Le nombre de projets réalisés effectivement est toutefois très limité. En effet, ce système coûte cher et est difficile à mettre en œuvre, car il impose de nombreuses contraintes techniques et est très peu souple.

Points forts – points faibles

- + moins de ruptures de charge ;
- + possibilité de réutiliser des lignes existantes ;
- + capacité modulable ;
- + pas de pollution locale ;
- vibrations et bruit dus au rail ;
- matériels existants posent des problèmes en raison des différences de hauteur de quais des réseaux du chemin de fer et d'un éventuel réseau de tramway (plus hauts dans les gares qu'aux arrêts de tram) ;
- risque de saturation au point d'interconnexion ;
- problèmes techniques de compatibilité entre les différents réseaux, notamment au niveau de la tension électrique ;
- plus lent qu'un train en vitesse de pointe, mais meilleures accélérations, donc problème de gestion de la voie avec les trains ordinaires ;
- pas de souplesse en cas de travaux, d'accident ou d'incident sur le site ;
- les lignes de train existantes sont rarement situées en zones urbanisées, c'est pourquoi ce type de solution est souvent utilisé pour des lignes interurbaines, pénétrant en ville en bout de ligne (projet Spartacus en Flandre, par exemple).

¹ Budget estimé : 160 M€, fréquence de 30 minutes, zone urbaine : 15 minutes.





Karlsruhe : tram-train. Source : ICEDD.



> 5. Les infrastructures de déplacement

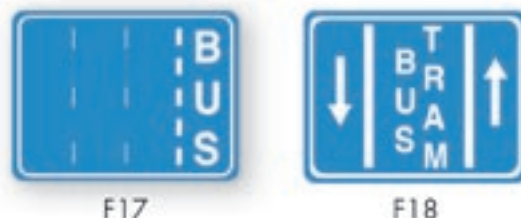


STIB (Schaerbeek) : « site spécial franchissable » réservé aux tram+taxi ». STIB (Uccle) : « site spécial franchissable » réservé tram+bus. Source : Azariel.be – Emmanuel Raza. TEC (Namur) : « bande bus ». Source : SPW – Direction de l'Édition.

Le choix du tracé d'une ligne de transport collectif structurant tiendra compte de diverses contraintes possibles : la répartition de la population existante ou potentielle à desservir, l'espace disponible, les barrières éventuelles à supprimer, les courbes serrées, ...

Ce chapitre a pour objectif de rappeler, mais sans entrer dans les détails, quelques grands points incontournables en matière d'infrastructures, sachant que ce volet constitue un aspect essentiel des mesures à prendre dans le cadre de la création d'une ligne de transport collectif structurant, mais plus largement encore pour faciliter et rendre plus attractif le transport en commun. Pour en savoir plus, on se référera donc à la bibliographie placée en fin de publication.

en commun et aux véhicules affectés au ramassage scolaire. Elle est accessible aux véhicules prioritaires lorsque l'urgence de leur mission le justifie ainsi qu'aux taxis. Moyennant le placement de la signalisation ad hoc (verticale et éventuellement horizontale), elle peut être empruntée par les cyclistes ainsi que par les véhicules affectés aux déplacements entre le domicile et le lieu de travail. Les autres véhicules ne peuvent y circuler que pour changer de direction. L'arrêt et le stationnement y sont interdits¹.



F17 : bande bus. F18 : site spécial franchissable.
Source : IBSR.

Le **site spécial franchissable** désigne la partie de la voie publique réservée à la circulation des véhicules des services réguliers de transport en commun par la signalisation et les marques routières prévues dans la réglementation. Le site spécial franchissable ne fait pas partie de la chaussée. Il est accessible aux véhicules prioritaires lorsque l'urgence de leur mission le justifie, ainsi que, moyennant le placement de la signalisation ad hoc (verticale et éventuellement horizontale), aux taxis, aux cyclistes et aux véhicules affectés aux déplacements entre le domicile et le lieu de travail. Les autres véhicules ne peuvent franchir ce site qu'à un carrefour ou pour quitter une propriété riveraine ou pour y accéder. Ils ne peuvent l'emprunter que pour contourner un obstacle en chaussée. L'arrêt et le stationnement y sont interdits².

Partager l'espace et créer des conditions de circulation favorables au transport en commun constitue une priorité. En particulier, lorsque les flux sont élevés et par conséquent les engorgements fréquents, la séparation des usagers est essentielle afin d'assurer une bonne vitesse commerciale au transport collectif et de rendre celui-ci concurrentiel avec la voiture.

À cet égard, rappelons que les règles de priorité ne sont pas identiques entre le transport en commun ferré et routier. En effet, tout usager, motorisé ou non, doit dégager la voie du tramway à son approche, quelque soit son site de déplacement.

Le code de la route belge prévoit la possibilité de créer une bande bus ou un site spécial franchissable pour faciliter la circulation des transports en commun.

La **bande bus** désigne la partie de la chaussée réservée aux véhicules des services publics réguliers de transport

¹ Les articles 71.2 et 72.5 du code de la route définissent la bande bus et son usage et précisent la signalisation verticale (panneau F17) et horizontale (marquages) accompagnant cette disposition. Ils sont toutefois en cours de révision. Le véhicule affecté aux déplacements domicile-travail doit arborer le panneau réglementaire à l'avant du véhicule, qui sera présent également sur la voirie, en additionnel au signal F17.

² L'article 2.8 du code de la route définit le terme ainsi que la signalisation verticale. Les articles 72.6 et 77.8 précisent la signalisation horizontale (marquages) accompagnant cette disposition. Il sont en cours de révision également.



