

Certu - DGITM

BUS A HAUT NIVEAU DE SERVICE (BHNS)

TITRE A TROUVER :

**MOTS-CLEFS : DEFINITION,
PRECISION DU CONCEPT, DOMAINE
DE PERTINENCE, ORGANISATION,
EVALUATION, RETOUR
D'EXPERIENCES, ESPOIRS, LIMITES**

1992

Version 2 - Novembre 2008

Centre d'études sur les réseaux, les transports,
l'urbanisme et les constructions publiques



Collection Dossiers

Ouvrages faisant le point sur un sujet précis assez limité, correspondant soit à une technique nouvelle, soit à un problème nouveau non traité dans la littérature courante.

Le sujet de l'ouvrage s'adresse plutôt aux professionnels confirmés.

Le Certu s'engage sur le contenu mais la nouveauté ou la difficulté des sujets concernés implique un certain droit à l'erreur.

Ce sont des documents permettant une transmission rapide de l'information grâce à une mise en page standardisée.

Le Certu publie aussi les collections: débats, références, rapports d'étude, enquêtes et analyses.

Catalogue des publications disponible sur <http://www.certu.fr>.

Le département « déplacements durables » du Certu développe des compétences sur toutes les problématiques liées à la mobilité durable.

Voir avec Patricia Varnaison

Remerciements

Cet ouvrage a été commandé au Certu par la direction générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) du ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire (MEEDDAT).

Il a été rédigé par Sébastien Rabuel, chargé de projets transports publics au Certu à partir des travaux d'un **groupe de réflexion** composé de :

- Christian Babilotte, Thierry Gouin, Marie-Noelle Mille, Sébastien Rabuel et François Rambaud du Certu
- Réginald Babin du Gart
- Christian Bourget du Conseil général des ponts et chaussées (CGPC)
- François Brunel du Cete de l'Est,
- Emmanuel Gambet du Cete de l'Ouest
- Sophie Hasiak du Cete Nord-Picardie
- Bertrand Hervier et Marie Vilette de la DGITM
- Odile Heddebaut de l'Inrets
- Stéphanie Lopez d'Azevedo et Anne Meyer de l'UTP
- Stéphane Patouillard du Cete Méditerranée
- Michel Pouchard du Cete du Sud-Ouest
- Mathieu Rabaud du Cete Normandie-Centre
- Jean Robert du Cete de Lyon

Les discussions du groupe de travail se sont nourries de monographies des Cete dont certaines feront l'objet de diffusion sur le site web www.bhns.fr

Six réunions ont été organisées en province afin de permettre aux AOTU de présenter leurs réflexions et attentes vis à vis du groupe :

- 19/20 mars 2007 à Lyon, avec la participation des agglomérations de Clermont-Ferrand, Annecy et Lyon
- 12/13 juin 2007 à Rennes, avec la participation des agglomérations de Saint-Brieuc, Lorient, Brest, Nantes et de Rennes
- 10/11 septembre 2007 à Rouen, avec la participation des agglomérations d'Orléans, Le Havre et Rouen (thématique spécifique sur le choix du système tramway/BHNS)
- 19/20 novembre 2007 à Lille, avec la participation des agglomérations de Douai et Lille
- 17/18/19 mars 2008 à Toulouse, avec la participation de l'agglomération de Toulouse
- 19/20 juin 2008 à Lyon, avec la participation de la RATP et de l'agglomération d'Annecy

Les membres du groupe remercient les collectivités pour leur accueil et leurs techniciens ou exploitants qui ont pris part au travail, en présentant leur réflexion lors de notre « tour de France des projets » et/ou en participant à la discussion organisée le 3 décembre 2008 au Gart :

- Claire Blanchard (RATP)
- Yann Chauvin (Communauté d'agglomération du Grand Besançon)
- Elsa Delabaere et Jean Rince (Communauté d'agglomération de Rouen Haute Normandie)
- Pascal Delisle (Communauté d'agglomération du Pays de Montbéliard)
- Bernard Delporte (Syndicat mixte des transports du Douaisis)
- Valérie Denis (Communauté d'agglomération de Brest Métropole Océane)
- Eric Diserbeau et Noël Phillippe (Communauté d'agglomération de Rennes Métropole)
- André Douineau (Communauté d'agglomération Cap Lorient)
- Céline Faurie-Gauthier (Sytral – Lyon)
- Patrick Ferri (SMTA - Clermont-Ferrand)
- Catherine Ganter et Alexandre Rousseau (Communauté urbaine de Lille)
- Damien Garrigue et Eric Chevalier (Communauté urbaine de Nantes Métropole)
- Thierry Girard (Communauté de l'agglomération annécienne)
- Jean-Luc Louis (Communauté d'agglomération de Nîmes Métropole)
- Eric Robert (Communauté d'agglomération de Saint-Brieuc)
- Claire Vilard et Benoît Pavageau (Tissoe SMTA – Toulouse)
- Michel Sanchez (Aguram – Metz)

La réflexion du groupe de travail s'est aussi appuyée :

- sur les retours d'expérience étrangères et les échanges du groupe européen COST TU0603 « Bus with a high level of service » piloté par le Certu et Nantes Métropole (voir le site www.bhls.eu)
- sur les présentations et échanges du cycle de formation continue ENPC¹-Ponts Formation sur les transports collectifs en site propre (TCSP) (voir le site www.pfe.enpc.fr, rubrique « déplacements, mobilité et transports »)

Les membres du groupe tiennent à saluer le travail des relecteurs de l'ouvrage :

- Interne Certu : Gilles Bentayou ? Nathalie Fürst ? Thierry Gouin ?
- DGITM : Jean-Jacques Faure ? Julien Matabon ?
- Claude Soulard, Inrets
- Richard Darbéra pour l'annexe 4

¹ école nationale des ponts et chaussées

Avant-propos

Texte...

Préface

DGITM ?

GART (Roland Ries -> « domaine de pertinence ») ?

UTP ?

Introduction

Avec l'évolution des pratiques de déplacements et des mentalités, les transports collectifs ont acquis un rôle primordial dans le fonctionnement de nos agglomérations. Autrefois réservés aux captifs, ils s'affirment peu à peu comme des solutions alternatives à l'automobile. A partir de la fin des années 70, c'est la congestion des centre-villes denses qui incitent nos grandes agglomérations de province à se lancer dans des projets de métro, rapides et capacitatifs. En 1982, la loi d'orientation sur les transports intérieurs (Loti) marque un tournant en créant les autorités organisatrices des transports urbains (AOTU) et en confiant au niveau local la responsabilité des problématiques déplacements. Par ailleurs, à partir de la fin des années 80, de nouvelles préoccupations apparaissent. Elles concernent l'environnement et le cadre de vie. Ainsi Nantes signe en 1985 le retour du tramway en ville en s'appropriant une partie de l'espace destiné aux voitures. Alors que les enjeux d'aménagements sont de plus en plus forts, Grenoble en 1987 puis Strasbourg en 1994 scellent dans le marbre le concept de « tramway à la française » dont les performances ne sont plus à démontrer (vitesse, fréquence, régularité, confort, accessibilité, image). Alors que seules Lille et Saint-Etienne ont conservé une partie de leur tramway d'avant-guerre, ce dernier est aujourd'hui présent dans 17 agglomérations, pour un total de 400 kilomètres d'infrastructures. 350 nouveaux kilomètres sont prévus d'ici 2013 dont 80 kilomètres dans 6 nouvelles agglomérations.

En parallèle, les bus souffrent généralement d'une image négative liée à la congestion, à l'irrégularité, à l'inconfort et au design d'un matériel qui a peu évolué. Malgré la réalisation de quelques couloirs bus, l'écart de service avec le tramway moderne demeure important. Or ce dernier n'est pas nécessairement adapté aux besoins et aux capacités financières des agglomérations. Les prises de conscience sur l'environnement et la nouvelle donne économique (prix du pétrole, pouvoir d'achat) placent les transports collectifs dans une situation paradoxale : le potentiel de report modal n'a jamais été aussi important et les marges de manœuvre financières jamais aussi faibles... Ce nécessaire développement des transports collectifs de surface passe donc par une recherche de l'efficience dans les systèmes mis en œuvre qui ouvre une ère nouvelle pour les bus.

Au-delà du cas de la ville nouvelle d'Evry dans les années 70, quelques agglomérations ont cerné ces enjeux dès la fin des années 90. Les premiers tronçons de l'axe *Est-Ouest* bus de Rennes, le centre-ville en sites propres d'Annecy, le *Trans-Val-de-Marne* en région parisienne ou la ligne Est-Ouest à Clermont-Ferrand ne sont que les préfigurateurs de projets de « TCSP bus » plus aboutis, où l'innovation occupe une place importante :

- Rouen en 2001 avec le guidage optique en station et des sites propres alternés,
- Nancy et Caen en 2002 avec le guidage par rail central,
- Nantes en 2006 avec un fonctionnement le plus proche possible du tramway,
- Lyon en 2007 avec une nouvelle génération de trolleybus,
- Lorient en 2007 avec de nouvelles idées d'aménagement (insertion, carrefours),

10.	Annexes	131
10.1	Annexe 1 - Définitions des infrastructures utilisées par les bus	131
10.2	Annexe 2 - Le BHNS dans la classification Certu des systèmes de TCSP urbains	137
10.3	Annexe 3 – Ordre de grandeur de coûts d'investissement - décomposition selon les « 19 postes « Certu »	141
10.4	Annexe 4 – Approche simplifiée de la pertinence économique des systèmes BHNS et tramway par rapport à leur capacités	142
11.	Bibliographie et sitographie	156
12.	Sigles	159
13.	Glossaire	163

1. Qu'est-ce qu'un bus à haut niveau de service ?

Volontairement, le groupe de travail de 2005 n'a pas cherché à formaliser un label national « BHNS ». Les contextes locaux étant très différents, l'objectif reste de favoriser l'émergence de configurations adaptées s'inspirant du concept BHNS.

Il est cependant ressorti des nombreuses discussions avec les AOTU le besoin de clarifier ce concept en précisant ses contours. C'est l'objet de cette première partie de l'ouvrage.

1.1 Quelques précisions sur la terminologie autour du bus

Qu'est-ce qu'un bus ? Cette question peut paraître triviale. Pourtant imprécisions et contre-sens se sont installés dans les esprits avec l'émergence de nouveaux systèmes autrefois qualifiés d'« intermédiaires » (TVR de Bombardier, *Translohr* de Lohr Industrie, etc.).

Les caractéristiques de l'autobus, plus couramment appelé bus, sont définies par l'arrêté du 2 juillet 1982 relatif aux transports en commun de personnes et le code de la route⁴. Ce matériel roulant sur pneus de plus de 9 places assises, conducteur compris, est ainsi **limité en longueur à 13m50 pour les bus standard, 18m75 pour les bus articulés et 24m50 pour les bus bi-articulés**. Par ailleurs, sa largeur est limitée à 2m55 hors rétroviseurs. Ces éléments ont un impact direct sur les capacités des véhicules. Le tramway lui n'est pas limité. Si sa largeur varie de 2m17 à 2m65 en France, on observe des longueurs qui dépassent les 40m comme à Bordeaux. A l'image du tramway T2 en Ile-de-France, deux rames peuvent être couplées afin d'augmenter la capacité.

La longueur d'un bus est limitée à 24m50 par le code de la route

Système	Capacité maximale du matériel roulant en nombre de personnes ⁵ (norme de 4 pers./m ²)	Capacité maximale du système en nombre de voyages par heure et par sens (fréquence de 3 min)
BHNS standard (12m)	80	1 600
BHNS articulé (18,5m)	120	2 400
Tramway de 23m de long et 2m30 de large	130	2 600
BHNS bi-articulé (24,5m)	150	3 000
Tramway de 33m de long et 2m40 de large	210	4 200
Tramway de 43m de long et 2m65 de large	280	5 600

Tableau 3 : capacité de différents systèmes TCSP (source : Certu)

⁴ Art. R. 311-1, R. 312-10 et R. 312-11 du code de la route

⁵ Dans la pratique, les conditions réelles de remplissage ne permettent pas toujours d'atteindre ces valeurs (conditions de circulation entre les sièges,...)

Les autobus peuvent utiliser différentes sources d'énergie afin de se mouvoir. On distingue aujourd'hui 3 catégories d'énergie :

- le diesel et les carburants associés (ex : les bus de Rouen dont le BHNS *TEOR*),
- le gaz naturel (GNV, biogaz) (ex : les bus de Nantes dont le BHNS *Busway*, une partie des bus de la Lianes 1 à Lille⁶),
- l'énergie électrique par l'intermédiaire de perches reliées aux lignes aériennes de contact (LAC) : on parle alors de *trolleybus* (ex : le *Cristalis* à Lyon). Dans le cas du BHNS de Caen, le *TVR*, le retour du courant se fait par un rail central qui sert de guidage.

Le trolleybus est un bus caractérisé par une motorisation électrique.

De nouveaux systèmes utilisant énergie thermique et électrique se développent.

On distingue deux catégories :

- avec les **matériels hybrides**, l'objectif est de profiter du rendement des moteurs électriques pour réduire les consommation de carburants (ex : le futur BHNS *Eveole* de Douai). La « matière première » reste l'énergie diesel qui est ensuite transformée en énergie électrique. Celle-ci permet alors de faire fonctionner des moteurs électriques, souvent placés près des roues.
- des **matériels bimodes** qui permettent d'utiliser alternativement l'énergie électrique (par exemple en centre-ville en fonctionnement trolleybus) et l'énergie thermique (par exemple en bout de ligne où l'investissement en LAC paraît surdimensionné par rapport). Aucun matériel de ce type ne fonctionne à ce jour en France.

Voir choix Montbéliard



*Photo 1 : le Civis d'Irisbus à Castellon, un trolleybus bi-mode à guidage optique
(source : Certu)*

⁶ La mention « je roule avec vos déchets » est inscrite sur les bus de la Lianes 1 de Lille qui fonctionnent au biogaz produit par le centre de valorisation organique.

Enfin, certains autobus peuvent être guidés. On distingue de nombreuses configurations selon :

- **le type de guidage** : optique (ex : *TEOR* à Rouen), par rail central (ex : *TVR* de Nancy et Caen), par recalage par capteurs magnétique (ex : *Phileas*)
- **le mode d'exploitation du guidage** : d'un guidage ponctuel en station (cas de *TEOR* à Rouen) à un guidage sur l'ensemble du tracé (ex : projet *Eveole* à Douai)⁷

Dans tous les cas, le bus peut « sortir de son guidage », en particulier dans les situations d'évitement.

1.2 Quels sont les objectifs recherchés à travers le haut niveau de service ?

Le niveau de service fait référence aux notions de fréquence, d'amplitude horaire, de régularité, de temps de parcours, de confort, d'accessibilité, d'image et de lisibilité. Le « haut » niveau de service renvoie à des niveaux de performances élevés qui dépendent des objectifs et des contextes locaux mais sont toujours largement supérieurs à ceux de lignes de bus classiques.

L'atteinte de ce « haut » niveau de service résulte d'un certains nombre de mesures. Les systèmes permettant d'offrir un haut niveau de service sont regroupés sous le terme de **transports à haut niveau de service (THNS)**.

Les objectifs de mise en place d'un THNS concernent d'abord les déplacements :

- augmenter la fréquentation de l'ensemble du réseau de transports collectifs et non du THNS seul⁸,
- restreindre l'usage de la voiture particulière,
- favoriser le report modal de la voiture particulière vers les modes alternatifs,
- accroître la satisfaction des anciens usagers des transports collectifs (TC).

Plus largement les objectifs reposent ensuite sur les trois piliers du développement durable :

- *gains environnementaux* : diminution des pollutions (air, bruit) et réduction des consommations énergétiques,
- *gains sociaux* : désenclavement des quartiers, meilleure accessibilité (emplois, services, équipements), amélioration du cadre de vie et de la sécurité des déplacements,

⁷ Pour plus de précisions sur le fonctionnement en mode guidé, voir l'annexe 2 : *le BHNS dans la classification Certu des systèmes de TCSP urbains*

⁸ Du fait de mauvaises restructurations de lignes de bus, certains réseaux voient leur clientèle stagner malgré la mise en place d'un THNS et le bon usage de celui-ci (voir le *Panorama des villes à transports publics guidés hors Ile-de-France, situation 2005*, Certu, 2007).

- *gains économiques* : participation au développement de l'agglomération (activité commerciale, attractivité,...), rentabilisation des systèmes.

Les bénéfices socio-économiques du THNS sont évalués en comparant les différents gains avec les coûts engendrés par le système.⁹

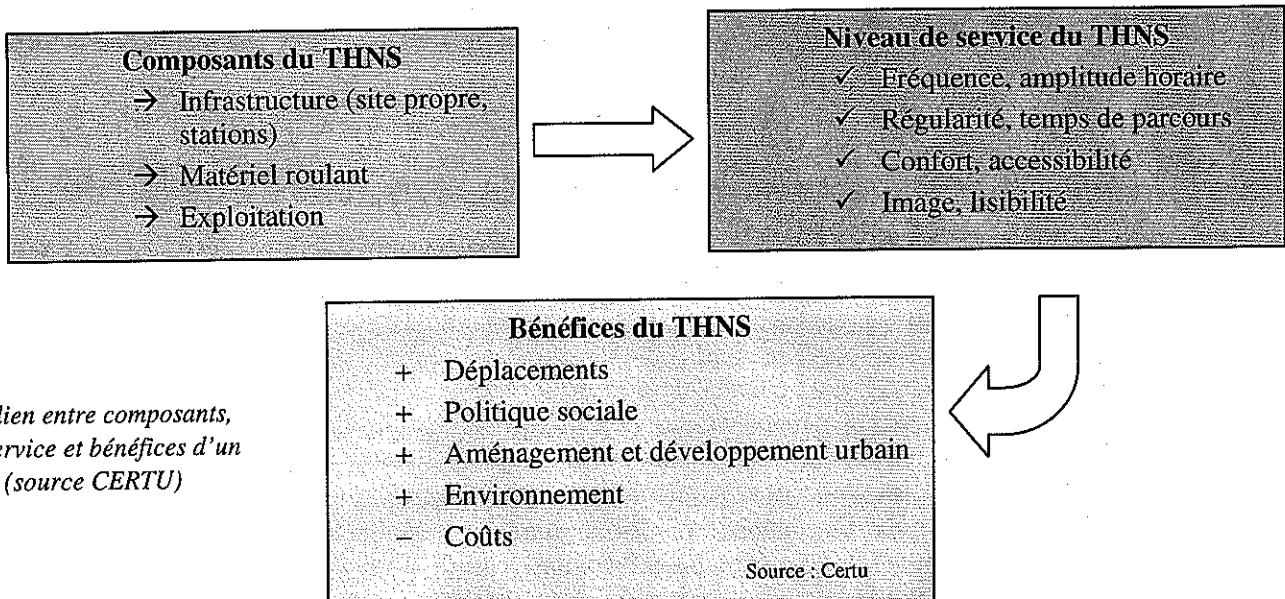


Figure 1 : lien entre composants, niveau de service et bénéfices d'un THNS (source CERTU)

1.3 Comment caractériser le haut niveau de service ?

Le rôle purement social des transports publics est aujourd'hui dépassé. De nouveaux enjeux liés à la congestion des villes, aux pollutions atmosphériques et sonores, à la sécurité, au cadre de vie et au pouvoir d'achat sont apparus. Ils invitent les acteurs publics à convaincre l'« autosoliste »¹⁰ d'utiliser sa voiture de manière rationnelle, voire de s'en défaire au profit notamment des transports collectifs. Or ce dernier bénéficie d'une liberté, d'un confort voire de vitesses difficiles à égaler. Pour le « séduire », une politique forte de restriction de la voiture en ville et des exigences élevées en matière de service des transports collectifs sont nécessaires. Seul le haut niveau de service permet de répondre à ces enjeux.

Le report modal de la voiture vers les transports collectifs passe par le développement d'alternatives crédibles comme les systèmes de transport à haut niveau de service

Le tableau ci-dessous vise à donner, pour chaque composante du service, des éléments permettant de qualifier ce haut niveau de service pour un transport de surface. Ceux-ci ont été définis sur la base des retours d'expérience de terrains des membres du groupe de travail et des AOTU.

⁹ Pour plus de renseignements sur les méthodes d'évaluation des THNS, consultez la *Note méthodologique pour l'élaboration des bilans LOTI de TCSP*, Certu, 2003

¹⁰ Terme utilisé pour désigner une personne seule au volant de sa voiture

Fréquence	<ul style="list-style-type: none"> 8 min.¹¹ à 10 min. maximum aux heures de pointe selon la taille de l'agglomération 15 min. à 20 min. maximum aux heures creuses selon la taille de l'agglomération¹² Pas de distinction entre les périodes scolaires et non scolaires
Amplitude horaire	<ul style="list-style-type: none"> Se rapprocher de la plage 5h – 24h avec des horaires simples¹³
Régularité/Ponctualité	<ul style="list-style-type: none"> Circulation en flot continu et ponctualité aux arrêts
Temps de parcours	<ul style="list-style-type: none"> De porte à porte, au moins équivalent à celui proposé par la voiture Vitesse régulière sur le tracé et sur la journée
Confort¹⁴	<p style="text-align: center;">Se rapproche du confort d'un tramway :</p> <ul style="list-style-type: none"> Mouvements du véhicule limités Confort des sièges, des appuis et des circulations à l'intérieur Ambiance générale de qualité (luminosité, ressenti) Information à bord et en station sur l'accès au voyage et son déroulement (prochaine station, temps, perturbations) Au-delà de 10 min., l'information sur le temps d'attente est indispensable
Accessibilité	<p>Il s'agit d'une obligation législative¹⁵. Par ailleurs, il serait souhaitable :</p> <ul style="list-style-type: none"> De rechercher un niveau d'accessibilité supérieur aux lignes de bus classiques et continue sur l'ensemble des lignes BHNS D'adopter une approche selon la chaîne de déplacements (cheminements, montée/descente, P+R)
Image/lisibilité	<ul style="list-style-type: none"> L'usager doit pouvoir repérer la ligne sur un plan et dans la ville, et y associer le haut niveau de service Donner une image moderne et performante pour « attirer » l'usager Requalifications urbaines plus ou moins poussées

¹¹ Cette valeur correspond à la limite à partir de laquelle les usagers ont généralement besoin de consulter les horaires.

¹² Les études montrent que les besoins en déplacements tendent à s'étaler sur la journée. Les fréquences en heures creuses devront tendre vers celles observées en heures de pointe.

¹³ Dans les petites agglomérations où la vie en soirée est limitée, un arrêt à 23h ou un service de soirée à une ou deux circulations par heure peut suffir, à condition que des solutions alternatives puissent exister (taxi, TAD, autopartage,...).

¹⁴ La question de la climatisation qui renvoie au climat de l'agglomération et à la consommation d'énergie est laissée à l'appréciation des agglomérations.