Schaerbeek : circulation de tram en « site propre ». Source : Azariel.be.

Ces deux cas de figures sont les plus fréquents.

Bien que non défini par le code de la route, un **site propre** peut être créé. Il désigne une voirie autonome, séparée physiquement des autres voiries, totalement inaccessible aux autres types de véhicules, et dont l'usage est réservé, moyennant placement de la signalisation ad hoc, aux véhicules des services réguliers des transports en commun. Il s'agit donc d'une voirie à part entière¹.

¹ Dans le même ordre d'idées, signalons l'exemple de voiries entièrement réservées aux véhicules de transport en commun sans que celles-ci soient doublées de voiries accessibles aux autres usagers. La Zuidtangentaux Pays-Bas, est exemplaire à cet égard, qui a créé sur 40 kilomètres une route réservée aux bus.

Chaque statut d'infrastructure possède ses avantages et ses inconvénients. Si les deux premiers sont souples, l'effet de coupure du troisième est compensé par son efficacité, une vitesse plus élevée, donc une meilleure productivité.

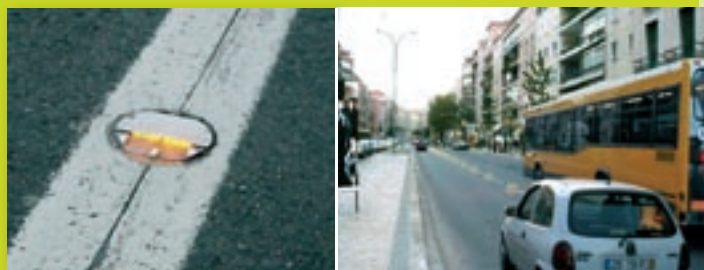
Une question importante concerne le positionnement de la bande bus, du site propre franchissable ou du site propre par rapport à d'autres voies de circulation : à gauche ou à droite de celles-ci. Il dépendra de divers facteurs : la position des arrêts, la vitesse moyenne de déplacement, la présence éventuelle de stationnement, les accès riverains, la charge de trafic, les flux piétons et cyclistes, ... La position axiale du site est généralement la plus efficace pour réduire les conflits en section courante, mais chaque situation nécessite une étude approfondie.

La largeur de la voie réservée varie le plus généralement de 3 m à 4,25 m, en fonction de la vitesse autorisée et de la présence ou non de vélos. Des surlargeurs doivent être prévues en cas de présence d'obstacles latéraux et en courbe. Dans le cas de lignes structurantes, avec une fréquence élevée, il faut s'interroger sur l'opportunité d'un usage partagé avec les vélos. Une fois de plus, chaque cas nécessite une analyse.

VITESSE	COULOIR (LARGEUR MIN.)
30 km/h	3,0 m
50 km/h	3,25 m
70 km/h	3,5 m

■ Des couloirs de bus en alternance ?

Le partage de l'espace public reste un véritable casse-tête pour le gestionnaire de voiries. C'est pourquoi des solutions innovantes sont testées. Ainsi, Lisbonne a développé le concept IBL (Intermittent Bus Lane). La voie routière qui possède ce statut, voit son utilisation changer dès qu'un bus approche, la voie lui est alors réservée puis est rouverte à la circulation générale dès que le bus s'éloigne. Ce système a été testé durant 6 mois, en 2005-2006, et est envisagé lorsque la fréquence du bus justifie difficilement qu'une bande bus permanente lui soit attribuée. Ainsi, lorsque le système estime qu'un bus va arriver dans l'IBL et que l'état du trafic est susceptible de retarder le bus, l'IBL s'active. Elle est signalée aux conducteurs de bus à l'aide de panneaux à messages variables et d'un ensemble de voyants lumineux disposés au sol sur la ligne de séparation des voies qui commencent à clignoter lorsque l'IBL est enclenché.



Lisbonne : voyants lumineux au sol du système IBL. Source : CESUR, Lisboa.

■ Barcelone

... a aussi développé des solutions de bandes de circulation attribuées à des usages différents en fonction du moment de la journée : voie bus aux heures de pointe, livraisons à une autre période, stationnement ou circulation tous usagers confondus, en dehors de celles-ci.





Karlsruhe : arrêt en centre-ville. Source : ICEDD.

La gestion des carrefours

Limitier l'impact des carrefours sur la vitesse commerciale des transports en commun constitue un autre objectif. En effet, on estime que leur priorisation permet une augmentation de 3 à 5 km/h de celle-ci.

Le premier type d'intervention consiste à supprimer les carrefours, en créant si possible des passages inférieurs : une mesure efficace mais coûteuse et souvent difficile à intégrer dans le paysage urbain.

La priorité donnée à l'axe de déplacement des transports collectifs constitue un autre outil à disposition, mais il n'est pas nécessairement possible de tracer les lignes sur la base d'une priorisation systématique. Différentes solutions existent.

Des feux spécifiques sont généralement placés à l'intention des véhicules circulant sur des sites propres, leur permettant de déclencher le passage au vert. Lorsque ces véhicules sont insérés dans la circulation, ils peuvent également déclencher à distance le passage au vert du feu. Plusieurs systèmes de détection sont disponibles : citons le capteur à boucle magnétique (il ne distingue pas le type de véhicule, donc à limiter au site réservé) et le capteur par émetteur de fréquence embarqué (directement lié à un type, voire à un véhicule donné).