¹⁵ Loi n°2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées

Figure 2 :
caractérisation du haut
niveau de service
(source : Certu)

Un ligne de transport collectif ne serait qualifiée « à haut niveau de service » que si ce haut niveau de service est **continu** tout au long de la journée et sur la totalité de la ligne.

À Annecy, le traitement en site propre du centre-ville demeure amblématique de ce qu'on savait et pouvait faire dans une agglomération moyenne à la fin des années 90. Toutefois le terme de « haut niveau de service » ne peut pas être appliqué comme le montre l'analyse des temps de circulation de la ligne 4. Le centre-ville en site propre (zone 3) offre des rapports temps de roulage/temps total importants sauf le matin. En revanche, ces rapports sont plus faibles en sortie de centre-ville (zone 4) où il n'existe pas de site propre ni de priorité aux feux. Le rapport y est même très faible en heure de pointe du soir.

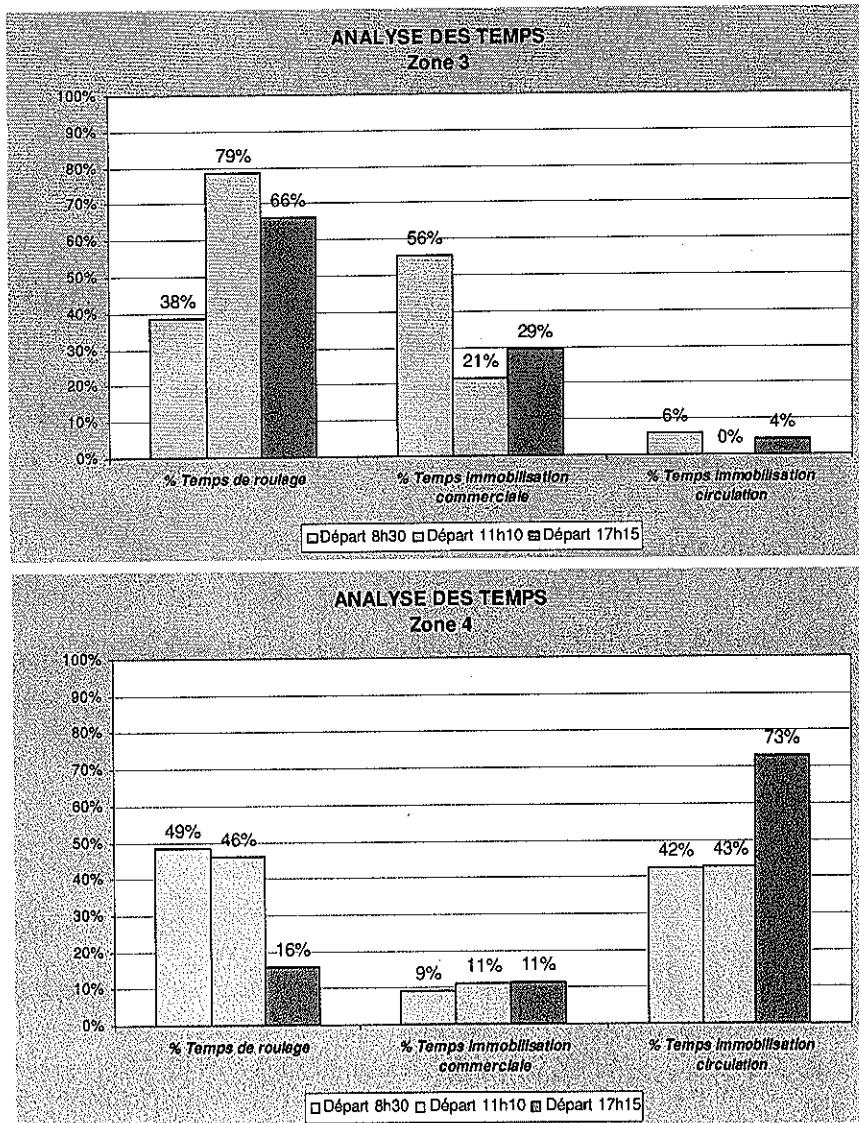


Figure 3 : analyse des temps des bus sur la ligne 4 à Annecy
(source : communauté de l'agglomération annécienne)

1.4 L' « approche système » du BHNS

Système de TCSP

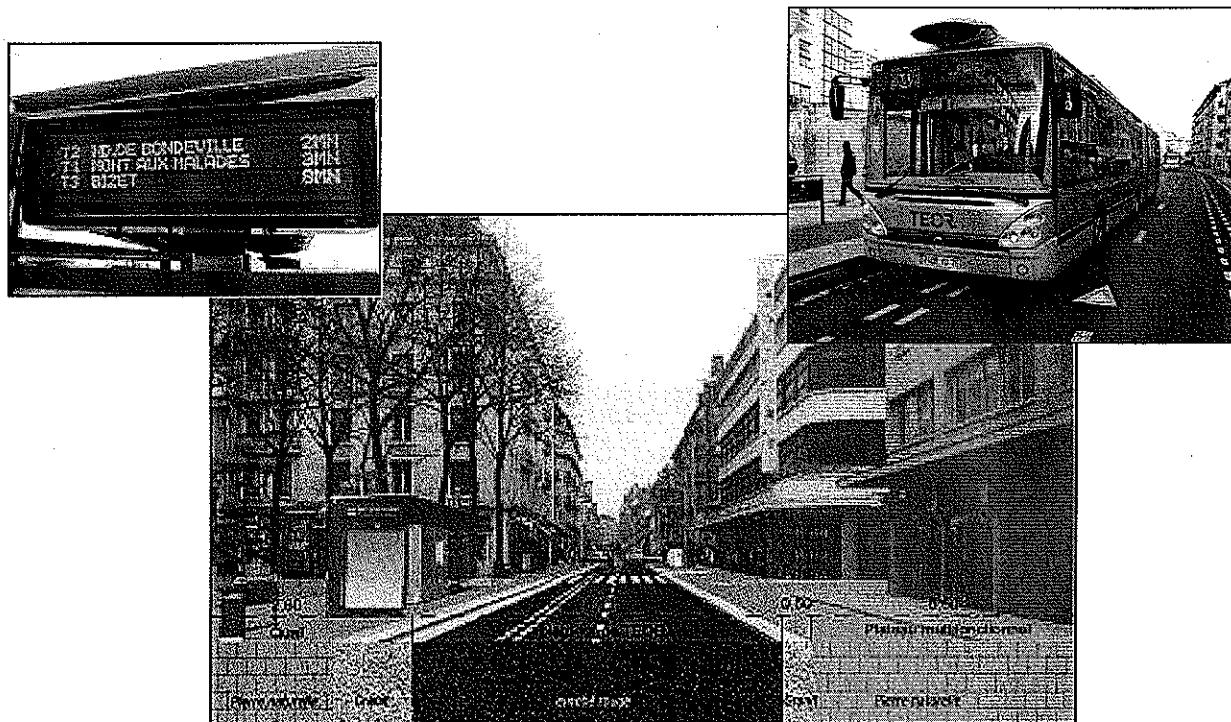
L'approche « système » d'un TCSP repose sur 3 composantes et sur leur articulation :

l'infrastructure (plate-forme, stations, etc.)

le véhicule roulant

les conditions d'exploitation (priorités aux carrefours, information, etc.)

En France, le matériel tramway est naturellement liée à une infrastructure en site propre et à des conditions d'exploitation très favorables. En revanche, le bus renvoie uniquement à un matériel roulant. Le concept BHNS vise à intégrer le bus dans un système de TCSP global incluant aussi l'infrastructure et l'exploitation.



*Photo 2 : exemple de l'approche système pour TEOR, le BHNS de Rouen
(source : communauté d'agglomération de Rouen et Certu)*

Pour chaque composant, on distingue différents niveaux de traitement regroupés en cinq catégories dans le tableau ci-dessous.

Composants du système BHNS	1	2	3	4	5
	Simple couloirs bus	Sites réservés améliorés	Base BHNS	BHNS comme le tramway	Site propre intégral
Infrastructures	Couloirs bus latéraux	Sites réservés bidirectionnels protégés franchissable et partagés avec vélo, taxis, autres bus	Idem 2 mais sites propres réservés au BHNS	Idem 3 mais sites propres infranchissable	Site propre intégral avec carrefours dénivélés
Stations	Arrêts de bus sur trottoirs	Arrêts de bus sur trottoirs améliorés (accessibilité)	Stations alignées et aménagés avec du mobilier classique	Stations modernes et identifiées avec du mobilier spécifique	Stations dénivélées
Véhicules	Bus traditionnel diesel	Bus traditionnel à carburant alternatif (GPL, GNV,...)	Bus ou trolleybus, à carburant alternatif présentant un niveau de confort et une image supérieurs aux bus classiques	Idem 3 avec le guidage	Idem 4 avec du matériel bi-articulé
ITS	Aucun	Billettique	Billettique + Information voyageur	Billettique + Information voyageur + Vente en station	Idem 4 en système fermé
Exploitation	Pas de priorité aux feux	Ponctuellement, demande de priorité aux feux avec sas	Demande de priorité aux feux pour la majorité des carrefours	Demande de priorité aux feux à tous les carrefours	Pas de feux (carrefours dénivélés)

Les titres des colonnes sont donnés pour repères selon une impression générale. A titre d'exemple, la catégorie 4 est un peu "rigide" sur l'infrastructure, sachant que le tramway, dans de nombreux cas, disposent de sites propres franchissables

Tableau 1:Les différents niveaux de traitement des « composants système » d'un BHNS

Le choix des composants se fait selon les objectifs et les contraintes locales. Ainsi on peut imaginer un projet avec :

- des sites propres réservés franchissables (infrastructure de type 3)
- des stations modernes avec du matériel spécifique (stations type 4)
- des trolleybus guidés (matériel de type 4)
- de la billettique mais pas d'information voyageur (ITS type 2)
- une priorité absolue aux feux (exploitation type 4)

Par ailleurs, le composant peut-être différent selon les tronçons. C'est le cas par exemple de l'insfrastucture qui peut évoluer d'un site banal vers un site propre infranchissable (cas de *TEOR* à Rouen).

Chaque projet possède donc sa propre « signature » du point de vue des composants du système TCSP.

1 - Qu'est-ce qu'un BHNS ? : ce qu'il faut retenir...

- Le BHNS est caractérisé par un matériel roulant qui répond au code de la route. Il est donc limité à 24,5m de long. Ainsi, en considérant une fréquence de 3 min., la capacité d'un BHNS est limité à environ 3 000 voy/heure/sens.
- Par une approche globale « système TCSP » (infrastructure, matériel roulant, conditions d'exploitation), il apporte un niveau servir supérieur aux lignes de bus conventionnelles (fréquence, temps de parcours, régularité, confort, accessibilité) et s'approche des performances du tramway.
- Le choix des composants se fait selon les objectifs et les contraintes locales. Le concept BHNS s'adapte donc aux contextes.
- Le BHNS peut être guidé (guidage matériel ou immatériel) ou non guidé.
- Le BHNS peut utiliser toutes les sources d'énergie disponibles et imaginables (thermique, électrique, hybride,...).
- Contrairement à une idée reçue, trolleybus ne rime pas avec BHNS. Le trolleybus renvoie à une motorisation particulière. On peut donc concevoir des trolleybus à haut niveau de service mais il existe aussi des trolleybus classiques (Limoges, Saint-Etienne, Lyon).
- Contrairement à une idée reçue, les TVR de Caen et Nancy sont des BHNS et non des « tramways sur pneus ». Le terme de « tramway sur pneus » est uniquement utilisé pour désigner des systèmes sur pneus guidés intégralement et non soumis au code de la route (cas du Translohr à Clermont-Ferrand)

2. L'intégration du BHNS dans les réseaux : un outil aux multiples facettes

2.1 Le BHNS un outil adapté à différentes tailles d'agglomérations

Le BHNS élargit la palette des systèmes de transports collectifs en site propre (voir Annexe 2 : *le BHNS dans la classification Certu des systèmes de TCSP urbain*).

Il peut être adapté à différents tailles d'agglomérations.

2.1.1 Le BHNS au même niveau que le tramway dans certaines grandes agglomérations

Après avoir réalisé 3 lignes de tramway, Nantes a opté pour le BHNS pour sa 4^{ème} ligne de TCSP. Avec des objectifs de performances pour l'usager équivalents aux lignes de tramway, le *Busway* se place au même niveau. **Tramway ou busway, l'objectif est de mettre en avant un réseau à haut niveau de service.** Il n'y a donc pas de hiérarchie entre les deux. D'ailleurs, Nantes Métropole s'oriente vers le tramway pour la ligne 5 qui traversera l'île de Nantes.

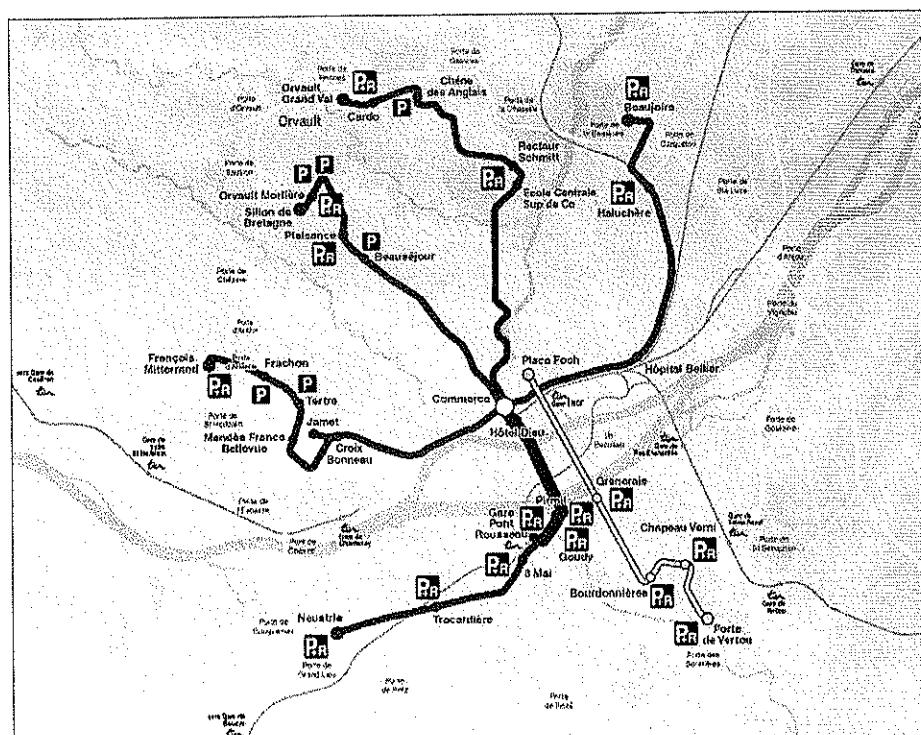
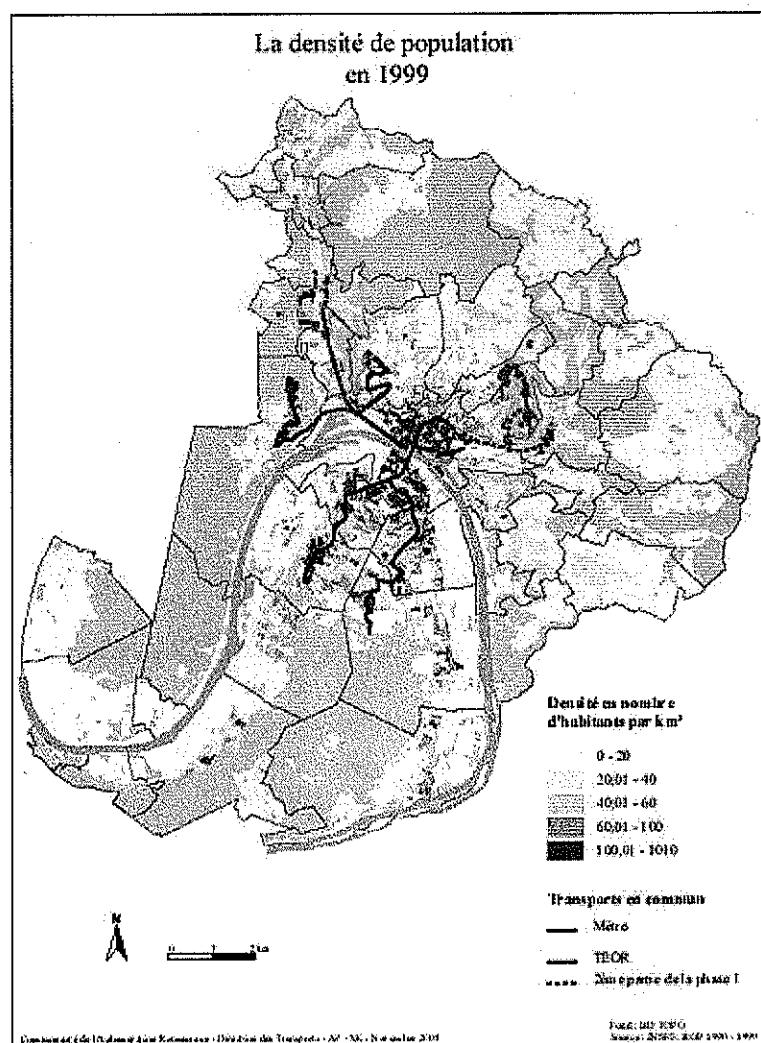


Figure 4 : la ligne de Busway est intégrée comme « ligne 4 » au réseau de TCSP (source : Nantes Métropole)

Le cas est à peu près similaire à Rouen. En parallèle de la mise en service de la première ligne de tramway en 1994, le district de l'agglomération rouennaise a lancé des études pour la réalisation d'une deuxième ligne de TCSP. L'objectif était de relier le plateau de l'université, le centre-ville et le plateau nord (40 000 habitants à moins de 400m). Un premier appel d'offres infructueux a permis de mettre en évidence une inadéquation entre les coûts des systèmes proposés (TVR de Bombardier, tramway de Siemens, tramway d'Alsthom et transport par câble de Pomagalski) et les besoins. De plus, le tracé ne répondait pas aux besoins des plateaux est et ouest et de la vallée de Cailly (50 000 habitants à moins de 400m). Aussi, le choix s'est finalement porté sur un système BHNS en ajoutant trois branches au projet initial, afin de **diffuser le haut niveau de service sur un territoire plus vaste**.

*Figure 5 : diffusion du haut niveau de service (tramway ou BHNS) dans les zones les plus denses
(source : communauté d'agglomération rouennaise) -> même carte en remplaçant métro par tramway (par CA Rouen)*



Dans ces cas où le BHNS se place au même niveau que le tramway, on visera un niveau de service équivalent. Pour cela, les composants du système devront s'inspirer du tramway.

2.1.2 Le BHNS comme réseau urbain complémentaire

D'autres agglomérations à métro ou à tramway peuvent utiliser le BHNS comme système intermédiaire entre ces derniers et le réseau de bus classique. L'objectif est de hiérarchiser le réseau de bus. Le niveau de service recherché sur les lignes BHNS pourra donc être légèrement plus faible que les « TCSP lourds » mais devra présenter un saut important par rapport aux lignes de bus classiques.

Les réflexions menées à Lyon (lignes *Cristalis*¹⁶) ou Lille (*Lianes*) reposent sur ce principe mais ne sont pas encore abouties. Ainsi, la ligne C3 à Lyon n'est pas considérée comme BHNS pour l'instant (confort discontinu de la plate-forme, irrégularités liées au manque de sites réservés et de priorités aux feux, non respects de certains couloirs latéraux). De même à Lille, le traitement type BHNS de la *Lianes* 1 n'est pas encore continu (problème de traversée du centre de Lille).

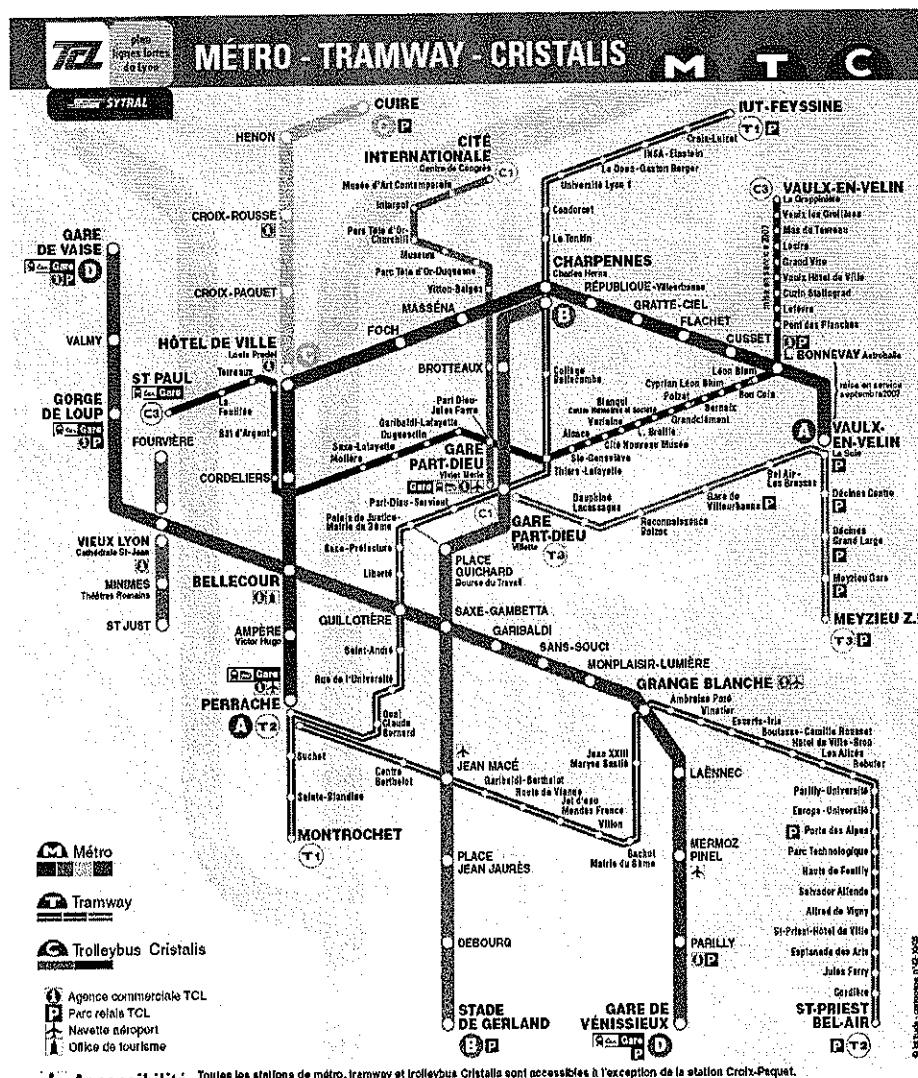


Figure 6 : hiérarchisation du réseau de TCSP lyonnais en fonction du niveau de service offert (source : TCL)

¹⁶ Les lignes Cristalis portent le nom du matériel roulant mis en œuvre sur ces lignes.

2.1.3 Le BHNS comme système de rabattement sur les « TCSP lourds »

Toulouse, unité urbaine de près de 800 000 habitants a défini un réseau de BHNS en rabattement sur les deux lignes de métro.

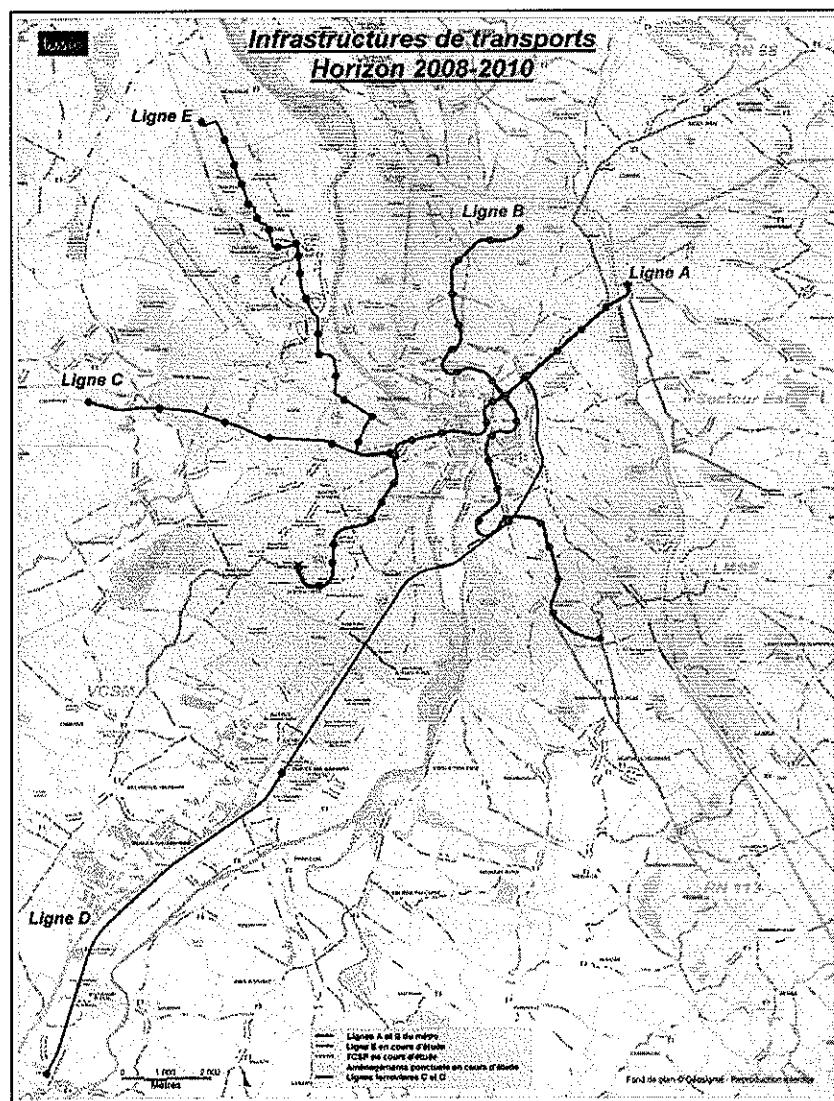


Figure 7 : des lignes de BHNS (en vert) en rabattement sur le métro (en rouge)

A ce jour, deux axes ont été réalisés, celui du secteur Est et celui de la RD 813 (ancienne RN 113¹⁷) pour un total de 11 km. Deux lignes de bus circulent sur chacun des axes.

Des parc-relais de 50 et 100 places viennent compléter l'offre en bout de ligne mais ils sont peu utilisés. Le nombre de correspondances¹⁸ (au minimum deux pour se

¹⁷ La RN 113 a été transférée au conseil général de Haute Garonne dans le cadre des dernières lois de décentralisation.

¹⁸ On parle aussi de *rupture de charge*.

rendre au centre-ville) devient pénalisant. Cet exemple met en avant de nombreuses questions qui se posent sur la manière de favoriser l'usage des transports collectifs des habitants du périurbain :

- quel est l'impact réel des correspondances sur les comportements des usagers ?
- faut-il favoriser le rabattement des BHNS sur des modes lourds (métro, tramway) ou desservir plus finement le centre par un maillage plus fin ?
- comment gérer la concurrence entre les P+R du métro et les lignes BHNS en rabattement ?
- quelle complémentarité des systèmes routiers performants en complémentarité du TER ?

Il n'existe pas de réponse standard à chacune de ces questions. In fine, tout dépend de la combinaison temps/confort/prix proposée aux usagers.

2.1.4 Le BHNS comme système structurant dans les agglomérations moyennes

Dans la plupart des agglomérations moyennes (unité urbaine d'environ 100 000 à 300 000 habitants), le potentiel de développement des transports collectifs et les ressources financières ne justifient pas le choix du tramway à moyen terme. Ainsi, pendant que leurs grandes sœurs se dotaient de métro et de tramways performants, les agglomérations moyennes n'avaient guère de solutions pour redynamiser les transports collectifs. Dans les grandes agglomérations, l'augmentation sensible du nombre de déplacements TC est en partie due à l' « effet TCSP »¹⁹. Dans les agglomérations moyennes, la tendance globale de la dernière décennie est à la stagnation, voire à la baisse.

Le BHNS offre des perspectives nouvelles pour les agglomérations moyennes

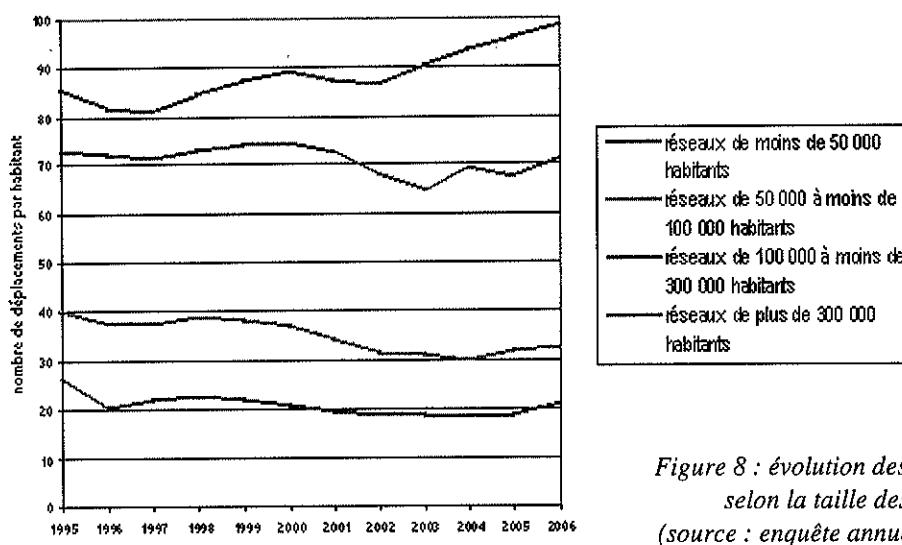


Figure 8 : évolution des déplacements TC de 1995 à 2006 selon la taille des agglomérations (hors IdF)
(source : enquête annuelle TCU Certu-DGMT-Gart-UTP 1995 à 2006)

¹⁹ D'autres facteurs peuvent expliquer une progression de l'usage des transports collectifs : forte croissance démographique, politique de restriction de l'usage de la voiture, développement du réseau au-delà des seuls TCSP, contexte économique des ménages, etc.

Ainsi, le BHNS offre de nouvelles perspectives pour les agglomérations moyennes dans lesquelles il peut créer l'« effet TCSP ».

Fin 2008, seules Lorient et Nancy²⁰ font partie de la catégorie des agglomérations moyennes à BHNS²¹. Elles envisagent d'étendre leur réseau (3^{ème} branche du Triskell à Lorient, 2^{ème} ligne de BHNS à Nancy). Cependant, de nombreuses agglomérations moyennes ont des projets qui pourraient s'accélérer grâce au retour des subventions de l'Etat :

- dès 2009 avec Nîmes, Douai et Maubeuge,
- à plus long terme avec Metz, Limoges, Montbéliard, Pau, Cannes, Perpignan, Antibes,...

Les projets de BHNS d'adaptent aux contextes des agglomérations

Au sein même de cette catégorie, le niveau de structuration et les objectifs de niveau de service du BHNS peuvent être différents selon les contextes des l'agglomérations. Les projets de Nîmes et Metz qui présentent des niveaux d'exigences élevées s'inspirent des BHNS les plus performants en service (*Busway* à Nantes, *TEOR* à Rouen). A Maubeuge, le niveau de service recherché sera inférieur et résultera d'un compromis entre les besoins des différents usagers, le potentiel de clientèle et les coûts.

Développer à partir travaux Cete de Lille et présentation de l'AOTU de Maubeuge (absence priorité aux feux, partage avec autres lignes TC + vélo)

2.2 Du busway au tronc-commun : différentes manières de faire du BHNS

De part son roulement sur pneus, le BHNS apporte une souplesse qui permet d'envisager différentes formes d'organisation. Ces formes sont caractérisées par le degré de dépendance des lignes BHNS avec les infrastructures en site propre.

2.2.1 L'approche « busway » ou « système fermé » : une infrastructure dédiée au BHNS

L'approche « busway » aussi appelée « système fermé » prend son inspiration dans le modèle de la ligne 4 de Nantes. Elle est relativement proche de celle d'un tramway classique :

- le site propre est dédié exclusivement au BHNS afin de garantir un niveau de service élevé²²
- des possibilités de circulation de 2-3 lignes maximum (limite liée à la fréquence²³) et de fonctionnement en branches

²⁰ On rappelle que le TVR s'inscrit dans la catégorie des BHNS dans la mesure où le véhicule peut fonctionner en mode déguidé (soumis au code de la route)

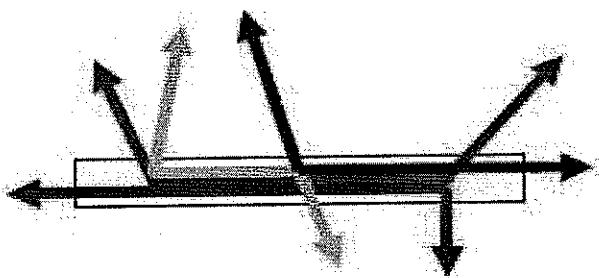
²¹ On entend par « agglomération moyenne », les unités urbaines de 100 000 à 300 000 habitants telles que définies par l'Insee

²² De manière très ponctuelle, un partage avec d'autres circulations peut être envisagée afin de garantir des continuités d'itinéraires.

Restructuration à Nîmes ? (voir CA de Nîmes)

2.2.2 L'approche « tronc-commun à haut niveau de service» ou « système ouvert » : un site propre au service de plusieurs lignes

Selon les contextes, une approche en **tronc-commun à haut niveau de service** peut être préférée. Le tronc-commun est utilisé par des lignes qui se diffusent ensuite sur le reste du réseau.



Graphes à refaire « maison » avec légende : site propre, lignes de bus, Busway!

C'est le choix qu'a fait Rennes avec son projet de tronc-commun dénommé « *axe Est-Ouest* ». Dès 2000, une première section de 4 km (2 km en site propre, 2 km en site partagé) est ouverte. Ce tronc-commun est emprunté par 7 lignes de bus.

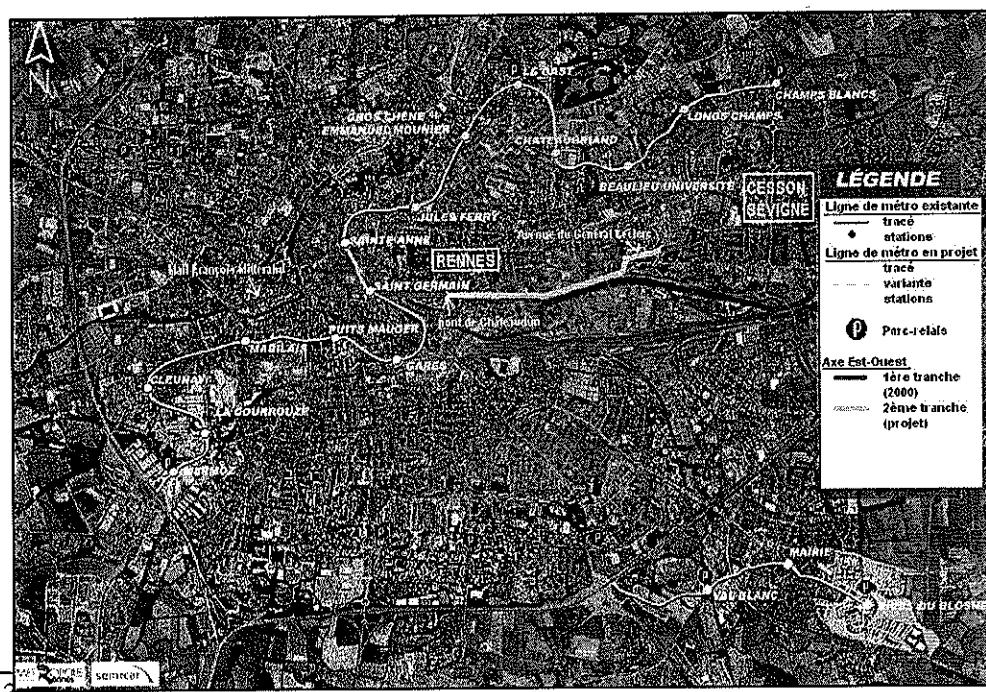


Figure 11 : plan du réseau de TCSP rennais à long terme (source : Rennes Métropole)

L'objectif affiché par l'AOTU est d'améliorer la circulation des bus sans hiérarchiser le réseau. Le tronc-commun permet ainsi de **diffuser le haut niveau de service**. En revanche, la forte fréquence des bus (de 30 à 40 passages par sens en heure de pointe) ne permet pas de garantir une vitesse et une régularité du niveau d'un busway, même si certains aménagements permettent de s'affranchir des carrefours. A terme, le tronc-commun aura une longueur de 6,5 km et permettra d'assurer la continuité du haut niveau de service.

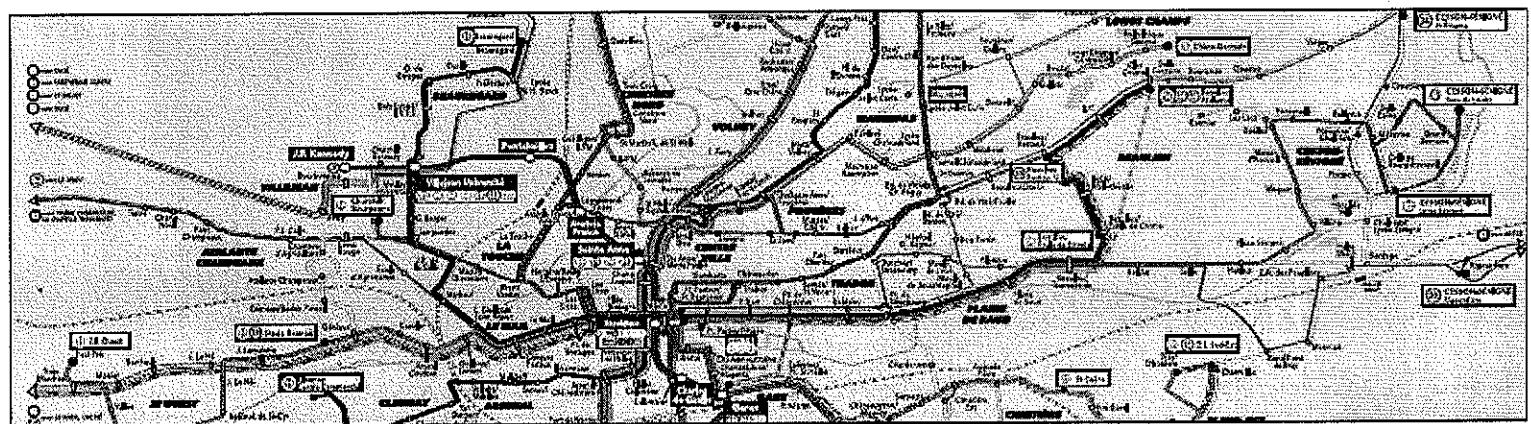
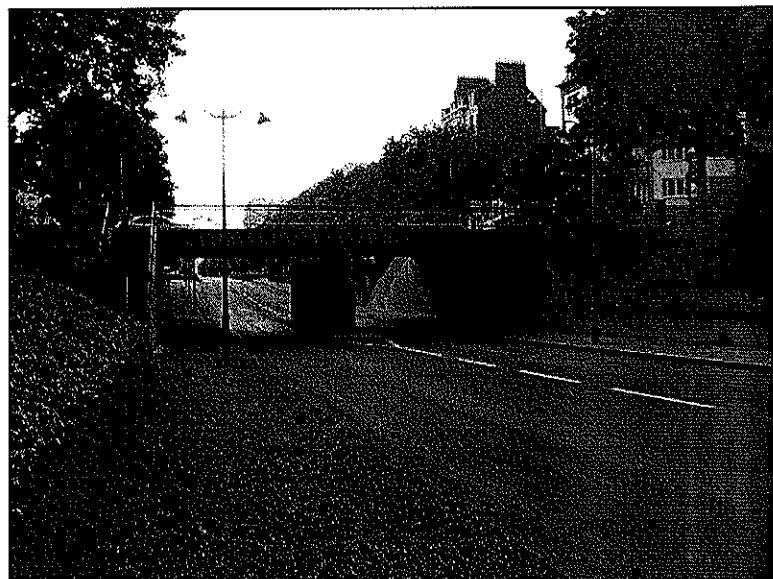


Figure 12 : visualisation des lignes de bus sur l'axe Est-Ouest de Rennes (source : service de transport de l'agglomération rennaise) à reprendre avec mise en évidence du corridor par le Cete Ouest

Photo 13 : un carrefour dénivélé sur l'axe Est-Ouest à Rennes
(source : Certu)



A Lorient, le PDU révisé en 2001 a validé la réalisation d'un TCSP pour dynamiser le réseau de transports collectifs. A l'origine, l'idée qui émerge est celle d'un tramway sur pneus ou d'un BHNS de type busway. Rapidement, le projet a pris une configuration de tronc-commun à haut niveau de service mieux adapté à la forme et la taille de l'unité urbaine (120 000 habitants dont seulement 60 000 dans la ville-centre)

- La forme polycentrique de l'agglomération et des besoins en déplacements diffus ne permettent pas d'identifier un axe fort,
- Les correspondances liées au rabattement sur l'axe TCSP auraient été très pénalisantes étant donnée les faibles distances des déplacements,
- Le tronc-commun permet de mieux répartir le gain pour les usagers sur une agglomération relativement diffuse.

La configuration en tronc-commun semble bien adapté aux petites agglomérations diffuses

Les aménagements sont toutefois compatibles avec une peu probable évolution vers un système guidé sur pneus ou sur fer²⁶.

Le tronc-commun du *Triskell* est long de 5 km dans sa première phase. Il est accompagné d'un nouveau pont sur le Scorff qui est utilisé par des lignes arrivant du nord-est. Deux extensions pourraient porter le tronc-commun à plus d'une dizaine de kilomètres.

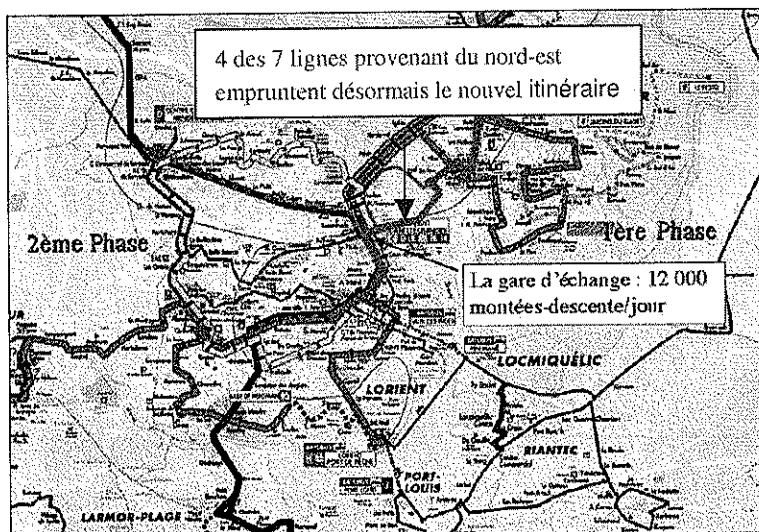


Figure 14 : tracé du Triskell sur l'ancien plan du réseau de TC de Lorient
(source : Cap Lorient)
tracé à jour (voir Cap Lorient)

²⁶ Quelques difficultés ponctuelles existent toutefois sur les rayons.

*Photo 3 : exemple de gestion des priorités sur le tronc-commun à Lorient
(source : Certu)*



12 lignes de bus circulent sur la partie la plus utilisée du tronc-commun soit une fréquence théorique pouvant descendre jusqu'à la demie-minute en heure de pointe. Régularité, vitesses et confort de conduite sont assurés grâce :

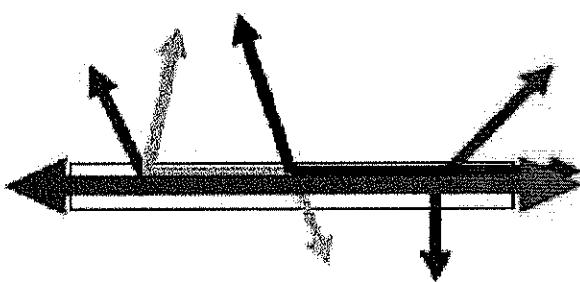
- une priorité majoritairement de type « cédez-le passage » et la réalisation de « giratoires percés »
- les faibles flux perpendiculaires au niveau des carrefours et le bon respect de la signalisation (question de culture ?)

2.2.3 L'approche « mixte » ou « système semi-fermé » :

Pour des questions de rentabilisation d'espace et/ou d'optimisation de fonctionnement du réseau de TC certaines AOTU sont amenées à opter pour une configuration mixte qui repose sur :

- une ou plusieurs lignes BHNS bien identifiées
- une ouverture de tronçons en site propre pour des lignes classiques (urbaines mais aussi interurbaines)

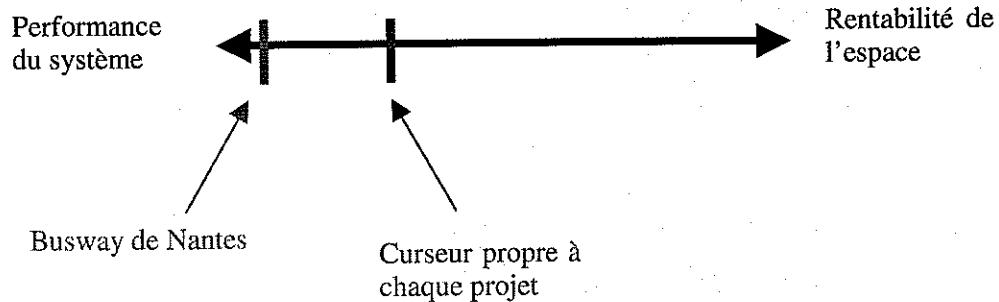
L'approche « mixte » permet d'optimiser la recherche de performance et de rentabilité de l'espace



Graphes à refaire « maison » avec légende : site propre, lignes de bus, Busway !