La priorisation des transports en commun dans les giratoires nécessite leur franchissement en ligne droite avec un système de feux fonctionnant de façon temporaire, à l'approche du véhicule. Ce cas de figure est développé à Nantes. Par rapport à un carrefour à feux classique, cette solution présente des avantages et des inconvénients. L'expérience a montré qu'elle est moins accidentogène mais elle affecte la capacité et la fluidité du trafic, ce qui peut poser problème lorsqu'on atteint la limite de saturation. Un autre problème possible est la difficile gestion en cas de panne des feux !

¹ Cfr. Le Guide de bonnes pratiques pour l'aménagement de chemins piétons accessibles à tous, Gamah et MET, Manuel du MET n°10, Namur, 2006.

² Ibidem.

Les points d'arrêts

Le positionnement des points d'arrêts va résulter d'un compromis entre différents critères : l'interdistance entre les stations, la présence et la localisation de pôles générateurs de trafic, les cheminements piétons, l'organisation des carrefours, l'espace disponible et l'intégration dans le site.

À priori, la position idéale des arrêts se situe à proximité des carrefours, avec des quais en face à face, avant ou après le carrefour, ou décalés en entrée ou en sortie de carrefour (cette solution étant toutefois controversée).

L'accessibilité des quais doit bien sûr répondre aux critères d'accessibilité des personnes à mobilité réduite¹.

Les traversées piétonnes

Les règles en matière de traversée piétonne diffèrent entre bus et tram, en effet, le passage piéton s'interrompt au droit du passage du tram car le piéton perd sa priorité, sauf en cas de feux tricolores.

Les traversées seront prévues en tout cas au droit des carrefours, le plus souvent en deux, voire en trois temps, bien mises en évidence, bien marquées et bien protégées.

Elles répondront aux normes d'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite².



Plancher-quai pour une meilleure accessibilité. Source : ICEDD.



Bruxelles : traversée piétonne. Source : ICEDD.

> 6. Coût des différents systèmes. Éléments comparatifs



Nantes : infrastructures tram. Source : SRWT.

Le coût des différents systèmes envisageables constitue une clé essentielle dans les éléments qui vont orienter la décision.

Le coût d'un système de transport collectif structurant comporte un certain nombre de postes, à peu près identiques à celui d'un système de transport en commun classique. Il se compose des coûts d'investissement et des coûts d'exploitation.

Ces données sont rarement disponibles, peu détaillées et les « fourchettes » proposées dans la littérature particulièrement larges. Enfin, les sources ne précisent pas nécessairement si les chiffres sont donnés hors taxes ou taxes comprises, déplacement des impétrants compris ou non.

Les coûts d'investissement

Coût et durée de vie du matériel roulant

Les chiffres du tableau ci-après montrent des différences de prix entre les véhicules routiers classiques et les véhicules ferrés ou guidés mécaniquement. Le guidage fait apparaître un surcoût non négligeable, comparé aux systèmes non guidés. L'impact de ce surcoût est atténué dans l'estimation globale des coûts d'infrastructure et de matériel roulant.

En soi, ces montants présentent un intérêt relatif car ils doivent être rapportés à la capacité du véhicule, à sa durée de vie et à son coût d'exploitation (chauffeur, entretien du véhicule, carburant, ...) pour, in fine, permettre de déterminer un coût par personne transportée.

MATÉRIEL ROULANT	COÛT D'UNE UNITÉ (M€)	DURÉE DE VIE (ANS)
Autobus standard (12 m)	0,22	15
Autobus articulé (18 m)	0,3	15
Autobus biarticulé (24 m)	0,53	15
Trolleybus standard (12 m)	0,55	20
Trolleybus articulé (18 m)	0,7	20
Trolleybus biarticulé (24 m)	0,95	20
Autobus articulé (18 m) guidage optique	0,4	15
Autobus articulé (24 m) guidage électromagnétique	1,4	20
Trolleybus articulé (18-24 m) guidage mécanique	0,8 – 1,8	20
Tramway sur pneus (25-46 m)	1,5 à 3	30
Tramway (22-40 m)	1,5 à 3	30
Tram-train (28-37 m)	2,5 à 4,5	35
Métro	3 à 6	40

Coût et durée de vie des différents types de matériel roulant. Sources diverses. Il s'agit de moyennes. En effet, les prix varient en fonction des constructeurs, des performances et des équipements des véhicules, du nombre de véhicules commandés, ...



Coût moyen d'investissement / km de voie double

Les chiffres ci-après, issus de sources variées, montrent des disparités importantes, en particulier entre les systèmes routiers (pneus) et les systèmes ferrés, ces derniers rendant indispensable le déplacement de tous les concessionnaires sous l'assiette. En outre, à l'intérieur d'un système, les fourchettes peuvent être larges. Celles-ci montrent bien l'impact du contexte de travail : largeur des sections retravaillées (réaménagements de façade à façade), types de matériaux mis en œuvre, complexité des travaux, ... qui varient fortement d'un cas à l'autre. Ces chiffres sont présentés ici à titre illustratif et pour insister sur le fait que chaque situation est spécifique.

TYPE DE SYSTÈME	COÛT (M€/KM)
Pas de site propre	0
Sites propres - véhicules sur pneus	2,5-7
Sites propres – tramways	10
Tram-train (infrastructure existante)	3-5
Tram-train (nouvelle infrastructure)	10-13
Réseau souterrain : métro	30-50

Coût d'investissement moyen/km des infrastructures de voies doubles. Sources : Certu et revues spécialisées.

Les calculs proposés par la SRWT dans le cadre de la simulation théorique qu'elle a réalisée pour l'étude d'un système de transport collectif structurant à Liège et à Mons sont particulièrement intéressants dans la mesure où les coûts des trois systèmes considérés ont été estimés sur base des mêmes hypothèses de travail. Une part des investissements est indépendante du type de véhicule utilisé, l'autre dépend du mode de roulement (pneu ou rail) et du type d'alimentation en énergie (diesel ou électricité via la caténaire).