Dans ce cas, la difficulté est de trouver le bon équilibre entre les objectifs de performance du système et la rentabilité de l'espace réservé. Cet équilibre doit être défini le plus en amont possible des réflexions et doit être maintenu lors du

déroulement des études. La souplesse du BHNS conduit en effet à « céder » plus facilement sur les objectifs de performance lors de sa mise en œuvre.



L'agglomération de Saint-Brieuc vient d'opter récemment pour le choix d'un fonctionnement mixte.

Saint-Brieuc est une commune de 50 000 habitants eu sein d'une unité urbaine de 90 000 habitants. Dans le cadre des réflexions du PDU approuvé en septembre 2006, la communauté d'agglomération de Saint-Brieuc (Cabri) a acté la réalisation d'un TCSP. 5 corridors d'intérêt ont été identifiés dont ceux reprenant les lignes 3 et 5 qui représentent 45% de la clientèle du réseau avec 10 000 voyageurs par jour.

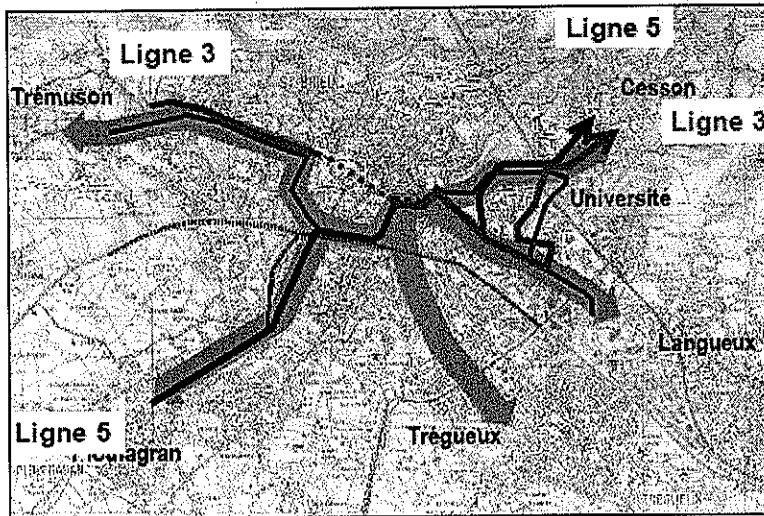


Figure 15 : identification de corridors dans le cadre des études du futur BHNS de Saint-Brieuc
(source : CABRI)

Après les études complémentaires, le projet devrait reposer sur :

- une ligne BHNS Est-Ouest de 8km identifiée comme telle avec une fréquence de 8 minutes en heure de pointe
- l'ouverture des sites propres à d'autres lignes de bus classiques pour rentabiliser le site propre

La réorganisation du réseau de bus se basera sur un équilibre difficile à trouver entre performances des lignes et rentabilité de l'espace. A l'instar de Lorient, les rabattements seront limités car très pénalisants. A la différence, il y a création d'un axe fort structurant.

Développer le contenu + carte du tracé avec projet de réorganisation (voir CABRI)

L'approche « mixte » permet de créer une dynamique TCSP tout en améliorant les performances des lignes de bus classiques. Ce choix est particulièrement judicieux pour des agglomérations moyennes qui souhaitent se structurer autour d'un axe ne nécessitant pas des fréquences trop importantes.

2.2.4 Forme du BHNS et organisation globale du réseau de TC : des choix parfois délicats

Les choix de la forme des BHNS de Nantes et Lorient ont été relativement aisés :

- A Nantes, l'objectif de niveau de service et d'identité ont penché pour le busway. Les faibles contraintes de réorganisation de lignes de bus classiques ont renforcé ce choix.
- A Lorient, la taille et la configuration de l'agglomération ainsi que les faibles contraintes urbaines ont permis le tronc-commun

Dans d'autres agglomérations, la définition des caractéristiques du BHNS et son insertion dans le réseau de TC sont plus délicats. C'est le cas sur les projets de Montbéliard et Metz.

L'agglomération de Montbéliard présente des caractéristiques semblables à celle de Lorient :

- Une population de l'unité urbaine d'environ 115 000 habitants
- Une forme multipolaire (seulement 30 000 habitants à Montbéliard, 15 000 habitants à Exincourt)

Le tracé du BHNS prévu dans les études de faisabilité de 2006 vise à souder les deux principales parties de l'agglomération.

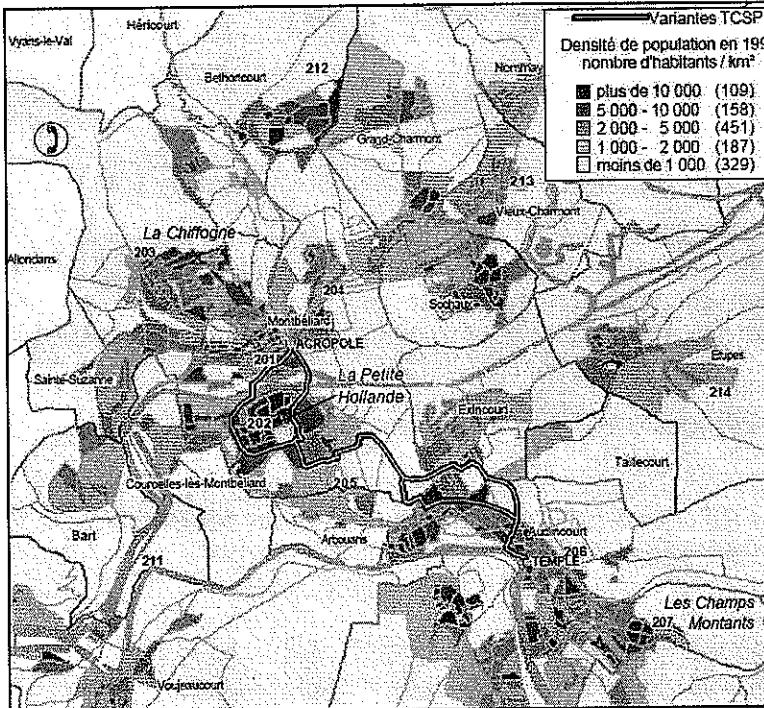


Figure 16 : projet de tracé du BHNS issu des études de faisabilité
(source : communauté d'agglomération du Pays de Montbéliard)

Récupérer le plan du tracé final voté (voir avec CA Montbéliard)

Dès lors, sur cet itinéraire, faut-il :

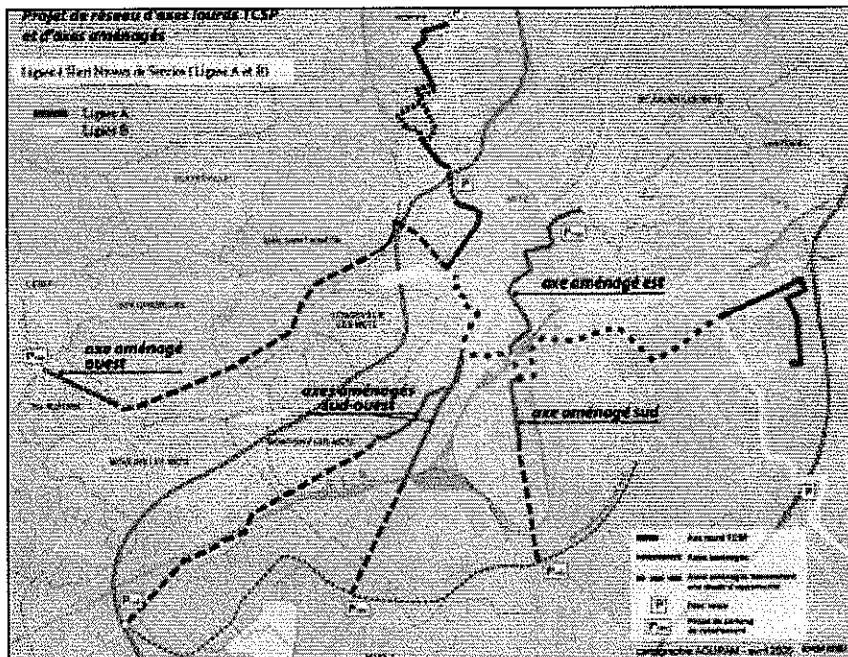
- envisager une ligne BHNS et organiser des correspondances avec les autres lignes de bus aux arrêts « Acropole » et « Temples » ?
- exploiter 2 ou 3 lignes de type busway qui se diffuseraient au nord et au sud en plusieurs branches (à l'image de TEOR) et permettrait de réduire les ruptures charges très pénalisantes ?
- organiser une circulation des bus à la manière de Triskell à Lorient ?

Choix réalisé ? Arguments ? Données ? (voir avec CA Montbéliard)

Metz

A approfondir après études et expertise RST sur Metz

• Figure 17 : Le projet initial de BHNS de Metz comporte deux lignes busway, véritables épines dorsales du réseau de TC (source : CA2M) a confirmer car études en cours



Questions à approfondir avec CA2M :

- que peut-on mettre sur tronc-commun ? ajouter lignes busway ou classiques ? impacts sur carrefours ?
 - rupture de charge + identité forte + HNS / finesse desserte + problème réorganisation bus (contexte urbain) + dégradation NS
 - limites du site alterné ? impact sur accessibilité (surtout si guidage en station) ?
 - projet de ville / gare ?
 - mixité autres bus : impact sur stations et véhicules (guidage) ? impact sur fonctionnement des feux ?

Le choix de la forme du BHNS est souvent déterminant pour l'attractivité du système. Il doit faire l'objet d'études précises et détaillées et tenir compte des **objectifs de niveau de service, de la configuration et des projets de l'agglomération.**

Par analogie avec la grande vitesse ferroviaire, l'approche « busway » serait proche de celle du Shinkansen au Japon (une seule infrastructure dédiée à la grande vitesse) tandis que celle du tronc-commun serait semblable au TGV français (ramification sur des lignes classiques).

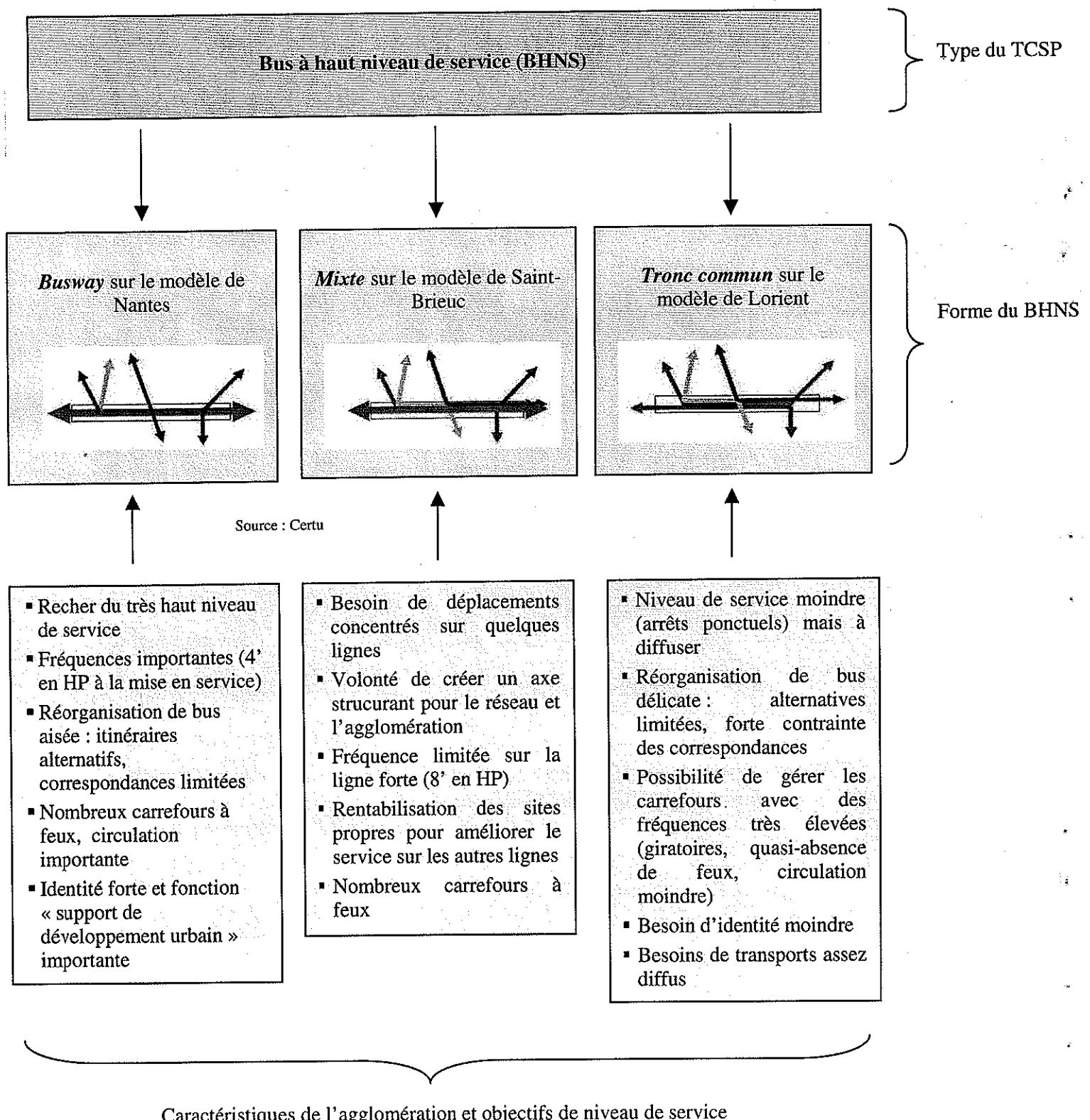


Figure 18 : schéma de synthèse sur les différentes formes de BHNS et critères de décision (source Certu)

2 - Intégration du BHNS dans les réseaux de TC : ce qu'il faut retenir...

- Le BHNS est un outil aux multiples facettes qui répond aux besoins des grandes agglomérations (complément du réseau de TCSP lourd, hiérarchisation du réseau, rabattements) et des agglomérations moyennes (structuration du réseau de TC autour de premières lignes de TCSP)
- Le BHNS peut prendre différentes formes : du système fermé type « busway » au système ouvert sous forme de tronc-commun
- Le choix de la forme « busway » sera préférée lorsque les objectifs de niveau de service sont élevés (dont la fréquence) et les contraintes locales faibles (réorganisation du réseau de bus, gestion des carrefours)
- Le choix d'un tronc-commun sans identification de lignes BHNS et ouvert à de nombreuses lignes de bus classiques devrait rester limitée aux petites agglomérations où les besoins de déplacements sont diffus et les conditions de circulation peu contraignantes (flux VP, gestion des carrefours,...)
- Le choix d'un système mixte (identification d'une ligne BHNS sur une infrastructure partagée avec quelques lignes de bus classiques) trouvera sa pertinence lorsque les objectifs de niveau de service soient moindres (fréquence, vitesse, régularité) ou lorsque que les contraintes locales sur la réorganisation du réseau de bus sont trop fortes.
- Dans tous les cas, la réorganisation de l'ensemble du réseau de TC doit faire partie intégrante du projet de BHNS et être étudiée le plus en amont possible, dès les études de faisabilité. Les contraintes de réorganisation peuvent en effet peser dans les différents scénarios possibles.

3. Quand choisir (ou non) le BHNS ?

Le concept BHNS vient combler un vide entre le bus classique et le tramway en terme de performances et d'image. Ainsi le BHNS n'est pas à opposer au tramway. C'est un nouveau système à part entière qui possède sa propre zone de pertinence, que nous allons détailler dans cette partie.

3.1 Les étapes et critères de choix d'un système TCSP

Le domaine de pertinence du BHNS recoupe toutefois celui du tramway. Aussi, dans certaines agglomérations, le choix du système TCSP de surface n'est pas immédiat.

Ce choix doit se faire en plusieurs étapes selon des critères très variés, pas toujours compatibles entre eux. Aussi, il peut évoluer au fil des études. Le schéma ci-dessous met en évidence les critères de choix en fonction de l'avancé des études d'opportunité et de faisabilité.

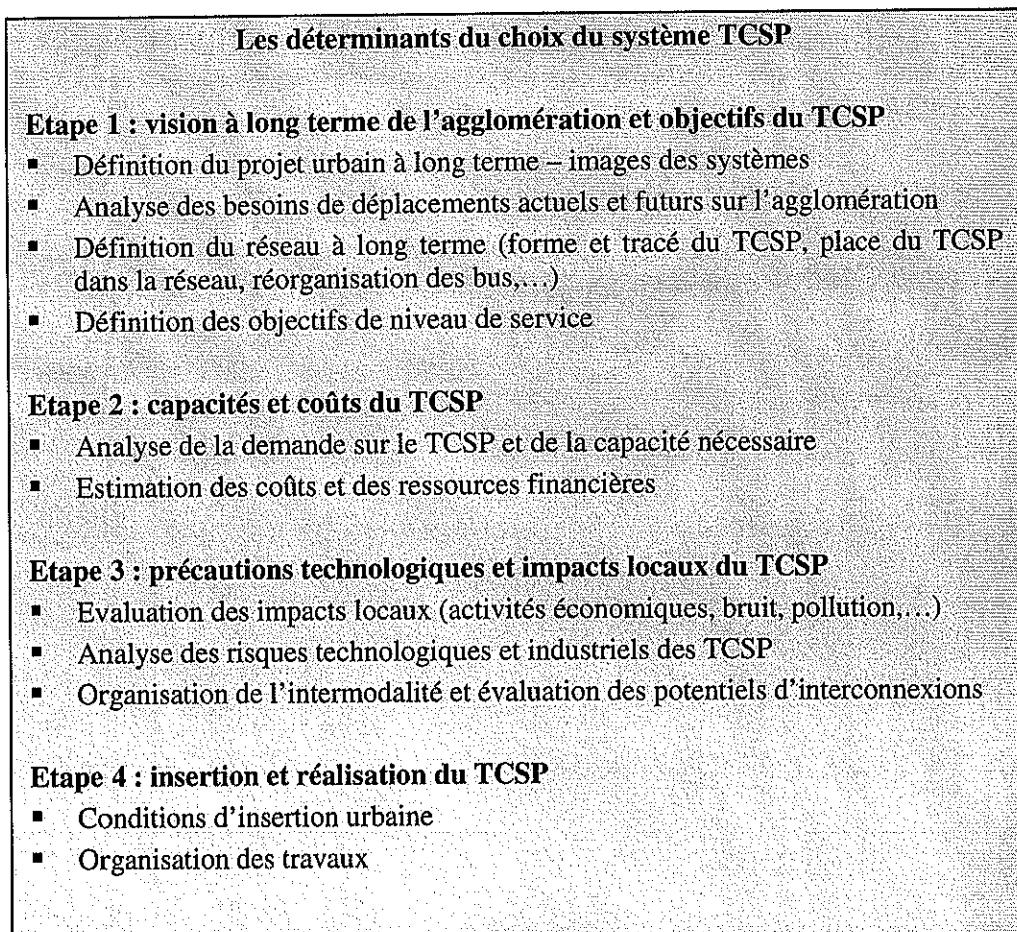


Figure 19 : critères de choix du TCSP et déroulé des études d'opportunité/faisabilité
(source : Certu)

Les réflexions qui aboutissent au choix d'un système TCSP peuvent être **itératives** et dépendent de nombreux éléments techniques qui peuvent avoir une incidence forte sur l'avenir du réseau de transports collectifs. Cette phase de prise de connaissance des techniciens et élus et de discussion nécessite du temps et doit être entreprise dans la plus grande transparence, sans a priori.

3.2 Etape 1 : vision à long terme de l'agglomération et objectifs du TCSP

Le choix (ou non) du BHNS est largement dépendant de la vision à long terme des projets d'agglomération et du réseau de TC.

3.2.1 Des territoires qui évoluent

Les stratégies de localisation à long terme de l'habitat, des emplois et des équipements, et les évolutions des attentes et des comportements, peuvent **modifier les équilibres et les besoins en déplacements** d'une agglomération. Aussi, la construction des réseaux de TCSP doit anticiper au mieux ces phénomènes.

Dans les contextes de fortes croissances de population, les TCSP peuvent servir de **support à l'urbanisation**. L'organisation et la densification à proximité des axes de TCSP permet, en théorie, de contrôler l'étalement urbain et de favoriser l'usage des transports collectifs. Dans ce cas, la capacité du système doit tenir compte d'une demande qui peut évoluer fortement. C'est le cas par exemple de la ligne de tramway T3 à Lyon sur le site de l'ancienne voie ferrée de l'Est lyonnais. Elle transporte près de 20 000 voyageurs par jour avec une fréquence de 7'30 en heure de pointe. Les potentiels d'urbanisation autour de cette ligne sont importants et la fréquentation devrait croître rapidement.

Même dans des secteurs à croissance démographique plus faible, les territoires peuvent être en forte transformation. A Montbéliard, avec une population stable, la demande en logement demeurent importante ne serait-ce que par l'augmentation du nombre de foyers. Le renouvellement urbain doit permettre de rendre l'agglomération plus attractive. Par ailleurs, les mutations d'activités (de l'industrie au tertiaire) et la construction de nouveaux équipements (gare du TGV Rhin-Rhône) sont autant d'éléments qui modifient le fonctionnement de l'agglomération et offrent des opportunités nouvelles.

3.2.2 Avoir une vision à long terme du réseau de TC

De part leurs technicités, les systèmes de TCSP sont relativement rigides et ne sont pas toujours compatibles entre eux. Par ailleurs, ils s'insèrent dans des villes aux contraintes fortes et leur mise en œuvre perturbent le fonctionnement de ces dernières (travaux longs et contraignants).

Ainsi, la collectivité doit avoir une vision prospective de son réseau de TC afin que les choix d'aujourd'hui ne perturbent pas ceux de demain.

Le retour d'expériences des villes à tramways permet de tirer plusieurs enseignements dans la construction d'un réseau de TCSP à long terme.