STIB : aménagement de voirie. Source : Azariel.be.

Les coûts d'aménagement comprennent les postes suivants : le déplacement des concessionnaires¹, la création de priorités aux carrefours (dont système de régulation des feux), la création de parcs-relais en fin d'itinéraire, l'aménagement du site propre, les aménagements urbains hors site propre, l'équipement des arrêts et des pôles d'échange, le système de guidage (le cas échéant), le placement des caténaires et sous-stations de transformation (idem), le dispatching, les caméras de surveillance, les équipements radio, le système d'aide à l'exploitation et les études.

TYPE DE SYSTÈME	COÛT (M€/KM)	COÛT ACTUALISÉ (30 ANS) (M€/KM)
Autobus à HNS	7,9	8,7
Trolleybus à HNS	9,1	10,6
Tramway	10,4	11,6

Coût d'investissement moyen/km des infrastructures de voies doubles. Source : SRWT – Calcul pour une ligne théorique de 12,5 km, 21 stations, 21 carrefours à feux, 12 giratoires. Coût d'aménagement et d'équipement de la ligne. Les coûts ont été ramenés au km.

Ateliers dépôts

Les ateliers dépôts des tramways occupent de grands terrains et sont complexes avec leurs rails et caténaires. Le matériel d'entretien des tramways est également spécifique : ponts, lavage, outillage d'entretien, ... Ils doivent en outre être situés le plus près possible du tracé pour limiter la longueur de voie non exploitée et les distances parcourues à vide.

¹ Le déplacement des concessionnaires a été pris en compte quelque soit le système retenu afin d'assurer le maintien du haut niveau de service dans les trois cas de figures.



STIB : entrepôts. Source : Azariel.be.

Quant aux bus et aux trolleybus, guidés ou non, ils peuvent prendre place dans les dépôts qui accueillent des bus traditionnels.

Le tramway sur pneu, avec guidage par rail central, peut rouler en mode autonome. Son dépôt pourra être similaire à celui des autobus et des trolleybus.

TYPE DE SYSTÈME	COÛT (M€)
39 Autobus articulés 18 m	9,5
31 Tramways 32 m (T3000 ¹ – 2,32 m)	23,5
23 Tramways 43 m (T4000 – 2,32 m)	19,5

Coûts de construction et d'aménagement de dépôts. Source : SRWT – Calcul pour une ligne théorique de 12,5 km, 21 stations, 21 carrefours à feux, 12 giratoires. Le nombre de tramways correspond à l'équivalent de capacité des bus articulés.

Les coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation reprennent les frais de personnel (conduite, contrôle, entretien, ...), de fournitures et de pièces de rechange, la consommation énergétique, ... Ils sont difficiles à estimer et à comparer car de nombreux paramètres sont étrangers au système ou considérés de manière différente d'un exemple à l'autre. En outre, des réponses spécifiques à des problèmes spécifiques doivent être apportées.

À titre d'information et pour donner un ordre de grandeur, signalons que chaque fois qu'un véhicule est mis en service au TEC Liège-Verviers, il faut compter 1,75 chauffeur par période de 8 heures de fonctionnement, hors congés, maladies, ...

À débit égal, les coûts de conduite diminuent lorsque la capacité des véhicules augmente. À ce niveau, le tram est donc plus compétitif que les transports routiers pour des capacités importantes.

De plus, les coûts d'exploitation diminuent de manière non négligeable lorsque la vitesse commerciale augmente ! Il faut en effet moins de véhicules pour assurer le service. En outre, la consommation énergétique diminue. Ainsi, on estime que la consommation d'un bus articulé de 18 m, sera de 62,5 l/100 km de diesel, s'il a une vitesse commerciale de 13,5 km/h, 53 l/100 km, si celle-ci est de 17 km/h, de 48,5 l si elle atteint 25 km/h. Les coûts dépendent bien sûr du cours du baril, particulièrement variable ces derniers temps. En décembre 2007, le coût/km pour une vitesse commerciale de 18 km/h était de 0,31 €. Nous ne disposons pas de chiffres permettant de mesurer l'impact de la vitesse commerciale d'un tramway sur sa consommation. Ainsi, un tram consomme entre 6 et 12 kWh/km, avec une vitesse commerciale de 20 km/h, soit un coût allant de 0,5 à 1 €/km.

¹ Les T3000 et T4000 sont les trams récents de la société Bombardier (type Flexity Outlook), ils circulent notamment sur le réseau de la STIB.



Consommation en fonction de la vitesse commerciale. Source : Etude comparative de différents modes de transport structurant, SRWT, avril 2008.

Les coûts de maintenance (entretien, ...) sont estimés à 0,44 €/km pour un autobus articulé et à 0,9 €/km pour un tramway de 24 m.

Il est donc difficile d'ajouter les coûts d'exploitation aux coûts d'investissements pour en déduire un coût par voyage par exemple. Par ailleurs, certains systèmes guidés sur pneus étant encore très récents, il n'est pas possible de déterminer leur coût d'exploitation. Ces derniers se rapprochent sans doute de ceux d'un tramway classique.



Freiburg (im Breisgau) : Tram. Source : ICEDD.



> 7. Domaine de pertinence de chaque système

Le choix d'un système de transport collectif structurant dépend de plusieurs critères. Mais il s'appuiera d'abord sur le nombre escompté de personnes à transporter.

Satisfaire la demande existante et potentielle

Le premier critère concerne donc la satisfaction des besoins de transport à l'heure de pointe en regard des débits admissibles de chacun des systèmes envisageables. Cette estimation constitue un élément essentiel. Il s'agira de tenir compte des comptages effectués, mais aussi du potentiel d'accroissement de la clientèle, résultant de l'attractivité du système et d'un possible (re)développement des activités et de l'habitat de long de la ligne.



Freiburg (im Breisgau) : desserte tram en centre-ville. Source : ICEDD.

■ Dimensionner un système : comment évaluer la clientèle potentielle ?

L'exercice a été réalisé par la SRWT dans le cadre de l'étude sur la création d'un transport collectif structurant à Liège et à Mons. À défaut d'une littérature existante en la matière, la SRWT a développé une méthodologie d'estimation de la demande à satisfaire en se basant sur les connaissances actuelles en termes de comportements de mobilité et de choix modal d'une part, et sur les statistiques locales disponibles d'autre part.

La demande de mobilité est le résultat global d'un ensemble de comportements individuels qui prennent place dans le temps et dans l'espace. La méthode de calcul élaborée pour quantifier le nombre de clients potentiels d'un service de transport en commun urbain se base sur les principes suivants.

Chaque jour, un certain nombre de Wallons quittent leur domicile pour effectuer des activités à l'extérieur. L'enquête régionale sur la mobilité des ménages (2003) a estimé qu'un jour ouvrage scolaire, 70% de la population se déplace. Ce taux de mobilité varie selon l'âge de la personne et la pyramide des âges de la population concernée est un élément à prendre en compte pour l'estimation. Parmi ces mobiles considérés, un certain nombre utilisent la voiture, comme conducteur ou passager, pour atteindre leur destination. En connaissant le nombre de véhicules particuliers en circulation pour une commune donnée et le taux moyen d'occupation de ces véhicules, nous pouvons chiffrer ces « mobiles motorisés ». Les autres mobiles peuvent se déplacer à pied ou à vélo pour les courtes distances, en bus, métro ou tram pour les distances moyennes et en train pour les distances plus importantes. L'enquête régionale sur la mobilité des ménages renseigne que 80 % des déplacements en bus se font pour une distance comprise entre 3 et 25 km. Par ailleurs, cette enquête estime que 50 % des Wallons effectue un déplacement quotidien moyen d'une distance comprise entre 3 et 25 km. À partir des données population disponibles à l'INS, nous pouvons alors chiffrer, à l'échelle d'une commune, le nombre de personnes qui chaque jour sont susceptibles d'utiliser les transports en commun urbains pour effectuer leurs déplacements.

Pour décider du gabarit d'un mode structurant, il faut estimer le nombre de voyageurs à transporter aux heures de pointe. Pour parvenir à cette information, les étapes suivantes sont encore nécessaires.

Selon l'itinéraire envisagé du mode structurant, les habitants des communes limitrophes seront plus ou moins intéressés par cette solution de mobilité. En fonction de la densité d'habitat des zones proches de l'axe, en fonction des éventuelles barrières géographiques qui le séparent de ces zones (rivière, voiries, lignes de chemin de fer, etc.) et en fonction de l'attractivité des lieux desservis par l'axe (pôle d'emploi régional, choix important de commerces, etc.), la proportion des « mobiles en transports en commun urbains » qui sera effectivement la clientèle potentielle du mode structurant variera.

Il faut alors estimer le nombre de voyages quotidiens que ces clients potentiels effectueront avec le mode structurant en question. L'enquête régionale sur la mobilité de ménages évalue le nombre de déplacements quotidiens par Wallon mobile à 3.5. Tous les déplacements quotidiens ne sont pas nécessairement effectués avec le même moyen de transport. Il a été décidé d'estimer à 2.5 le nombre de voyages par client potentiel sur le mode structurant. Il reste alors à répartir ces voyageurs sur les tranches horaires de la journée selon la répartition actuelle des voyageurs observée dans les transports en commun de la zone.

À cette estimation, doivent encore être ajoutés les flux entrants et sortants par la gare de chemin de fer : navetteurs, étudiants, visiteurs.

Les chiffres obtenus sur ces principes peuvent être comparés aux titres de transport vendus, ramenés à la clientèle de la ligne.

La mise en place d'un mode structurant prend du temps et est valable pour une longue durée. Il est donc essentiel d'envisager l'évolution de la demande de transport. L'estimation des besoins à dix ans par exemple tiendra compte de l'évolution démographique de la population et envisagera divers scénarios: par exemple un contexte économique défavorable à la voiture particulière, une politique d'aménagement du territoire favorable à un accroissement de la densité, à une localisation judicieuse des générateurs de trafic, à la création de parcs-relais, ...



Comme le montre le second tableau du chapitre 4 (Performances du système), à conditions de circulation et modalités d'exploitation identiques, c'est évidemment la capacité unitaire du véhicule qui fait la différence. Mais le présent rapport a également montré l'impact des infrastructures et de la gestion du système pour atteindre des débits élevés : sites propres, interstations, fréquences, gestion et/ou suppression des carrefours ... Ainsi, pour un débit de 1 000 à 3 000 voyageurs par heure et par sens, le système bus (autobus ou trolleybus, non guidé ou guidé) en site propre s'impose. Entre 2 000 et 3 000 passagers, le choix entre bus, tramway ou mode intermédiaire subsiste.

Dans la zone de recouvrement, le choix du système pourra notamment être influencé par le souhait de proposer une fréquence élevée avec de plus petits véhicules, plutôt qu'une fréquence plus faible avec des véhicules plus capacitaires. On tiendra compte bien sûr du potentiel de développement du système et de prévisions plus ou moins optimistes selon chaque contexte.