Rechercher le maillage et équilibrer les nœuds principaux

La construction des réseaux emblématiques de Nantes et Strasbourg ont un point commun : **un nœud central et des troncs-communes congestionnés**. La logique qui prévalait à l'époque était celle de la concentration en un pôle intermodal fort. A Nantes, la station « Commerce » est le point de connexion des trois lignes de tramway du réseau. A la station « Homme de fer » à Strasbourg, quatre lignes se croisent. Outre des difficultés d'exploitation des lignes, ces configurations engendrent des flux de piétons difficiles à gérer sur des espaces qui deviennent étroits et insécuris. Il en résulte des irrégularités et des baisses de vitesses commerciales qui sont néfastes pour l'usager. Afin de palier ces problèmes, ces réseaux tentent de décharger le nœud central²⁷ :

- en créant de nouveaux nœuds lors de la construction de nouvelles lignes (cas du Busway de Nantes qui évite volontairement l'arrêt « Commerce » - voir figure 29)
- en créant des lignes périphériques (cas de la ligne E de Strasbourg)

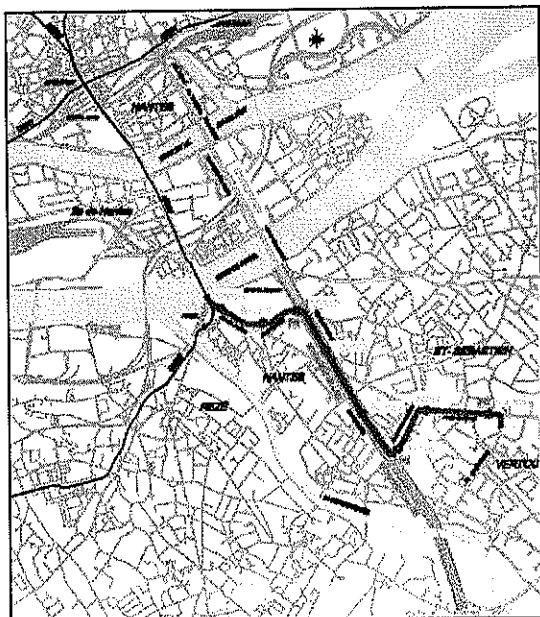


Figure 20 : en préférant le projet de busway (en vert) au projet d'extension du tramway (en bleu), Nantes favorise le maillage de son réseau de TC et répond aux problème d'engorgement des sections communes et d'un nœud central
(source : Nantes Métropole)

²⁷ A une autre échelle, on retrouve cette problématique de manière fort sur le réseau d'Ile-de-France.

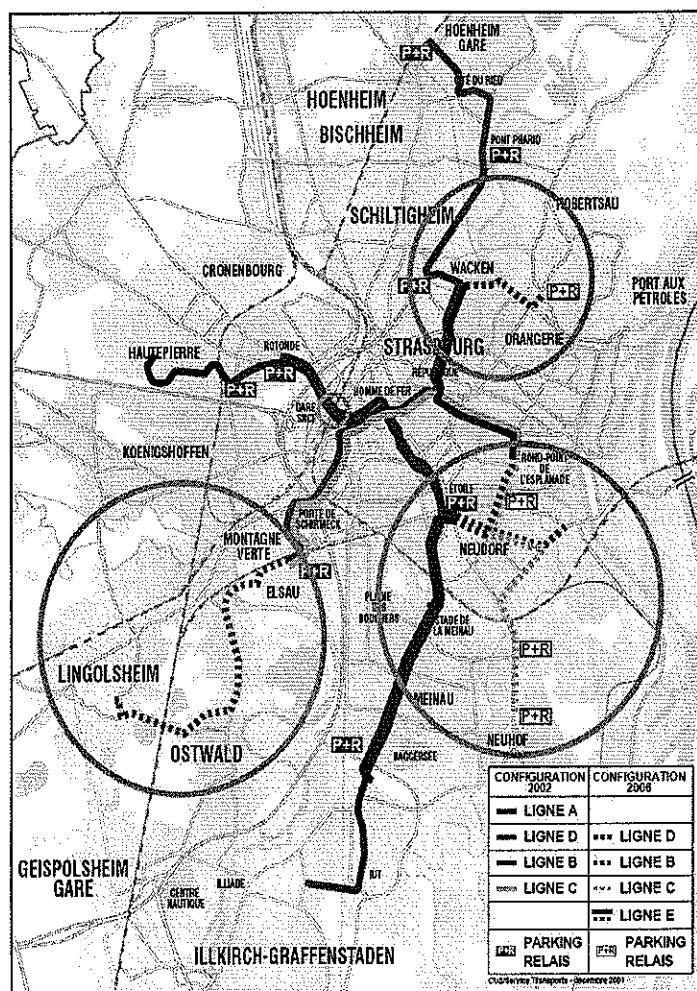


Figure 21 : extension du réseau de tramway à Strasbourg à partir de 2007.
La ligne E est créée grâce à quelques kilomètres d'infrastructures nouvelles
(source : CUS)

Réorganiser le réseau de TC en limitant les ruptures de charges

La création de lignes de TCSP ouvrent des perspectives de rabattements qui permettent d'améliorer des déplacements moyennant une ou plusieurs correspondances. Toutefois, ce rabattement ne doit pas être systématique. En effet, malgré toutes les précautions prises (aménagements de qualité, quai à quai, informations, temps d'attente faible, etc.), la rupture de charge est vécue comme une contrainte forte, notamment pour les usagers qui proviennent de la voiture. Les ordres de grandeur connus sur l'agglomération lyonnaise à partir d'enquêtes O/D et des EMD montrent que la part modale des TC diminue fortement avec les ruptures de charge, depuis ou vers les lignes de bus classiques²⁸.

Faire des choix de desserte qui ne compromettent pas l'avenir

Lors de la construction d'une première ligne de TCSP, la pression est parfois très forte sur les élus. Or il est difficile de desservir les gares, les quartiers à désenclaver, les rues à requalifier, les équipements et les principaux pôles d'habitat et d'emplois, avec une seule ligne performante ! Aussi, afin d'assurer un niveau de

²⁸ page 45 de l'ouvrage Certu, *Evaluation des transports en commun en site propre, Recommandation pour l'évaluation socio-économique des projets de TCSP*, 2002.

service élevé (éviter les tracés tortueux), il convient de faire des choix et de prévoir des améliorations de dessertes sur le long terme. In fine, l'objectif est de **diffuser le haut niveau de service dans le temps et dans l'espace**. C'est une démarche sur le long terme.

Résoudre l'équation de la desserte de l'hypercentre historique

Dans certaines agglomérations, l'étroitesse des rues est difficilement compatible avec une desserte de qualité (vitesse, régularité). S'il permet une bonne accessibilité aux activités, le TCSP peut aussi être source de nuisances (bruit en courbe pour les tramways, coexistence avec les piétons, effet de coupure avec des « murs » de bus ou de tramways). Aussi la question de la desserte de l'hypercentre doit être étudiée avec soin dans le cadre de la définition d'un réseau à long terme. Une des tendances nouvelles est celle d'un encerclement des hypercentres historiques par des lignes TCSP afin de garantir un niveau de service sur ces dernières. Afin d'améliorer l'accessibilité aux hypercentres, des cheminements piétons sont aménagés et des microbus sont mis en place pour répondre à la demande des PMR. Ces configurations ne paraissent possibles que pour des hypercentres de taille réduite (environ 1km de diamètre) entourés de boulevards. Ainsi, Besançon a finalement retenu un passage du TCSP dans l'hypercentre, celui-ci n'étant pas entourés de boulevards mais d'une boucle d'un fleuve, le Doubs !

La vision à long terme à Dijon

Dijon est un cas d'étude intéressant. Les études menées par Egis Rail ont permis de définir un réseau de TCSP qui prend en compte les éléments présentés plus haut.

Aujourd'hui, le réseau de TC de Dijon s'appuie sur 7 *Lianes*, lignes de bus radiales à forte fréquence qui transportent près de 110 000 voyageurs par jour (80 % des voyages du réseau). Les lianes disposent aussi de quelques couloirs bus ponctuels.

La plupart des lignes de bus du réseau transitent par l'hypercentre très dense et très étroit. En particulier, la rue de la Liberté accueille près de 1000 bus par jour. Elle présente une section de 200m à voie unique (9m de large de façade à façade). Cette situation génère de fortes nuisances pour les nombreux piétons qui utilisent cette artère commerçante (bruit, pollution, insécurité, gêne pour traverser). Elle est aussi source de perturbation pour la circulation des bus (vitesse très faible).

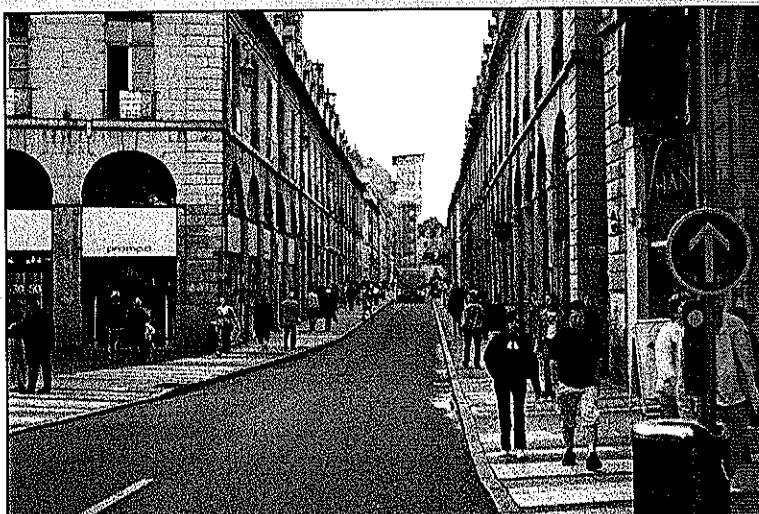


Photo4 : près 1000 bus par jour dans le centre-ville étroit de Dijon invitent à repenser les tracés lors d'un projet de TCSP (source : Cete de Lyon).

L'objectif de la constitution d'un réseau de TCSP à Dijon est d'améliorer sensiblement le niveau de service en ajoutant vitesse, régularité et confort. Le TCSP doit aussi être porteur de projets de requalification urbaine (support d'urbanisation, piétonisation centre-ville, etc.).

Le choix du Grand Dijon semble donc s'orienter vers un réseau de TCSP qui s'appuie sur les *Lianes* existantes. Les trois principaux corridors sont le support de deux lignes de tramway. Les autres corridors seront desservis par des *Lianes* qui pourront être transformées en BHNS voir en tramway à long terme.

Le tramway et les *Lianes* contourneront l'hypercentre par les boulevards qui l'entourent dans une optique de redistribution de l'espace (des bus aux piétons dans l'hypercentre, de la voiture aux transports collectifs sur les boulevards). Les boulevards nord étant réservés au tramway, un traitement particulier pourrait être entrepris sur les boulevards sud (véritable tronc-commun BHNS à l'image de *TEOR* à Rouen). Les tracés permettront des connexions multiples, en particulier au niveau de 3 pôles d'échanges (la gare, la place de la République et la place Wilson). La stratégie de rabattement sera réservée aux lignes de bus classiques.

Le tracé de la ligne B a retenu un passage par le quartier ANRU des Grésilles plutôt que par le quartier de Porte-Neuve sur lequel est implanté une gare TER (800 voyageurs par jour) et qui pourrait accueillir la future gare TGV à un horizon plus lointain. Les choix retenus seront compatibles avec une articulation futures TC/TGV.

D'après les études de modélisation²⁹, les temps de parcours seront améliorés ou maintenus selon les secteurs. 50 % des usagers gagneront plus de 5 minutes. Le taux de correspondance devrait passer de 10 % à 25 %, ce qui reste acceptable.

Il reste encore à définir la stratégie d'organisation des lignes d'autocars interurbains notamment vis à vis de la desserte des scolaires.

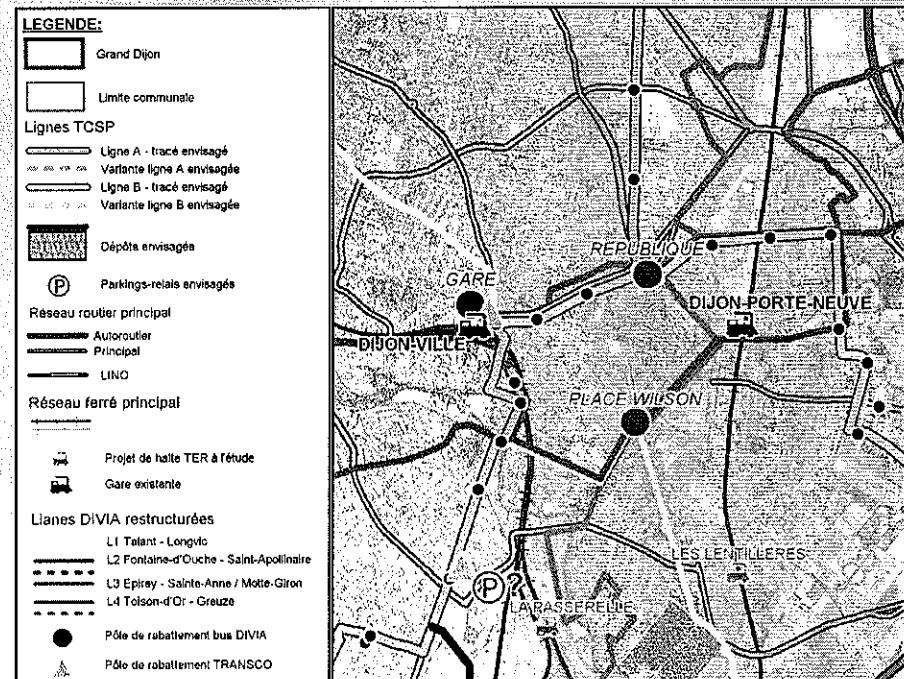


Figure 22 : schéma d'organisation des lignes dans le cadre de la création de deux lignes de tramway à Dijon (source : Grand Dijon – réalisation : DRE Bourgogne)

²⁹ Egis Rail, Alfred Peter, *Premières lignes de TCSP de l'agglomération dijonnaise, dossier de prise en considération*, 2008

Les études permettant de définir à long terme les projets de l'agglomération et de son réseau de transports collectifs. Celles-ci doivent être en phase avec les réflexions SCOT et PDU.

3.2.3 Le BHNS : un outil au service du développement urbain ?

Beaucoup d'élus et de techniciens pensent encore que seul le tramway peut structurer la ville et enclencher une dynamique de développement à l'échelle de l'agglomération. Cette vision conduit parfois à reléguer la dimension « transports » du tramway à un second plan. Il peut en résulter des choix qui ne sont pas toujours pertinents (système de transports, tracés, organisation générale du réseau de TC, etc.).

Le BHNS dévoile aujourd'hui tout son potentiel en terme de support de développement urbain. Il fait partie des possibilités de structuration d'une agglomération.

A Nantes, le *Busway* se place au cœur du grand projet de ville (GPV) de l'Île de Nantes. Il la traverse selon un axe nord-sud en parallèle du tronc-commun des lignes 1 et 2 de tramway. Ainsi autour du *Busway*, des constructions voient progressivement le jour : habitat collectif, administrations, ... et la vie s'organise peu à peu. (à développer/préciser par Cete Ouest)

Tramway et BHNS peuvent servir de support au développement urbain



Photo 5 : le Busway sur l'Île de Nantes
(source : Certu)

Une future ligne 5 devrait traverser l'île d'est en ouest. Quel que soit le système qui sera retenu (tramway ou busway), le TCSP sera au cœur de l'organisation de ce « nouveau territoire ».

Plan de l'Île de Nantes (ligne 2/3, ligne 4 et future ligne 5)
(voir avec Nantes Métropole)

Par ailleurs, les plans locaux d'urbanisme (PLU) des communes traversées ont été révisés afin de permettre la **densification** à proximité du *Busway*.

A Rennes, le tracé de la deuxième phase de l'*axe Est-Ouest* s'insère dans un tissu urbain en pleine mutation (ZAC de 8 000 habitants, création d'un nouveau front bâti). L'objectif du TCSP est de **donner du liant au projet urbain** (insertion paysagère, accès piétons aux bus).

En Ile-de France, le *TVM* doit permettre de construire des repères urbains dans des zones périphériques où il y en a peu. En particulier, de nouveaux pôles d'échanges devraient créer de nouvelles centralités urbaines.

A Montbéliard, le futur BHNS doit être le support de la création d'un **nouveau cœur d'agglomération**.

Enfin à Lorient, *Triskell* a permis de **structurer les projets d'agglomération**. Il a par exemple permis de revoir l'implantation du nouvel hôpital mère-enfant. Ce dernier se trouve en bordure du tronc-commun en site propre alors qu'il était initialement prévu en périphérie, dans un secteur mal desservi par les transports collectifs.

TCSP et commerces +

Rouen : étude sur lien TEOR/commerces

Le contrat d'axe : un outil pour orienter l'urbanisation autour des TCSP

Le contrat d'axe est un outil d'articulation de l'urbanisme autour des projets TCSP (tramway ou BHNS). Cette démarche expérimentée à Grenoble et Toulouse vise à rendre opérationnel les principes exposés dans les PDU et les SCOT dans le cadre d'un projet de TCSP :

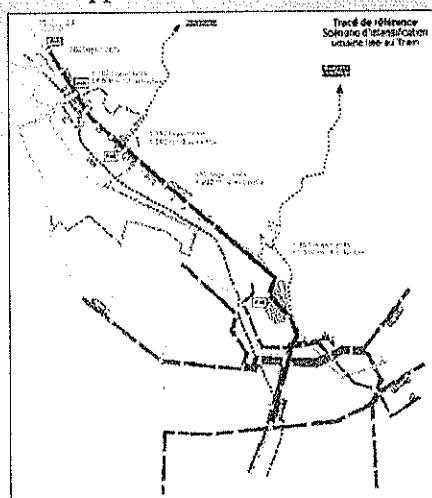
- maîtrise et valorisation du foncier mutable
- densification autour du TCSP
- réduction de place de stationnement voiture (sur voirie et norme de construction)
- aménagements pour les piétons et les cyclistes (dont stationnement vélo)
- organisation du rabattement sur le TCSP
- requalification urbaine
- diversification des fonctions urbaines
- encouragement à la mixité sociale
- constructions HQE
- sensibilisation, communication auprès des habitants

Ce contrat permet à chaque commune traversée de s'impliquer dans le projet de TCSP et de faire valoir ses attentes locales (tracés, arrêts) en contre-partie d'obligations urbanistiques.

Le contrat clarifie aussi la répartition des financements selon les compétences (système de transports pour l'AOTU, aménagements répartis entre les communes et les intercommunalités). Ce contrat présente donc un intérêt particulier lorsque l'AOTU est un syndicat comme c'est le cas à Grenoble et Toulouse.

Le contrat d'axe semble se justifier encore plus pour un projet de BHNS dans la mesure où les échanges réguliers permettront d'expliquer le concept et ses atouts sur le plan urbanistique. Le contrat d'axe permet aux AOTU de convaincre les communes de la dynamique possible engendrée par un BHNS. C'est aussi un outil pédagogique.

Pour plus de détails, voir le rapport d'études Certu,....



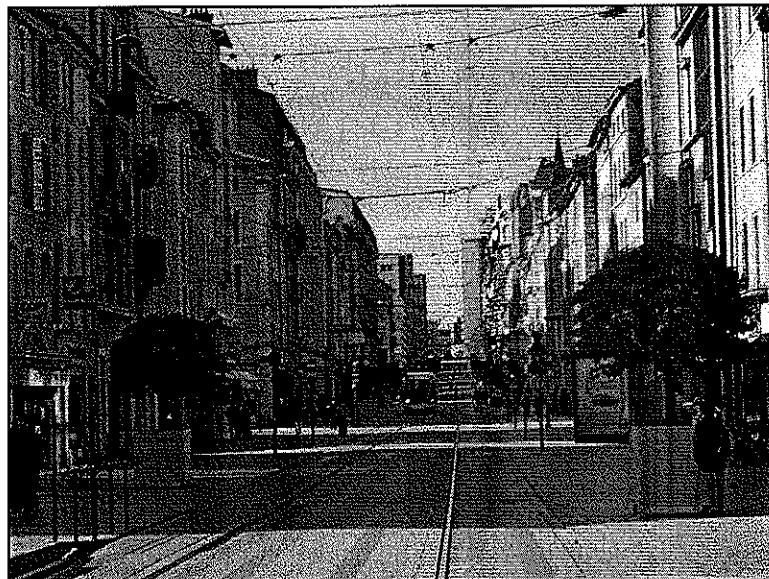
3.2.4 Le BHNS : un outil de requalification de l'espace urbain ?

A l'échelle de la rue et de la place, la question du potentiel de requalification de l'espace public par les TCSP se pose de la même manière. Pavés, granit, gazon,... le tramway a fait ses preuves sur sa formidable capacité à embellir la ville. Alors que ces aménagements pourraient largement s'envisager sans l'outil transport, le tramway apparaît comme un catalyseur.

Qu'en est-il avec BHNS ? Le BHNS présente l'inconvénient d'être un système routier. Même avec un guidage, des bandes de roulements seront toujours nécessaires et limiteront les possibilités d'aménagement sur la plate-forme. Toutefois, les TVR de Nancy et Caen en 2001 et le « tramway sur pneus » de Clermont-Ferrand en 2006 ont montré le potentiel de requalification urbaine des systèmes sur pneus.

A Nancy, l'axe commerçant des rues Saint-Jean et Saint-Georges présente aujourd'hui des aménagements de qualité dédiés au BHNS et aux piétons.

*Photo 6 : rue Saint-Jean à Nancy
(source : Cete de l'Est)*



En 2007, *TEOR* est « entré dans la ville » à Rouen lors de la deuxième phase de réalisation, après un premier tronçon à l'ouest. En retenant un tracé en plein centre-ville, au milieu des commerces, le projet a été l'occasion de redistribuer l'espace au profit des TC et des piétons. Il favorise ainsi l'usage des commerces.

3.2.5 Définir le haut niveau de service souhaité

Le choix du système peut être lié aux objectifs fixés par l'AOTU en terme de niveau de service du TCSP.

Tramway et BHNS présentent les mêmes potentiels en terme de **vitesse** et de **régularité**. En effet, ces caractéristiques de niveau de service sont essentiellement du à la place dédiée au TCSP (sites propres) et à son exploitation du TCSP (priorité aux feux). Selon les configurations urbaines, les lignes de TCSP de surface doivent atteindre des vitesses commerciales de 15 km/h à plus de 20 km/h. En présence de carrefours à feux, une fréquence de 3 minutes en heure de pointe demeure le maximum atteignable sans perturbation. Certains tronçons de TCSP sont à près de 2 minutes (troncs-communs à Strasbourg ou à Nantes, tronc-commun de *TEOR* à Rouen).

L'amplitude horaire n'est pas non plus liée au système. C'est un choix de la collectivité.

A priori, la **fréquence** peut-être la même avec un BHNS qu'avec un tramway. Ce n'est pas le cas si celle-ci est déterminée par la **capacité à écouler** et non par la demande. Ainsi, pour écouler un trafic de 3 000 voyageurs/heure/sens, il faudra un tramway de 200 places toutes les 4 minutes ou un BHNS de 100 places toutes les 2 minutes. Dans cet exemple, le choix du BHNS engendrerait des perturbations qui auraient un impact sur la vitesse et la régularité des bus et donc sur la capacité du système.