SYSTÈME	DÉBIT : PASSAGERS/ HEURE/SENS
Autobus ou trolleybus guidé ou non (18-24 m - fréquence 2-5 min)	1 000 - 3 000
Tramway sur pneus ou ferré (40 m - fréquence : 2-5 min)	2 600 - 6 400
Méto (pour mémoire - fréquence : 1,5 à 3 min)	4 000 - 12 000

Capacité des systèmes – occupation : 4 pers/m². Source : Certu

Faisabilité de mise en oeuvre

Chaque mode de transport collectif a ses contraintes propres. Elles sont ou non compatibles avec l'environnement urbain, ce dernier n'étant pas toujours en mesure de s'adapter à toutes les exigences.



Rouen : la mise en service du tram requiert dans certains cas la mise en oeuvre d'infrastructures lourdes. Source : wikipedia.org.

L'examen des contraintes d'insertion urbaine d'un mode de transport collectif constitue un élément important dans le choix d'un système. Il nécessite une analyse fonctionnelle et technique des sites à traverser. Les problèmes sont plus complexes en surface qu'en souterrain.

Le second critère de choix prendra donc en compte différents éléments techniques relatifs à la faisabilité de mise en oeuvre, en regard du contexte local : espace disponible, pentes, rayon de giration, ... Par exemple, des pentes importantes et des rayons de giration faibles sont défavorables à du matériel ferré. Ce critère est important. Cependant, certaines marges de manœuvre existent, puisque le tracé peut prendre en compte ces contraintes et chercher des alternatives permettant de les contourner.

En résumé, les systèmes routiers non guidés demandent une emprise un peu plus importante, mais ils sont moins contraignants en termes de pente à franchir et de rayon de giration.

Coût

Les coûts des différents systèmes ont été évoqués dans le chapitre précédent. Même si ces données sont peu détaillées, elles permettent toutefois de conclure que le coût d'investissement global, c'est-à-dire couvrant les travaux d'infrastructure et l'achat de matériel, est un paramètre déterminant. En résumé, malgré les larges « fourchettes » à l'intérieur de chaque système, car le coût est fortement dépendant d'un ensemble de circonstances locales, la comparaison entre les trois types de systèmes envisageables montre des ordres de grandeur très différents.

SYSTÈME	COÛT INFRASTRUCTURES + MATÉRIEL ROULANT (M€/KM)
Autobus ou trolleybus guidé ou non (12-24 m)	3 - 14
Tramway sur pneus ou ferré (20-40 m)	18 - 32
Méto (pour mémoire)	55 - 80

Coût d'investissement infrastructures et matériel roulant par kilomètre, pour des fréquences identiques.

Critères de décision

Le croisement de ces trois critères : débit – faisabilité – coût, doit permettre d'orienter le choix du système à mettre en place.

D'autres éléments entreront encore en ligne de compte. Ils contribueront à affiner le choix et à préciser ensuite différents aspects permettant d'obtenir une accessibilité parfaite, avec un excellent niveau de confort, un impact environnemental le plus réduit possible, une image forte du système, ...

■ Simuler une ligne de transport collectif et estimer son coût : quelques éléments d'ordre méthodologique

La méthode qui suit a été utilisée par la SRWT dans le cadre de l'étude sur la création d'un transport collectif structurant à Liège et à Mons, afin de réaliser une simulation théorique d'une ligne type, d'une longueur déterminée, comportant un certain nombre d'arrêts, de carrefours à feux et de giratoires à traverser. Les résultats sont particulièrement intéressants. Ils montrent l'impact de tous les paramètres précités et permettent in fine de déterminer quel système permet le mieux de transporter la clientèle attendue avec un niveau de service élevé et le coût le plus faible.

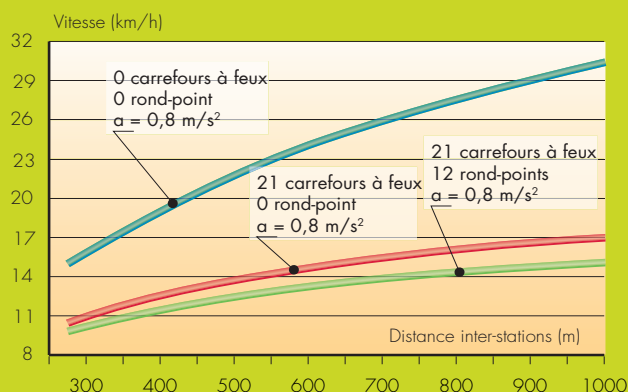
I. La démarche nécessite d'abord de s'appuyer sur les **données de base** suivantes :

- les besoins à rencontrer, c'est-à-dire **la clientèle à transporter** à l'heure de pointe, estimée en nombre de voyageurs/heure/sens. Ce point a été développé au début de ce chapitre ;
- les **caractéristiques de la ligne** (ou du réseau – si plusieurs lignes) :
 - La longueur ;
 - le nombre d'arrêts ;
 - les conditions de circulation en section courante (vitesse moyenne sur base de la charge de trafic, des conditions d'insertion, des sites propres, ...) et aux carrefours.

Sur cette base, des hypothèses sont faites concernant le temps perdu :

- aux arrêts ;
- aux feux non prioritaires ;
- aux rond-points.

Les matériels roulant disponibles présentent des caractéristiques légèrement différentes en matière d'accélération et de décélération, toutefois, les calculs indiquent que celles-ci sont peu déterminantes.



Evolution de la vitesse commerciale en fonction de la distance inter-stations et des types de carrefours traversés. Source : Etude comparative de différents modes de transport structurant, SRWT.

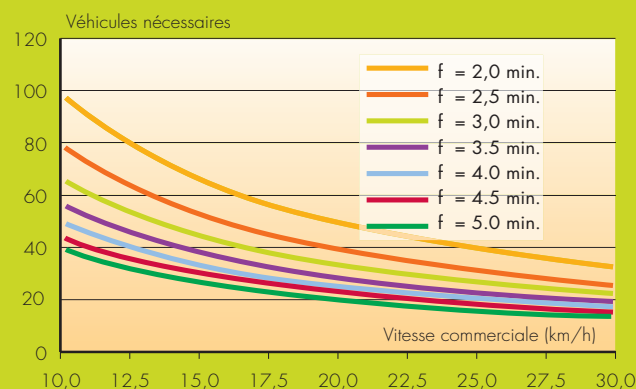
Ces éléments permettent de déterminer le **temps de parcours** et donc la **vitesse commerciale** (temps de parcours divisé par la longueur de la ligne).

II. Comme indiqué au chapitre 4, les types de véhicules disponibles offrent différentes **capacités**. Pour rappel, la capacité concerne le nombre de voyageurs transportables, elle est établie sur base de critères de confort (nombre de personnes debout/m² : 4).

III. Pour calculer le **coût** du système, les données de base seront utilisées afin d'estimer :

- **Le nombre de véhicules nécessaires** : celui-ci dépend directement
 - du temps de parcours et du temps de battement (notamment au terminus, pour la pause des chauffeurs entre autres) donc de la vitesse d'exploitation. En effet, plus le véhicule se déplace rapidement et plus il pourra effectuer de trajets et donc transporter d'usagers par unité de temps ;
 - du nombre de personnes à transporter ;
 - de la capacité du véhicule envisagé.
- Ce chiffre devra être multiplié par le **coût moyen par véhicule**, prenant en compte, notamment :
 - le prix d'achat du véhicule ;
 - la durée de vie du véhicule ;
 - le taux d'inflation ;
 - le taux d'actualisation ;
 - le coût de conduite ;
 - le carburant, l'entretien ;
 - les équipements annexes.
- **Les travaux d'infrastructures** éventuels, permettant d'améliorer la vitesse commerciale.

IV. Il suffit ensuite de modifier un ou deux **paramètres** ou **variables** pour en mesurer l'impact sur le coût de la ligne. Par exemple, on effectuera différentes simulations, en utilisant des véhicules de capacité différente, de durée de vie différente, avec des carrefours à priorité TC ou sans priorité TC, avec plus ou moins d'arrêts, ...



Evolution de la vitesse commerciale / fréquence / nombre de véhicules nécessaires. Source : Etude comparative de différents modes de transport structurant, SRWT.



> 8. Conclusion

Cette publication présente le concept de « système de transport collectif structurant » et les différents paramètres indispensables à sa mise en œuvre et à son succès. Les caractéristiques des villes concernées et les contextes de travail sont variés. Et l'éventail des solutions en matière de systèmes l'est aussi, ce qui permet d'élaborer pour chaque cas une réponse circonstanciée, qui s'approche un peu du « sur mesure ».

Ce document s'arrête sur différents types de matériels roulants susceptibles de satisfaire aux attentes mesurées sur le terrain et qui participent à la définition du domaine de pertinence du système à mettre en place. Ils ne doivent pas être considérés comme concurrents mais être appréciés en regard de leurs performances capacitaires, techniques, environnementales, ... à la recherche d'une adéquation à la demande existante et potentielle.

L'approche « système de transport collectif structurant » ne doit pas se limiter à créer une ligne « forte », mais s'inscrire dans une perspective de réseau hiérarchisé et offrir des conditions d'intermodalité. Il s'agit d'un élément moteur, mais qui fait partie d'un tout. Son impact sur l'ensemble du réseau de transport collectif et sur la mobilité à l'échelon de l'agglomération doit être considéré dès le départ et des mesures d'accompagnement seront nécessairement prises.

De nombreuses villes s'investissent dans des projets d'amélioration de leur transport collectif, pour davantage d'efficacité et un meilleur service à la population. Cette faculté d'adaptation constitue une condition indispensable au dynamisme et au succès de celui-ci. Les exemples indiquent que le processus ne s'arrête pas, qu'il est évolutif, que le réseau de transport collectif d'hier n'est plus celui d'aujourd'hui, et que ce dernier est également en devenir, capable de s'adapter et d'accompagner le projet de développement de la ville, les changements de société, les défis environnementaux, jusqu'à constituer un des paramètres clés du développement urbain.

Cette approche « système » met en jeu de nombreuses composantes, reposant sur le trinôme : matériel roulant, infrastructures et exploitation, et concerne à cet égard plusieurs acteurs. C'est pourquoi une stratégie de mise en place et un engagement des différents partenaires sont indispensables à la réussite de tout projet. Car ils sont nombreux à être concernés par un transport public dont la place et le rôle ne pourront que s'amplifier à l'avenir.



Ouvrages et apports d'études

Etude comparative de différents modes de transport structurant, SRWT, 2008.

Etude concernant les champs d'application possibles du « Light rail » sur le réseau ferroviaire belge. Rapport intermédiaire, non publié, Bruxelles, mai 2007.

Innovations en matière de transport guidé urbain et régional. Tome 1. TRS. Recherche, Transports et sécurité, n°94 janvier-mars 2007.

Chaussées bus. Choix des matériaux et dimensionnement structurel, Certu, Lyon, 2006.