En ce qui concerne le **confort** et l'**accessibilité**, le tramway « nouvelle génération » a montré ses atouts. Il jouit aujourd'hui d'une bonne **image** par ses performances mais aussi sa capacité à « créer de la ville ». Sur l'ensemble de ces points le BHNS dispose d'un potentiel important qui doit être confirmé au niveau de la mise en œuvre des projets. Le BHNS évolue pour apporter plus de confort et d'accessibilité en tendant vers le tramway. Il doit aussi pouvoir créer un esprit et une image à la hauteur de ses performances.

BHNS et tramway apportent les mêmes performances en terme de vitesse, de régularité, de fréquence et d'amplitude horaire

Le BHNS s'approche des niveaux de confort et d'accessibilité du tramway

3.3 Etape 2 : capacités et coûts

Une fois la vision à long terme définie, les critères de capacité et de coût suffisent parfois à orienter fortement le choix du système.

3.3.1 Les capacités des systèmes

Les capacités maximales des systèmes dépend de la **fréquence** et de la **capacité des matériels roulants**. Ils sont calculés sur la base d'une norme de confort de 4 pers/m² et d'une fréquence optimisée de 3 min par sens.

Les valeurs du tableau ci-dessous sont données à titre indicatif. La capacité des matériels étant variable d'un modèle à l'autre.

Système	Capacité maximale du matériel roulant en nombre de personnes ³⁰ (norme de 4 pers./m ²)	Capacité maximale du système en nombre de voyages par heure et par sens (fréquence de 3 min)
BHNS standard (12m)	80	1 600
BHNS articulé (18,5m)	120	2 400
Tramway de 23m de long et 2m30 de large	130	2 600
BHNS bi-articulé (24,5m)	150	3 000
Tramway de 33m de long et 2m40 de large	210	4 200
Tramway de 43m de long et 2m65 de large	280	5 600

Tableau 2 : capacité de différents systèmes TCSP (source : Certu)

Les tramways sont des systèmes modulables. Aussi les capacités peuvent être très variables selon les constructeurs et les modèles, dans une tranche de 2 600 à 5 600 voyageurs/heure/sens. Ils peuvent aussi être couplés comme c'est le cas sur la ligne T2 en Ile de France. Dans ce cas, la capacité peut donc dépasser les 10 000 voyageurs/heure/sens.

Actuellement, hormis le TVR de Bombardier à Caen et Nancy, seuls des BHNS standards ou articulés circulent en France. A l'étranger, plusieurs agglomérations exploitent des bus bi-articulés non guidés. Les constructeurs qui travaillent sur le sujet devraient proposer de nouveaux matériels dans les années à venir. Toutefois, le marché du bus bi-articulé reste limité en France de part les contraintes d'insertion. Nantes (augmentation de capacité du Busway) et Nîmes (2^{ème} ligne de BHNS) sont intéressés par ce type de matériel.

³⁰ Dans la pratique, les conditions réelles de remplissage ne permettent pas toujours d'atteindre ces valeurs (conditions de circulation entre les sièges,...)



Photo 10 : bus bi-articulé sur la ligne 5
MetroBus à Hambourg
(source : Thomas Knöller)

En résumé, les capacités des BHNS et des tramways se recoupent, mais au-delà de 3 000 voyageurs/heure/sens, seul le tramway peut répondre aux besoins.

Capacité des systèmes (4 pers./m² dans les TC)

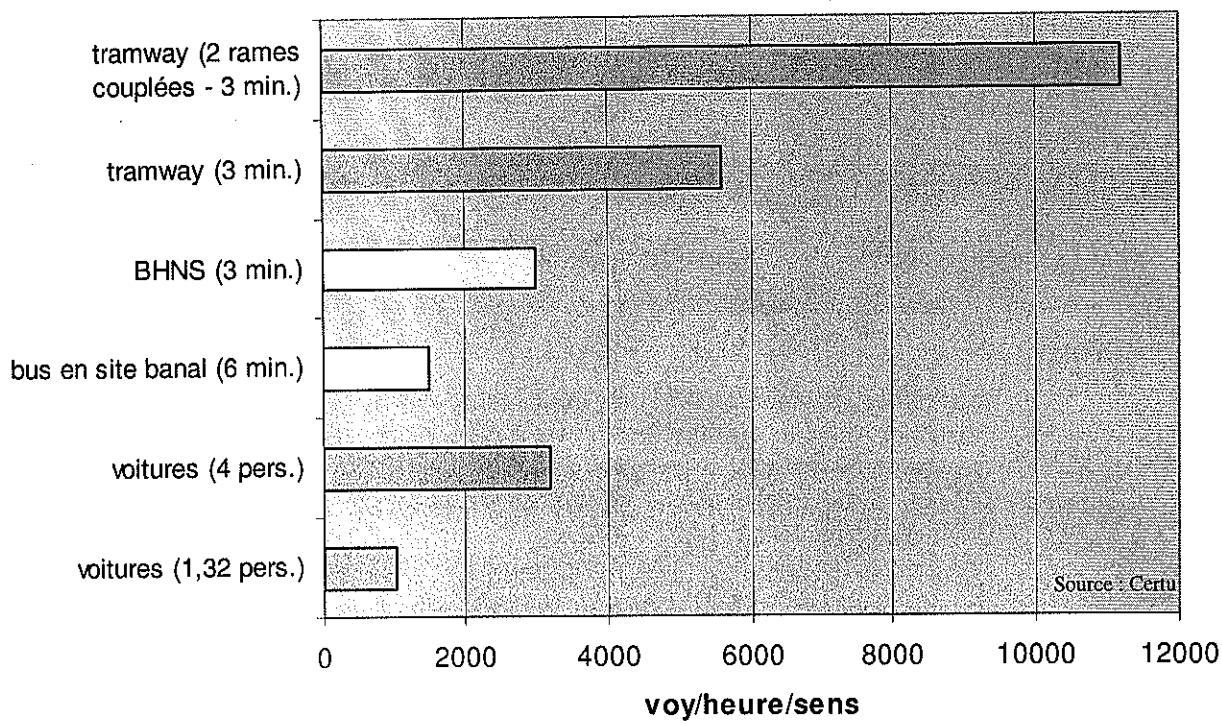


Figure 25 : capacités de différents systèmes TCSP (source : Certu)

Sur la fréquentation globale d'une ligne, les comparaisons sont délicates et souvent erronées. Les configurations des lignes TCSP sont très différentes, en particulier

leur longueur et la répartition de la clientèle sur les différents arrêts (concentration ou dispersion). Ainsi, le *TVM* en Ile-de-France présente une fréquentation de 65 000 voyageurs/jour sur 22 km alors même que la ligne B de Grenoble affiche 50 000 voyageurs/jour sur seulement 9 km.

A minima, la fréquentation doit donc être rapportée à la longueur de la ligne. En 2005, la quasi majorité des lignes de tramway dépassait les 4 000 voyageurs par kilomètre de ligne³¹. Avec 2 500 voyageurs par kilomètre de ligne, Orléans faisait figure d'exception.

La fréquentation attendue sur un TCSP permet donc d'orienter le choix du système. C'est le cas par exemple à Dijon, où les estimations de clientèle affichent environ 45 000 voyageurs pour chacune des lignes d'environ 10 km trois années après la mise en service prévue.

Sur la question de la capacité, la difficulté réside dans une projection délicate dans l'avenir. La durée de vie des systèmes est importante (environ 30 ans pour un tramway, 15 à 20 ans pour un BHNS, selon la motorisation) et l'évolution des facteurs exogènes est difficile à maîtriser : évolution des mentalités dont la conscience environnementale, évolution du contexte économique dont le prix du pétrole, évolution de l'agglomération, etc. Des réserves doivent donc être prévues pour pouvoir augmenter la capacité du système.

3.3.2 Les coûts des systèmes

Les coûts varient fortement d'un projet à l'autre. En particulier, le nombre d'ouvrages d'art, la construction de dépôts et de parcs-relais et les choix en terme d'aménagements urbains hors plate-forme peuvent avoir un impact important sur le coût final. Par ailleurs, l'analyse comparative doit tenir compte des coûts d'investissement sur une durée équivalente et des coûts d'exploitation qui sont assez mal connus des autorités organisatrices, notamment en ce qui concerne le tramway.

Les coûts d'investissement (y compris matériel roulant, réaménagement de façade à façade et parcs-relais)

Les tramways récents affichent des coûts de l'ordre de 22 M€HT/km tout compris. Mais selon les contextes, les variations peuvent être très fortes. A Nice, la 1^{ère} ligne de tramway mis en service en 2007 a finalement coûté 38 M€HT/km. Ce coût élevé s'explique en partie par des problèmes géologiques et un dépôt très poussé sur le plan architectural. Les ouvrages d'art comme les ponts, les tunnels et les parcs-relais viennent renchérir le coût des systèmes de même que les réaménagements particuliers de qualité (exemple de la place Massena à Nice).

Le coût dépend largement du milieu traversé. Ainsi, en périphérie de ville où les efforts d'aménagement sont plus faibles, l'utilisation de voie avec ballast peut diminuer les coûts. La ligne de tramway T3 de Lyon qui réemprunte le tracé d'une ancienne voie ferrée depuis la gare Part-Dieu affiche des coûts inférieurs à 15

³¹ Certu, Cete de Lyon, *Panorama des villes à transports publics guidés hors Ile-de-France, situation 2005*, Certu, 2007, p.34

M€HT /km.

Une rame de tramway coûte 2 M€HT en moyenne. Ainsi, le choix de la fréquence peut avoir un impact sur le coût global.

En ce qui concerne les BHNS, la variation est toute aussi forte selon le degré d'aménagement. A titre d'exemple le coût du *Busway* de Nantes est de 8,5 M€HT/km, celui du futur *Eveole* à Douai est estimé à 10 M€HT/km. Le coût du matériel roulant bus est liée à la motorisation, aux innovations technologiques, au marché et à sa longueur. La « transformation » du Citaro de Mercedes pour le *Busway* de Nantes a permis de proposer des bus articulés à moins de 500 000 €HT. Le surcoût de la motorisation électrique est généralement estimée à 30 % mais le Cristalis articulé de Lyon a été acquis pour près de 900 000 € HT. Le Philéas d'APTS de Douai revient lui à plus de 1,3 M€HT pour une longueur standard (18m). Ce surcoût s'explique par la technologie innovante de guidage, par la réalisation de portes à gauche³² et par une motorisation hybride. Cette dernière permet en revanche des économies d'exploitation avec une consommation théorique de 30 % plus faible qu'un bus diesel classique de norme Euro 4

Système	BHNS*	Tramway**
Coût d'une « rame » (HT)***	400 k€ à 1,3M€	1,5 à 3 M€
Coût total global d'un système (HT)	4 à 10 M€/km	15 à 35 M€/km
Durée de vie du matériel roulant	15 – 30 ans****	30 ans

* n'est pas pris en compte dans ce calcul le TVR de Bombardier dont la fabrication n'est plus assurée

** y compris le « tramway sur pneu » de Clermont-Ferrand

*** pour les « rames » BHNS, on se base sur des matériels de qualité supérieure à un bus classique (Citaro du *Busway* de Nantes, Philéas d'APTS, Créalys et Cristalis d'Irisbus)

**** la durée de vie d'un bus à motorisation thermique est estimée à 15 ans, celle d'un trolleybus à 20-30 ans

Tableau 3 : coûts d'investissement des systèmes TCSP (source : Certu)

Quel que soit le TCSP, le coût du système uûr (infrastructure + matériel roulant + station) représente souvent moins de 80 % du coût total³³. Le traitement de façade à façade et les opérations particulières d'embellissement ont donc un coût important qui est supporté par l'AOTU, par l'autorité en charge de la voirie ou par les communes traversées.

A Rouen, la communauté d'agglomération finance une base d'aménagement mais les communes traversées par TEOR peuvent financer quelques personnalisations ou des équipements supplémentaires. A confirmer - % des communes ? (par Cete NC) En élaborant des contrats d'axe, les AOTU de Grenoble et Toulouse visent à clarifier les modalités de financements des TCSP au regard des compétences des

Les coûts d'aménagements hors « système transport » sont importants

³² L'ouverture de portes à droite ou à gauche permet d'insérer plus facilement le système (station avec quai central de 4m au lieu de 2 quais latéraux de 2,5m)

³³ Voir dans l'annexe 3 la décomposition selon les « 19 postes Certu » pour l'exemple de *Triskell* à Lorient

autorités. Dans ce cadre de négociation, l'AOTU se concentre sur le financement de la partie « système TCSP ».

Les coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation sont assez mal connus des AOTU. Ces données sont au cœur des stratégies des groupes de transports. De plus, leur décomposition est très complexe. Outre le personnel et l'énergie qui représentent plus des 2/3 des coûts, il faut notamment prendre en compte les coûts d'entretiens qui ne sont pas simples à identifier, surtout dans le cas des tramways (renouvellement des voies, installations fixes, meulage, etc.)

Les coûts sont aussi liés à l'importance du réseau et à son degré de modernité. Des économies d'échelles sont possibles, notamment sur le tramway. Ainsi, Nantes affiche en 2005 un coût d'exploitation du tramway de 3,90 €HT/km parcouru alors même que le tramway de Rouen présente un coût de 5,90 €HT/km parcouru. Autres données par les collectivités + Cete ?

Le passage du bus classique au BHNS permet de faire des économies d'exploitation

Pour les BHNS, les retours d'expérience sont encore peu nombreux. On exclu le TVR de Bombardier dont les coûts sont difficiles à interpréter du fait des difficultés des mises en service. Nantes affiche un coût de 3,60€HT/km pour le *Busway*. Les coûts d'exploitation à Rouen sont de l'ordre de 4,20€HT/km pour *TEOR*. Lorient ? Toulouse ? Lyon C1 ? Ces chiffres sont à comparer des coûts moyens sur les réseaux de bus classiques (voir avec les collectivités). Ainsi, en améliorant sensiblement les vitesses, le BHNS permet de réaliser des économies d'exploitation.

Système	Ligne de bus classique	BHNS*	Tramway**
Coûts d'exploitation moyen (HT) par km parcouru (2007)	?? 4,3 à Rouen	3,5 à 5 €/km	5 à 7 €/km

* N'est pas pris en compte dans ce calcul le TVR de Bombardier dont la fabrication n'est plus assurée

** y compris le « tramway sur pneu » de Clermont-Ferrand

Tableau 4 : coûts d'exploitation des systèmes TCSP (source : Certu)

Besoin d'autres chiffres + valeurs 2007 (à faire par collectivités + Cete)

Les coûts de renouvellement

Les coûts d'investissements concernent la réalisation du système TCSP. Or plusieurs investissements ponctuels sont nécessaires sur la durée de vie d'un système. Ils sont souvent difficiles à prévoir et à estimer. C'est d'autant plus vrai que le retour d'expérience sur la durée de vie d'un TCSP est encore insuffisante et que les technologies évoluent très rapidement.

Pour les BHNS, la couche de roulement semble devoir être reprise tous les 7 ans, notamment à cause des problème d'orniérage³⁴.

Pour les tramways, le renouvellement peut concerner certains tronçons de voies qui s'usent plus rapidement (exemple des aiguillages à Grenoble) ou la modernisation de rames. Ainsi, Nantes vient d'investir 2M€ dans la rénovation de 46 rames de tramway première génération acquises dans les années 1980. La durée de vie des rames pourrait être poussée jusqu'à 40 ans au lieu de 30 ans.

A compléter par retour d'expérience des collectivités + H. Rambaud

Les notions de coûts et de capacité doivent être abordées dans une vision à long terme intégrant la durée de vie des systèmes et tous les coûts d'exploitation (y compris renouvellement de voies,...).

Pour un projet donné, une approche économique dès le stade des études de faisabilité doit permettre de situer les différents systèmes et les différents scénarios associés. En particulier, **les choix en terme de fréquences auront un impact sur les coûts d'exploitation et sur le bilan global.**

3.3.3 Sensibilisation sur la pertinence économique des systèmes BHNS et tramway par rapport à leur capacité

La fréquence est d'abord définie par rapport à un niveau de service souhaité. Toutefois elle joue un rôle primordial sur la capacité des systèmes. Pour faire face à des situations de congestion sur une ligne de TC, on cherchera notamment à améliorer la fréquence et à l'optimiser au niveau de la demande.

Les coûts d'exploitation du tramway sont souvent plus faibles que le BHNS lorsqu'ils sont rapportés à la capacité. Ceci s'explique par le fait que ces coûts sont largement dépendant du nombre de conducteurs et des techniciens de maintenance. Or ce nombre est directement lié au nombre de véhicules nécessaires et donc à la fréquence.

Alors que le tramway est plus couteux à l'investissement que le BHNS, on intuise que sur le long terme les coûts globaux à la place offerte peuvent s'inverser.

L'*annexe 4* présente plusieurs calculs simples qui permettent d'approcher le phénomène. Ils mettent en évidence les éléments suivants :

Le choix d'un BHNS pour écouler un trafic donné peut s'avérer non adapté sur le long terme lorsque toutes les conditions suivantes sont réunies :

- la demande en heure de pointe dans les 15-20 ans après la mise en service est proche de la capacité maximale du BHNS articulé (2 100 à 2 400 voy/h/sens)
- le matériel bus bi-articulé n'est pas envisageable (problèmes d'insertion, matériel souhaité non disponible sur le marché,...)

³⁴ L'orniérage est encore plus prononcé lorsque le système est guidé

- on considère localement que les avantages du tramway (image, confort, insertion, etc.) compensent une moindre fréquence (par exemple 6' pour le tramway contre 3' pour le BHNS)

Sur la ligne 4 de Nantes, face à la demande à écouler, la fréquence du Busway a été abaissée à 3'30 en heures de pointe. Il semble que sa réussite économique sera largement dépendante de la possibilité à terme de pouvoir faire circuler des autobus bi-articulés. Du point de vue de l'insertion urbaine, cette évolution ne présente pas de problème majeur. Le tracé en majorité en ligne droite ne traverse pas de zone urbaine très étroite. Par ailleurs, les quais dimensionnés à 24 m peuvent accueillir des matériels plus long. L'évolution dépendra plutôt de la capacité des constructeurs à répondre aux attentes locales. Le marché du bus bi-articulé demeure encore limité.

Seules des études précises en amont permettent de faire les bons choix économiques

Lorsque les différents scénarios de TCSP se dessinent, l'AOTU doit entreprendre des analyses économiques et financières précises afin d'étudier la pertinence de ces choix au regard de la capacité. Le cas d'une évolution possible du BHNS vers le tramway doit aussi être étudiée puisqu'il permet de mieux répartir les investissements et de les adapter à la demande qui évolue. Dans ce cas, les réservation d'emprise initiale et la réalisation d'une plate-forme adaptée permettent de faciliter les travaux ultérieurs.

3.4 Etape 3 : risques et impacts

3.4.1 Le difficile choix de l'innovation technologique

De part son histoire et sa culture, la France a toujours été à la pointe de l'innovation dans le domaine des transports (A380, TGV, métro automatique pour ne citer que les plus récents). Cet engouement se retrouve particulièrement sur l'urbain. Mais qui dit innovation, dit terrains d'expérimentations : Lyon avec le système Maggaly³⁵, Lille avec le VAL, Nancy avec le TVR, Clermont-Ferrand avec le Translohr et bientôt d'autres (Narbonne, Amiens,...). Comme l'a montré l'expérience difficile du TVR de Nancy, le choix de l'innovation est à double tranchant.

Au-delà de la technologie, les AOTU doivent porter leur attention sur les risques industriels qui peuvent en découler. Ainsi, le tramway et le bus sont aujourd'hui des produits vendus en grandes quantités de par le monde. Plusieurs constructeurs se livrent des batailles acharnées au quatre coins de la planète. Il n'en est pas de même pour des matériels apparus récemment.

Le TVR de Bombardier n'a pas réussi à s'imposer ailleurs qu'à Caen et Nancy. Pour ces deux agglomérations, la menace d'un arrêt de fabrication par le constructeur met en péril toutes stratégies de développement de réseau à plusieurs lignes qui permettrait notamment de réaliser des économies d'échelle. Les conditions et coûts de maintenance et de pièces de rechange ne sont pas garantis. Alors que Nancy réfléchit à un autre système BHNS pour sa deuxième ligne, Caen

³⁵ 1^{er} système de métro automatique en France

se retrouve face à un dilemme. L'agglomération souhaite en effet acquérir de nouvelles rames afin d'augmenter la capacité de sa première ligne et de l'étendre (12 rames supplémentaires nécessaires). Dans ce contexte, Bombardier s'est déclaré intéressé pour relancer la fabrication mais à partir de 20 exemplaires. Cette contrainte pourrait d'office orienter le choix du système sur la deuxième ligne en projet.³⁶

Le **Translohr de Lohr** s'est d'abord exporté en Italie grâce notamment à ses capacités d'insertion dans les centre-villes historiques (Padoue et bientôt Venise). Lohr tente désormais d'investir l'Asie (Chine, Japon) et...l'Ile-de-France ! Si le système s'exporte bien, il présente en revanche l'inconvénient de ne dépendre que d'un seul constructeur.

3.4.2 Intermodalité et interconnexions : des systèmes qui ne sont pas toujours compatibles !

Le tram-train interconnecté : un mythe ?

L'interconnexion avec le réseau ferré national est souvent mis en avant comme argument en faveur du tramway. Cette caractéristique est tout à fait recevable à condition que cette évolution à long terme soit pertinente du point de vue socio-économique. C'est le cas par exemple à Mulhouse qui attend près de 12 000 voyageurs par jour sur la partie périurbaine du tram-train. Le projet de tram-train Nantes-Chateaubriant présente un potentiel plus faible mais il se place comme véritable support de développement urbain dans une région à la croissance démographique explosive.

En revanche, le projet nantais ne propose pas d'interconnexion avec le réseau urbain pour des raisons techniques. Les caractéristiques de compatibilité de tram-train sur les réseaux de tramways urbains sont en effet très complexes : nature et écartements des rails, courbes, gabarits limite des obstacles (GLO),... Aujourd'hui, seuls le réseau urbain de Mulhouse peut accueillir des tram-trains. Les perspectives de développement de réseaux interconnectés (urbain/réseau ferré national) qui demeurent limitées en France, doivent donc être étudiées le plus en amont possible.