Tristan Dénéchaud, **Le tram-train en France : transport d'avenir ou expérience limitée**, juin 2006, téléchargeable : <http://www.neovist.org/tmd/TramTrain.doc>.

Rénovation urbaine et offre de mobilité, Certu, Lyon, 2006.

Bus à Haut Niveau de Service. Concept et recommandations, Certu, Lyon, 2005.

Les modes de transport collectifs urbains. Eléments de choix par une approche globale des systèmes, Certu, Lyon, 2004.

Jean Orselli, **Les nouveaux tramways. Comment ne pas rater son tram**, Paradigme, Orléans, 2004.

Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-making, Office of Research, Demonstration and Innovation, US, 2004, téléchargeable : http://trb.org/news/blurb_detail.asp?id=4213.

L'offre française en matière de transports publics. De la desserte urbaine à la desserte régionale, Certu, Lyon, 2000.

Guide d'aménagement de voirie pour les transports collectifs, Certu, Lyon, 2000.

Articles (principales revues consultées)¹

Revue TEC n°184, 2004 et 190, 2006.

Ville et Transports, 15 juin 2005.

Transport public, 2004, 2005, 2006, 2007.

Ville & Transports magazine, 2006, 2007.

Public Transport magazine, 2004, 2006.

La vie du rail, 2000, 2002.

Sites internet

<http://www.bhns.fr> : site présentant le concept de BHNS, une bibliographie, des expériences et l'actualité, alimenté par le Certu, en partenariat avec le Gart, l'UITP, l'INRETS et la DGMT.

<http://www.transbus.org> : site consacré aux autobus et aux réseaux de transports en commun, avec des informations sur les autobus et leurs constructeurs, des dossiers thématiques, une photothèque, l'actualité ...

<http://www.certu.fr> : site du centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques.

<http://tramateurs.free.fr> : site présentant un tour d'horizon des trolleybus, tramways et tram-trains sur le territoire français.

<http://www.gart.org> : site du regroupement d'autorités organisatrices de transport (agglomérations, départements et régions), caractérisé par un objectif d'amélioration des déplacements et le développement des transports publics en France.

<http://www.trams-trolleybus.be> : site belge dédié aux tramways et aux trolleybus.

<http://www.lightrail.nl/France/france.htm> : site français dédié aux tramways.

Plusieurs systèmes disposent de leur propre site Internet, dédié à une réalisation précise. Exemple : Clermont-Ferrand, Mulhouse, Eindhoven, ...

¹ Cfr. les dossiers documentaires du CDDM : recueil des principaux articles consacrés aux différents systèmes structurants existants – Réalisation : Brigitte Ernon.

Réalisation

Dossier préparé et mis en forme par
ICEDD asbl
Boulevard Frère Orban 4, B-5000 Namur



Coordination et rédaction

Françoise BRADFER, ICEDD asbl

Comité de lecture

Brigitte ERNON, SPW
Jean-Paul ETIENNE, SRWT
Bernadette GANY, SPW
Christophe MARTIN, SRWT
Jean-Yves PEREMANS, SRWT
Jean-Pierre PERWEZ, SRWT
Dominique VAN DUYSE, SPW
Aline VERBIST, SRWT

Éditeur responsable

Ir Yvon LOYAERTS
SPW – Direction générale opérationnelle Mobilité et
Voies hydrauliques
Boulevard du Nord 8, B-5000 Namur

Impression

SPW – Direction de l'Édition
Tél. : 081 71 58 49

Réseau des CeM

Bernadette GANY – Coordinatrice
SPW – Direction de la Planification de la Mobilité
Boulevard du Nord 8, B-5000 NAMUR
Tél. : 081 77 30 99 – Fax : 081 77 38 22
reseau-cem@met.wallonie.be
<http://cem.mobilite.wallonie.be>

Centre de documentation et de diffusion en mobilité

Brigitte ERNON – Gestionnaire
SPW – Direction de la Planification de la Mobilité
Boulevard du Nord 8, B-5000 NAMUR
Tél. : 081 77 31 32 – Fax : 081 77 38 22
centre-doc-mobilite@met.wallonie.be
<http://documentation.mobilite.wallonie.be>



■ DÉJÀ PARUS DANS CETTE COLLECTION

1. Le conseiller en mobilité : contexte, rôle et outils
2. Les pièges de la mise en œuvre des plans communaux de mobilité
3. La gestion de la demande de mobilité
4. La mobilité et l'aménagement du territoire
5. Mobilité, consommation d'énergie et pollution de l'air : quels enjeux pour demain ?
6. Tous en piste pour le vélo !
7. Une réunion ? Et si on en parlait ...
8. La signalisation, aussi une question de bon sens ...
9. Les CeM à la découverte de La Rochelle
10. Le charroi agricole
11. Le stationnement : encore et toujours au coeur de la mobilité – 1. Problématique générale
12. Le stationnement : encore et toujours au coeur de la mobilité – 2. Applications et effets
13. Mobilité scolaire
14. Mobilité en zone rurale
15. L'intermodalité dans le transport des personnes
16. Mobilité en Suisse romande
17. Le transport en commun
18. Nouvelles implantations commerciales et mobilité
19. Zone 30, zone résidentielle et zone de rencontre
20. L'aménagement du territoire et l'urbanisme face à la mobilité
21. Le stationnement – 3. Besoins spécifiques
22. Mobilité douce et déplacements quotidiens
23. Des comptages. Pourquoi ? Comment ?
24. Mobilité et environnement
25. Le Plan Escargot. Un soutien financier aux communes pour favoriser les modes alternatif de déplacement