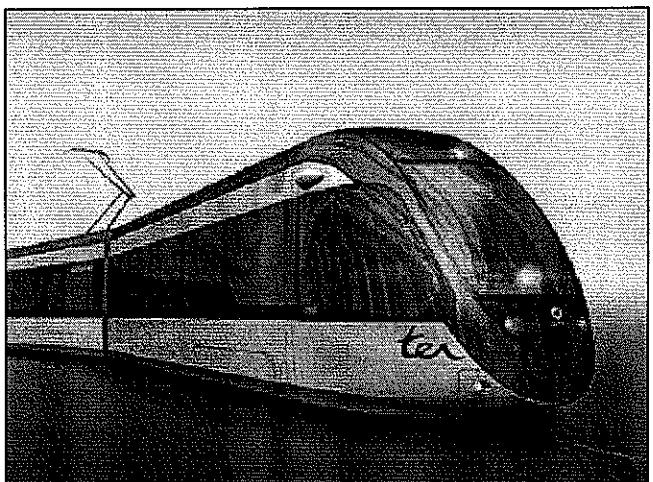
La faible population des zones périphériques des grandes villes françaises et l'étalement urbain limitent la rentabilité des projets de tram-trains interconnectés. Le tram-train est aujourd'hui surtout perçu comme un matériel performant (capacités d'accélération et de freinage) pour des dessertes classiques TER. Cet usage a été initié avec la ligne T4 Aulnay-Bondy en région parisienne sur laquelle circule les rames Avanto de Siemens. En 2007, les régions Pays de La Loire et Rhônes-Alpes ont ainsi passé une commande de 31 rames Citadis Dualis d'Alstom (7 rames sur Nantes-Chateaubriand et 24 sur le réseau TER de l'Ouest lyonnais). Le coût des rames est estimé entre à 3 M€ pour la tranche ferme et un peu plus de 3,5 M€ pour les tranches optionnelles qui comprend aussi une commande de la région Ile-de-France. Alors que les rames de Mulhouse mesurent 2m65 de large, Alstom propose une version du Dualis à 2m40 afin de répondre aux contraintes d'insertion urbaine.

Le potentiel de développement de tram-train interconnectés aux réseaux urbains reste limité

Le tram-train, c'est avant tout un matériel TER performant

³⁶ Source : ENVER F., *Caen : le TVR n'a peut-être pas dit son dernier mot*, in Ville & Transports, 28 novembre 2007

Photo 11 : esquisse du futur Dualis d'Alstom (source : Alstom)



Des tramways qui évoluent très vite !

Les tramways entre eux ne sont pas toujours compatibles non plus ! Les systèmes historiques à voies métriques restent cantonnés aux réseaux de Lille et Saint-Etienne. Les tramways mis en service depuis les années 80 ont subi de nombreuses évolutions qui les rendent parfois incompatibles entre eux.

D'abord les évolutions en terme d'accessibilité ont été nombreuses du « plancher haut » de Nantes au « plancher bas intégral » de Lyon en passant par l'intermédiaire grenoblois avec mini-palette. Les interfaces quai-véhicule sont donc différents.

Toutefois, c'est surtout la grande variété des gabarits de véhicules qui peut engendrer des incompatibilités. Les constructeurs, et notamment Alstom, ont développé des systèmes modulables et adaptés aux configurations multiples des agglomérations. Ainsi, alors que le tramway standard français (TSF) a été réintroduit en France avec une largeur de 2m30, d'autres largeurs ont été commercialisées. Les 3 tramways Citadis d'Alstom mis en service en 2001 présentaient 3 largeurs différentes (2m32 à Orléans, 2m40 à Lyon et 2m65 à Montpellier). A Orléans, le choix de la largeur a été adapté à la configuration étroite de certaines rues du tracé. Malheureusement, Alstom a aujourd'hui revu son catalogue et pousse vers plus de standardisation. Seuls des tramways de 2m40 ou 2m65 sont disponibles. Ainsi, la seconde ligne de tramway d'Orléans sera sans doute équipée de tramways qui ne pourront pas circuler sur la première ligne. Cela crée des contraintes supplémentaires en terme d'exploitation (standards d'entretiens, deuxième dépôts) et les possibilités de maillage du réseau à long terme sont limitées.

Le marché international du bus

La technique du bus classique, simple et standardisé au niveau international, permet de garantir une meilleure compatibilité des lignes. Toutefois, les choix qui peuvent être faits en terme de guidage peuvent engendrer les mêmes difficultés que le tramway.

Par ailleurs, la relative simplicité des systèmes bus permet d'envisager un marché d'occasion international, ce qui n'est pas forcément le cas pour les tramways³⁷.

³⁷ Toutefois, récemment, les évolutions rapides concernant les normes d'émission et l'accessibilité limitent les possibilités de revente des bus sur le marché

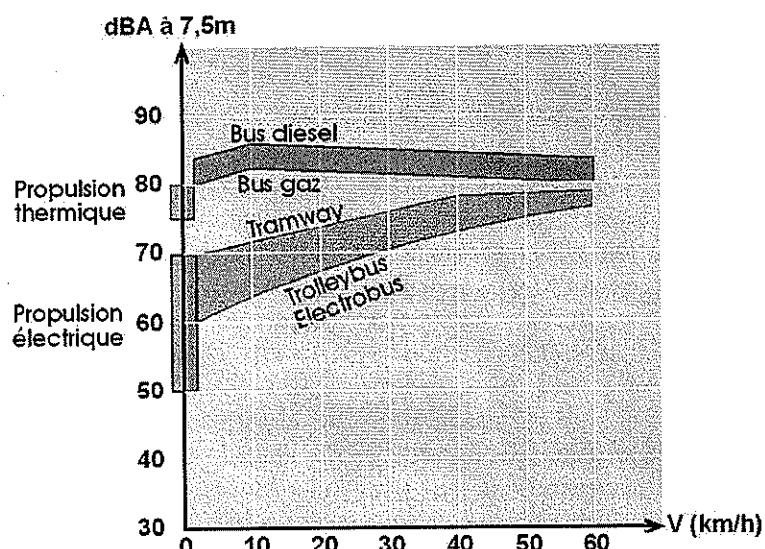
La compatibilité des systèmes dans une vision globale du réseau

Le BHNS peut se concevoir comme une étape intermédiaire vers un futur tramway. En revanche, le choix du tramway semble gravé sur le très long terme et impose des modifications plus lourdes dans la mesure où le site propre n'est pas partagé avec des bus. Aussi, il est important d'avoir une vision à long terme afin de garantir la compatibilité des choix successifs.

3.4.3 Impacts locaux : des réponses semblables aux enjeux du développement durable

Le BHNS vient s'inscrire dans la palette des mesures permettant de répondre aux 3 enjeux du développement durable : environnemental, social et économique

Les impacts sur le bruit et la qualité de l'air (par F. Rambaud)



Tramway : efforts sur les questions de vibration

A nuancer pour le trolleybus : bruit des moteurs roues dans les Cristalis !!!

Qualité de l'air : données des chiffres comparés dont émission de CO2/voy/km

Les impacts sur les activités économiques (par MN Mille)

Le Certu a mené en 2005 une étude sur les impacts économiques des tramways à partir des observatoire locaux en place³⁸. Cette étude montre que le tramway agit comme un accélérateur de tendance. Par ailleurs, les flux nouveaux apportés par le tramway ont un impact positif sur la valeur des commerces qui engendre des

³⁸ Certu, Armacande, *Déplacements et commerces, Impacts du tramway sur le commerce dans différents agglomérations française*, Lyon, Certu, 2005, 48p.

relocalisation et des disparitions d'activités dans certains cas. Certains commerçants profitent de l'aubaine pour faire évoluer leur activité. L'impact sur le chiffre d'affaire est plus difficile à estimer. Il dépend largement du contexte économique de l'agglomération.

A un degré moindre, il y a tout lieu de penser que le BHNS puisse jouer un rôle semblable sur l'activité économique Voir étude de TEOR (voir avec Cete)

3.5 Etape 4 : insertion et réalisation

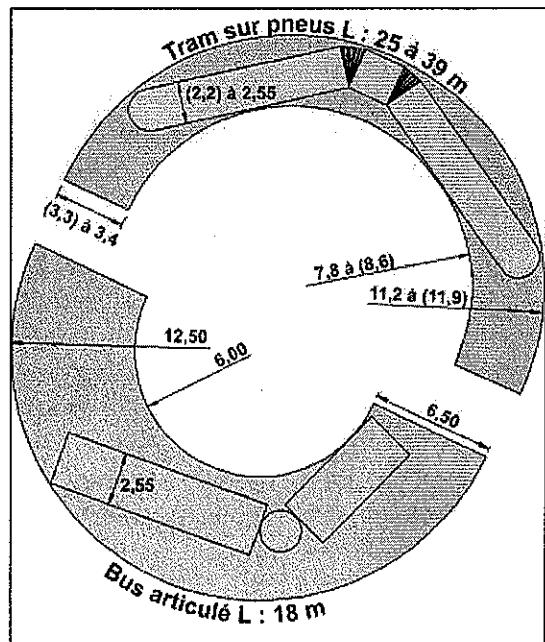
3.5.1 La difficile insertion des TCSP

Les systèmes sur pneus s'insèrent mieux dans les virages

L'étroitesse des rues de la plupart des villes françaises rend difficile l'insertion des transports collectifs. La vision à long terme de l'agglomération et de son réseau de TC peuvent conduire à des choix de systèmes et des tracés incompatibles avec les possibilités d'insertion.

Les systèmes sur pneus (BHNS ou tramway sur pneus) présentent l'avantage de pouvoir mieux tourner, surtout lorsqu'ils sont guidés et monotrace. Le rayon extérieur minimal est inférieur à 12m alors qu'il se situe entre 25m et 30m pour le tramway sur fer. Des rayons de courbures faibles pour les tramways sur fer sont sources de bruits, d'usure rapide des rails et limitent les vitesses.

Figure 26 : emprise en virage de systèmes sur pneus (source : Lohr)



Le tramway (fer ou pneus) présente une meilleure insertion en ligne droite grâce à des matériels roulants qui peuvent avoir une faible largeur (2m40 pour le standard classique, 2m20 pour le Translohr). Les bus ont eux des largeurs qui se situent entre 2m50 et 2m55 hors rétroviseur³⁹. En utilisant des portes supplémentaires sur le côté gauche (cas de tous les tramways en France et du bus Phileas d'APTS), il est aussi possible de réduire l'emprise au niveau des stations (un quai central de 4m au lieu de 2 quais latéraux de 2m50).

Les tramways s'insèrent mieux en ligne droite

Sauf cas particulier, les tramways sont aujourd'hui fabriqués pour gravir des pentes jusqu'à 8%. Avec des motorisations sur chaque essieu, il est possible d'envisager des pentes jusqu'à 13% avec un surcoût du matériel très important. Cette valeur correspond à une limite maximale de confort pour les usagers. Les systèmes sur pneus ne sont pas limités par les pentes. Notons toutefois que les systèmes électriques présentent de meilleures capacités d'accélération en pente.

Les systèmes sur pneus peuvent gravir des pentes plus raides

3.5.2 Les impacts durant les travaux

Des travaux plus longs pour le tramway

Les travaux des TCSP de surface engendrent des perturbations importantes qui sont les mêmes quel que soit le mode : accès riverains et commerce, livraison, cheminements piétons, sécurité, circulation routière,... La différence se situe surtout au niveau de la durée des perturbations. Alors que les travaux d'un BHNS durent en moyenne 2 ans, il faut près de 3 ans pour construire une ligne de tramway de 10 km. Certes les travaux du tramway sont plus importants, mais sa durée de vie et sa rigidité garantissent une certaine pérennité des installations pour les quartiers traversées.

Des solutions pour minimiser les impacts

Le retour d'expérience sur les tramways depuis les années 80 permet aujourd'hui de mieux organiser les travaux des TCSP de surface. Une des possibilités consiste à travailler par bande longitudinale afin de conserver des circulations. C'est l'organisation qui a été retenue sur le tramway de Mulhouse ou sur le BHNS de Douai. A Douai, le tracé a par ailleurs été découpé en 50 tronçons indépendants de 150 à 400m afin de minimiser les impacts des retards. Les 3 premiers tronçons ont servi de test. Par ailleurs, lorsqu'un tronçon est réalisé, il peut être ouvert à la circulation des lignes de bus classiques.

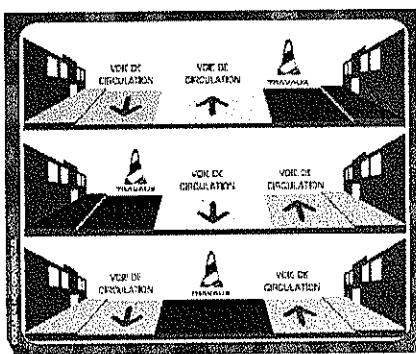


Figure 27 : organisation des travaux pour le BHNS de Douai (source : SMTD)

³⁹ Notons que les rétroviseurs peuvent poser des problèmes d'insertion important. Ils représentent aussi un danger pour les usagers en attente d'un accostage.

Pour faciliter les livraisons dans les rues commerçantes durant les travaux de *TEOR*, la ville de Rouen et la CCI locale ont mis en place des espaces de livraison de proximité (ELP). Un ELP est constitué d'un emplacement pour 2 camions avec prêt de matériel spécifique pour livrer les commerces.

3.6 Le besoin d'iterations successives : l'exemple de Besançon (par Yann Chauvin)

Postulat TCSP dans les villes moyennes

« Effet TCSP » limité car bon réseau de bus ? forte culture TC historique à Besançon

Potentiel important pour cette taille d'agglo : 90 000 voy/jour sur le réseau + ressources financières au-dessus de la moyenne (que représente le VT par an ? plus quel est le rendement du VT rapporté à 1,8% > voir panorama des TCSP pour comparer)

1^{re} orientation vers Translohr : pourquoi ?

Objectifs du TCSP : ouest : besoin de capacité (desserte quartier ANRU ? de 25 000 hab, part modal déjà de 40%) — est : besoin de vitesse pour attirer les automobilistes

Environ 30 000 voy/jour, max 1500 voy/heure/sens -> le BHNS paraît plus adapté mais la question du choix du mode est alors secondaire.

Mais elle devient centrale en abordant les questions d'insertion + projet d'urbanisation à l'Est (dont écoquartier) :

pas de possibilité d'utiliser de grands boulevards comme à Dijon ou Nîmes car trop loin et pas si large que ça...

+ objectif de redynamisation centre-ville

-> obliger de passer par la boucle

difficile avec des bus : bruit, nombre important, sens dossoisés (perte vitesse + lisibilité)

-> pour écouter même capacité, tramway un peu moins fréquent (5 min.) donne de l'air à la circulation TC dans les rues étroites !

Même avec sas de 200m, des marges sur la capacité

Avec perspectives d'urbanisation + reconfiguration en 1 ligne, potentiel TCSP plutôt à 45 000 voy/jour

Passage de la question « que faire avec 155 M€ » à « comment financer un projet à 255 M€ » -

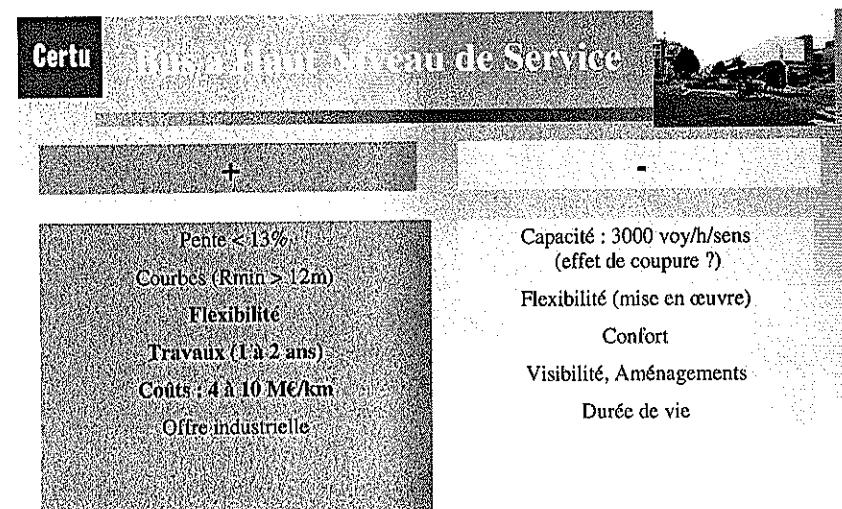
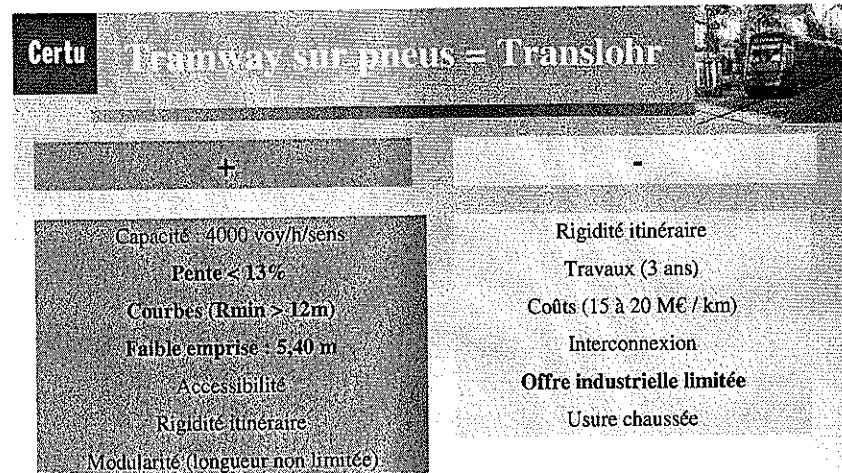
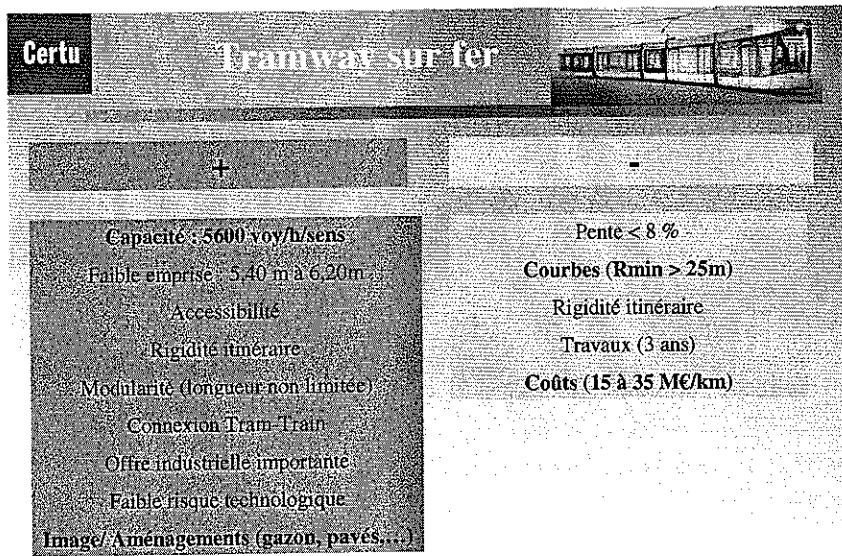
C'est le projet urbain et les contraintes de la ville qui permettra au final de faire le choix (du tramway ?).

Comment se fait le financement ?

Choix tramway fer/ tramway pneus ? quelles bases ? appel d'offre ouvert sur la technologie ou non ?

- ➔ Suivre débat autour du Phileas
- ➔ Attente des résultats concertation + décision politique de décembre
- ➔ Appel d'offre sur performance ?

3.7 Synthèse sur les domaines de pertinences des systèmes TCSP de surface



3 - Quand choisir le BHNS ? : ce qu'il faut retenir...

- Avant même de parler de système TCSP, l'agglomération doit définir son projet de développement en intégrant des grands principes d'évolution du réseau de transports collectifs.
- La démarche qui aboutit au choix du TCSP est nécessairement longue et peut faire l'objet d'intéractions. Il est important de donner du temps aux techniciens et aux élus pour maîtriser l'ensemble des déterminants afin que les choix puissent être les plus pertinents, sans a priori.
- Le BHNS se positionne sur un créneau qui s'intercale entre le bus classique et le tramway en terme de capacité et de coûts et peut jouer un rôle de vecteur d'aménagement et de développement urbain au même titre que le tramway.
- Selon sa nature (guidage, monotrace), le BHNS propose plusieurs solutions en terme d'insertion mais reste un système encadré par le code de la route (limité à 24,5 m de long, environ 2,55m de large)
- L'analyse des coûts (investissement, exploitation et régénération) doit être la plus approfondie possible sur tous les scénarios étudiés, en prenant notamment en compte la durée de vie des systèmes
- Les questions de desserte des centres-ville anciens et de réorganisation des réseaux de bus doivent être étudiées de manière fine, le plus en amont possible.

4. Comment atteindre le haut niveau de service avec du bus ?

4.1 Adopter une approche « système de TCSP »

Système de TCSP

L'approche « système » d'un TCSP repose sur 3 composantes et sur leur articulation :

- l'infrastructure (plate-forme, stations, etc.)
- le véhicule roulant
- les conditions d'exploitation (priorités aux carrefours, information, etc.)

En France, le matériel tramway est traditionnellement lié à une infrastructure en site propre et à des conditions d'exploitation très favorables. En revanche, le transport par bus renvoie uniquement à un matériel roulant. Le concept BHNS vise à intégrer le bus dans un système de TCSP global incluant aussi l'infrastructure et l'exploitation.

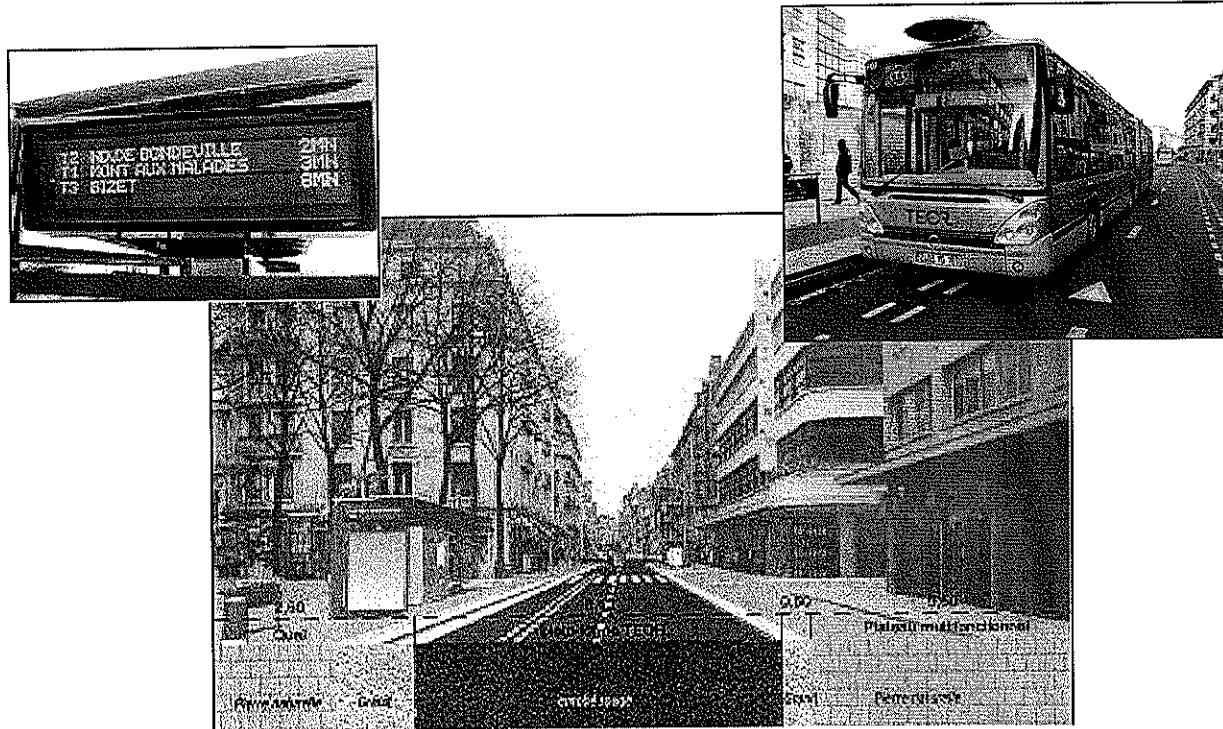


Photo 12 : exemple de l'approche système pour TEOR, le BHNS de Rouen
(source : communauté d'agglomération de Rouen et Certu)

4.2 Agir sur chacun des composants du système BHNS

4.2.1 Le site propre comme base du BHNS

Le site réservé aux transports collectifs demeure le composant de base de performance de circulation des bus. C'est un outil nécessaire mais pas suffisant. Plusieurs configurations existent (*voir l'annexe 1 : définitions des infrastructures pour les bus*). Dans le cas d'un BHNS, on recherchera un **site propre**⁴⁰ (ouvert uniquement aux bus et aux véhicules de secours en intervention). Les choix en terme d'implantation ou de niveau de protection du site seront déterminants sur le fonctionnement du système⁴¹.

	Avantages	Inconvénients
Site bilatéral	<ul style="list-style-type: none"> - possibilité d'empiéter sur les trottoirs pour insérer les stations - gestion des cyclistes aux carrefours plus aisée et plus sécuritaire lorsqu'ils utilisent le site 	<ul style="list-style-type: none"> - conflits possibles avec le milieu environnant (stationnement, livraisons, autres voies VP) - lisibilité moindre
Site bidirectionnel axial	<ul style="list-style-type: none"> - automobiles en sens inverse du sens bus le plus proche (meilleure sécurité, meilleur respect du site propre) - accès des services (secours, nettoyage, collecte des ordures, livraisons, stationnement) en contact direct avec les activités et les logements - traversée des carrefours giratoires 	<ul style="list-style-type: none"> - le plus consommateur d'espace, notamment au niveau des stations
Site bidirectionnel latéral	<ul style="list-style-type: none"> - intéressant dans le cas d'une disymétrie urbaine (accès riverains, carrefours, activité) 	<ul style="list-style-type: none"> - problème de fonctionnement des carrefours (3 cycles nécessaires) - problème de sécurité des cyclistes lorsqu'ils utilisent le site

Figure 28 : avantages et inconvénients des trois configurations d'implantation de site TC les plus courantes
(source : Certu) à compléter/modifier par F.Rambaud et D.Bertrand

⁴⁰ Voir l'annexe 1 : définitions des infrastructures pour les bus

⁴¹ Voir l'ouvrage Certu, *Guide d'aménagement de voirie pour les transports collectifs*, Lyon, Certu, 2000, 268 p.

Comme avec le tramway, les choix en terme de protection dépendront des configurations urbaines et des risques de perturbation du site propre. Pour être efficace, le site propre devra surtout être **respecté** !



Photo 13 : l' implantation d'un site protégé axial à Rennes permet de limiter les perturbations extérieures et apporte une certaine lisibilité au fonctionnement de la voirie (source : Certu)



*Photo 14 : sur la ligne C1 de Lyon, le choix des sites bilatéraux accessibles peut être source de nuisances pour la circulation des bus. Toutefois, la mise en œuvre est aisée.
(source : Certu)*

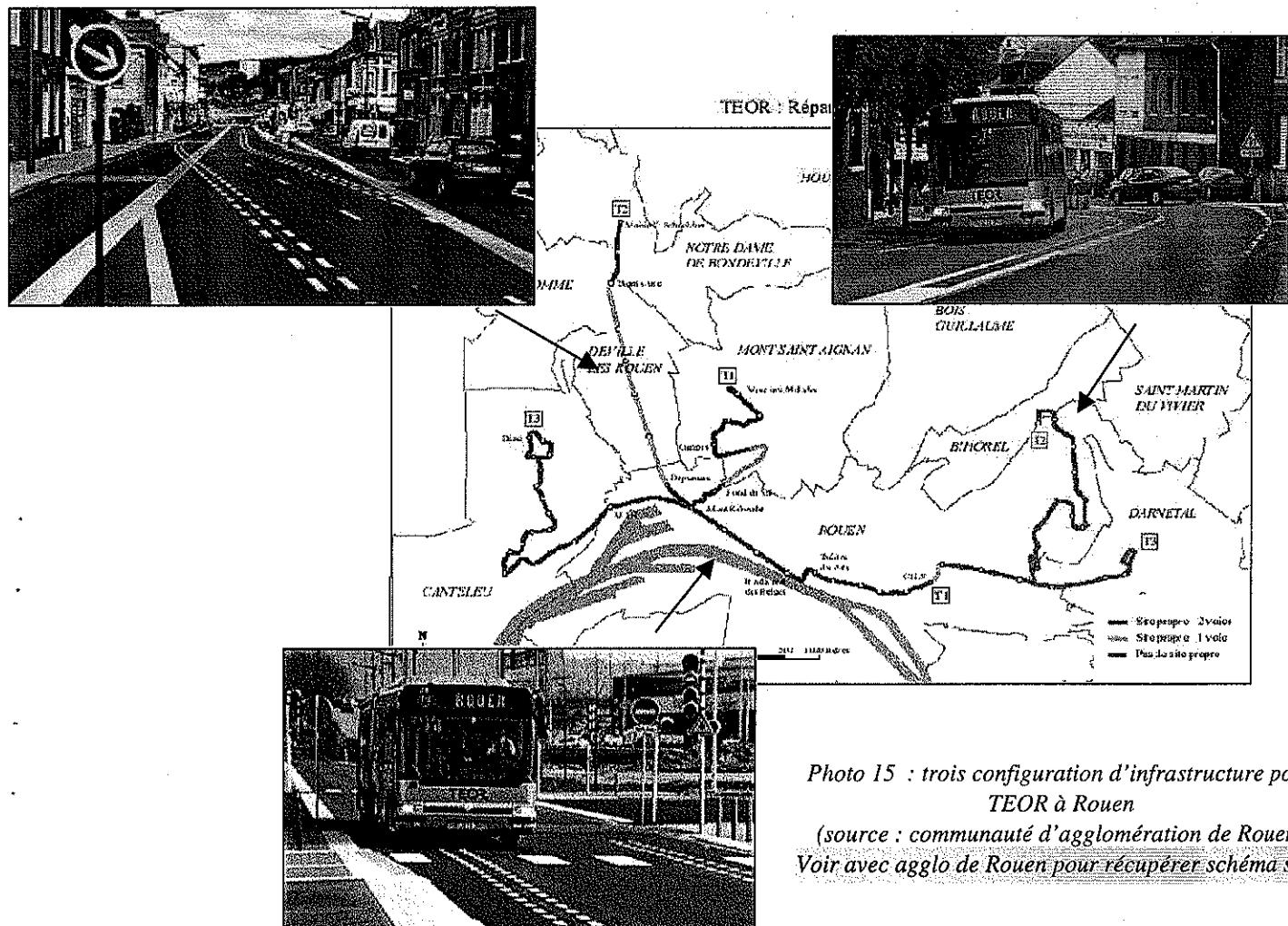
4.2.2 Comment utiliser le site propre à bon escient et que faire quand l'espace se fait rare ?

b) *Les aménagements en site propre pourront prendre des configurations différentes selon les zones traversées*

Ainsi, Rouen a fait le choix de trois configurations différentes pour TEOR en ce qui concerne la composante « infrastructure »⁴² :

Le « 100% de site propre » n'est pas un impératif

- un **site propre bidirectionnel** en centre-ville là où la congestion et les enjeux de requalifications urbaines sont les plus forts,
- un **site propre alterné** dans des zones où l'espace est réduit et où aucune alternative de tracé n'est possible,
- un **site banal** en bout de lignes là où la congestion et la demande de transports sont plus faibles.



⁴² Voir l'annexe 1 : définitions des infrastructures pour les bus

A Nantes, le *Busway* est majoritairement en site propre bidirectionnel axial afin de répondre à une exigence politique et technique très forte : faire aussi bien que le tramway ! Ce choix d'aménagement apporte des garanties fortes en terme de niveau de service (vitesse, régularité et image). Toutefois, pour des questions de place, une section a aussi été aménagée en site propre alterné sur le modèle de Rouen. Le principal inconvénient concerne la multiplication des mouvements latéraux pour changer de file ce qui peut procurer un certain inconfort par rapport au reste du tracé.

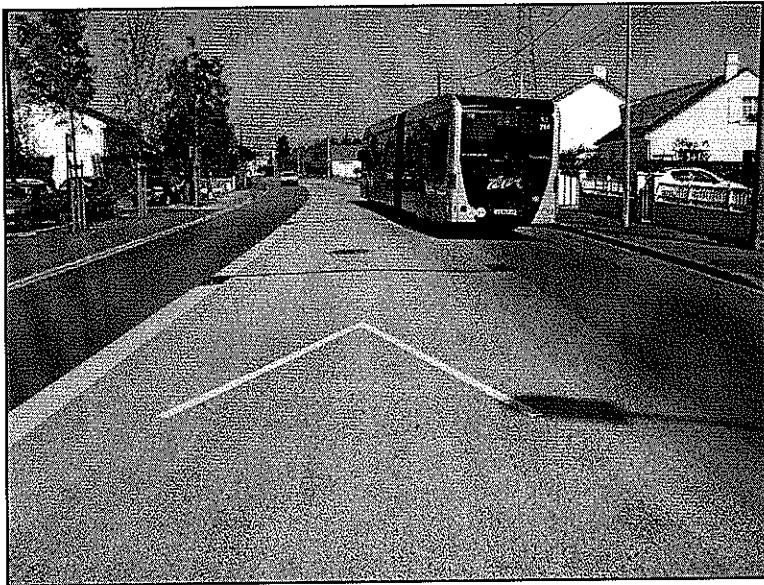


Photo 16 : site propre alterné dans l'espace sur le *Busway*, le BHNS de Nantes
(source : Cete de l'Ouest)

Trouver un schéma de fonctionnement (voir avec Nantes Métropole)

A Nantes comme à Rouen, la priorité aux carrefours permet aux bus de se réinsérer dans la circulation générale devant le flot de voitures. Cette priorité est gérée par des feux à Rouen et par la priorité absolue en entrée de giratoire à Nantes.

Pour répondre à ces problèmes d'espace, Lorient et Toulouse ont adapté les aménagements afin de faciliter l'insertion au niveau des carrefours. Le mot d'ordre demeure le même : le « **bus doit rester devant** » !

Sur *Triskell*, le BHNS de Lorient, la séparation des sens du site propre au niveau de la traversé du giratoire permet de diminuer l'emprise nécessaire. Par ailleurs, le bus demeure toujours prioritaire sur les voitures afin de se placer en tête dans la partie en site banal : on parle alors de **site propre temporel**⁴³. (attente définition par GT partage site propres)

⁴³ Voir l'annexe 1 : définitions des infrastructures pour les bus

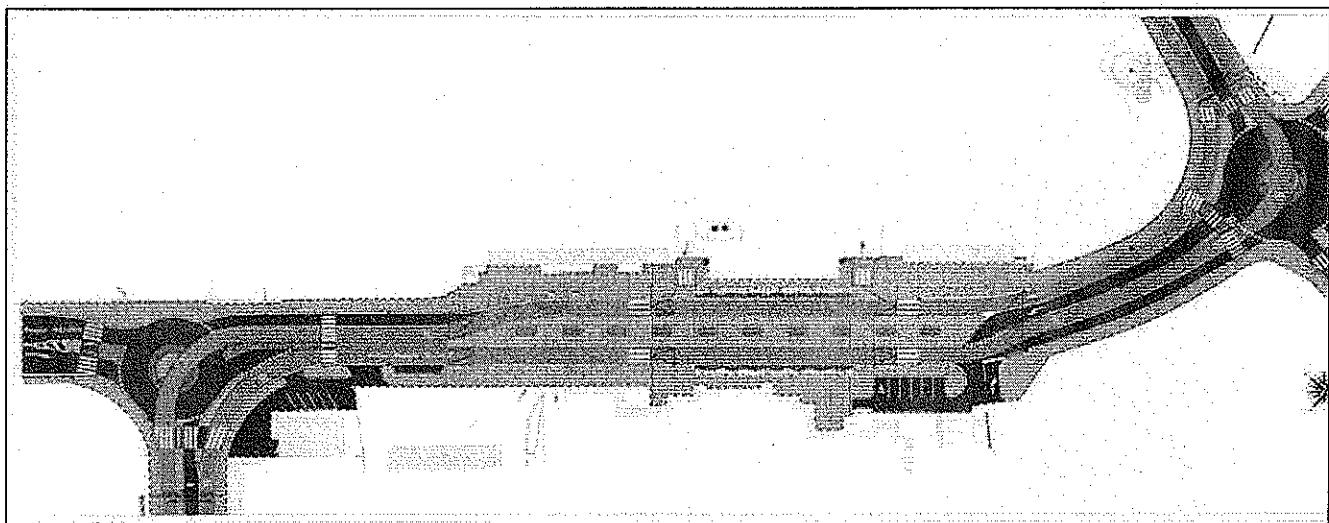


Figure 29 : exemple d'insertion sur une section du Triskell à Lorient (source : Cap Lorient)

La configuration utilisée à Toulouse permet de garantir une entrée et une sortie de qualité au niveau des giratoires. La priorité dans la traversée de l'anneau est rendue possible grâce à des feux de type R24.

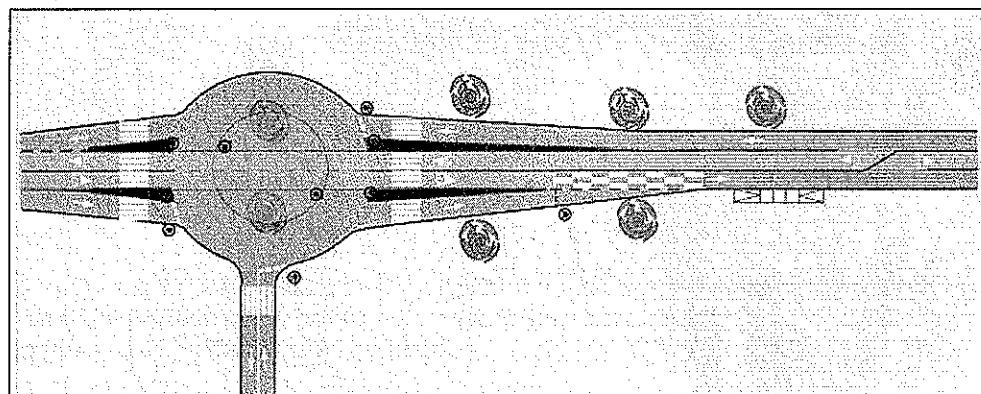


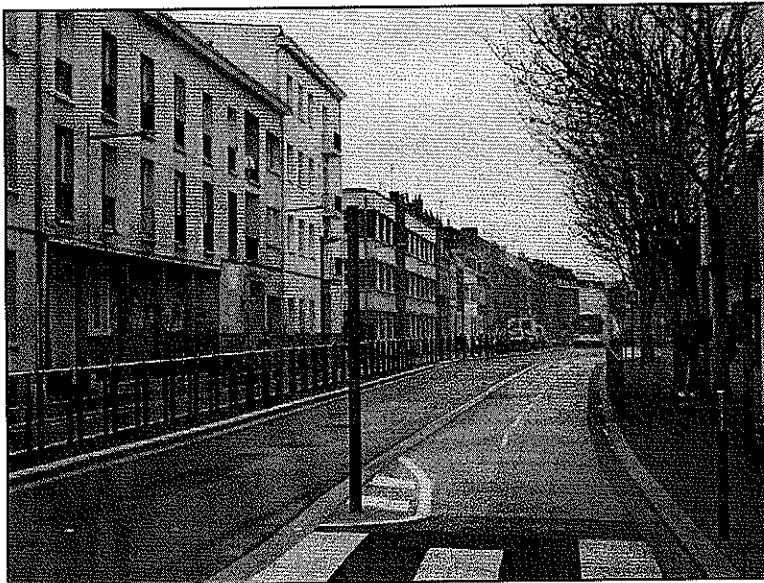
Figure 30 : insertion en site contraint sur le BHNS de Toulouse (source : Tisseo-SMTC)

Ces quelques exemples mettent en avant la **flexibilité du BHNS et sa capacité d'adaptation au contexte urbain**. Ces choix permettent aussi d'optimiser les investissements en les adaptant plus finement aux besoins.

b) Quelque soit le système de TCSP de surface, les difficultés d'insertion font partie des critères de choix du tracé

A Douai, l'autorité organisatrice des transports urbains (AOTU) a retenu des sens séparés sur quelques centaines de mètres. Le BHNS n'emprunte donc pas la même rue selon le sens de circulation. Ce choix présente l'avantage de maintenir vitesse, régularité et confort. Cependant il présente quelques inconvénients. La dissociation des stations rend l'accessibilité délicate et peut poser des problèmes de

compréhension. Cette solution n'est donc préconisée que si les deux axes sont proches et si des aménagements sont prévus pour faciliter les cheminements et améliorer la visibilité comme c'est le cas à Douai.



*Photo 17 : Séparation des sens sur
Eveole, le BHNS de Douai
(source : Certu)*

*Trouver une photo plus explicite
+ un plan (Cete de Lille)*

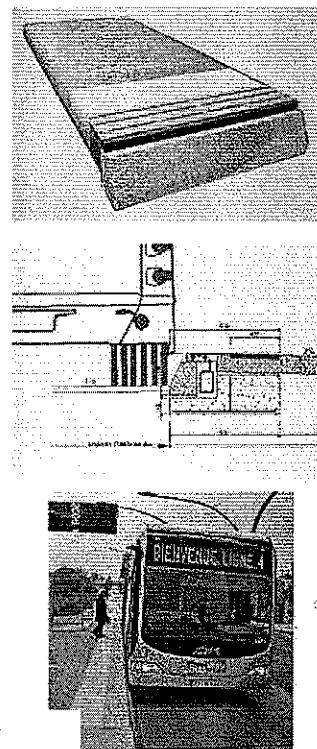
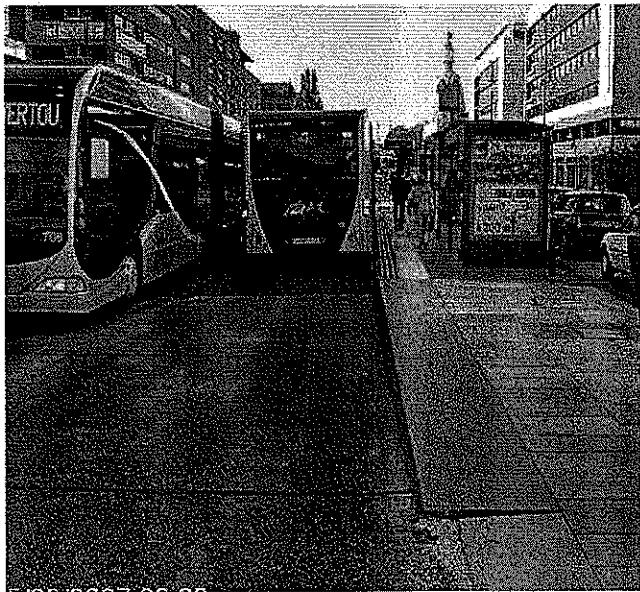
4.2.3 Vers des stations « type tramway »

Le BHNS peut être l'occasion d'envisager les arrêts selon les caractéristiques suivantes :

- forte visibilité par son implantation et son mobilier. On recherchera le positionnement en regard.
- accessibilité confortable et sécurisée depuis les alentours
- confort d'attente : espace disponible, abris, sièges, information
- hauteur de quais permettant une bonne accessibilité au véhicule (à titre d'exemple : 23 cm sur le *Trans-Val-de-Marne*, 27 cm sur le *Busway*, 29 cm sur la 2^{ème} phase de *TEOR* grâce au guidage)
- alignement sur la trajectoire des bus

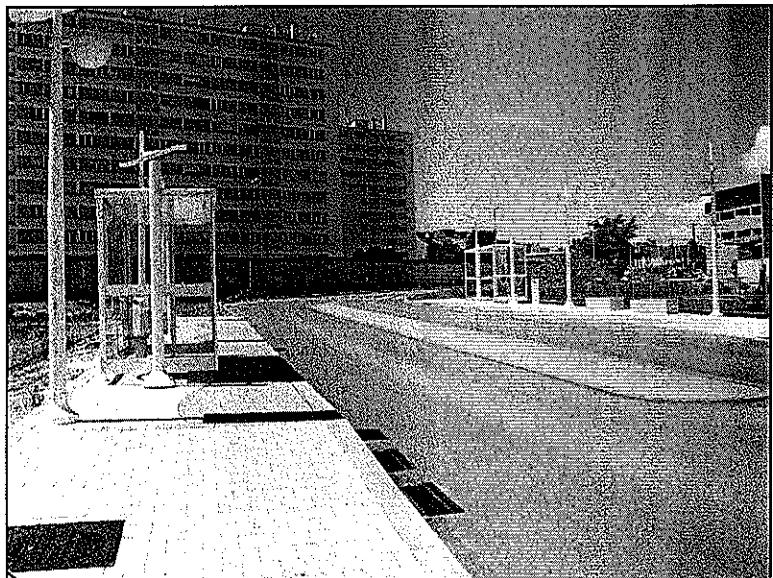
Notons que le choix du mobilier urbain peut avoir des conséquences non négligeables sur la gestion et le coûts des stations. Ainsi, Maubeuge s'est orienté vers des abris-bus au design évolué fabriqués en Italie au coût de 20 000 € contre 5 000 € pour un abris classique.

A Nantes, la configuration du site (nombreuses lignes droites) et l'utilisation de bordures biaises, permet, sans guidage, de réaliser des accostages performants.



*Photo 18 : bordures taillées en biais et accostage du Busway à Nantes
(source : Nantes Métropole)*

Au même titre que le bus ou le site propre, la station participe à l'identification du haut niveau de service offert par le BHNS.



*Photo 19 : A Lorient, la station dessinée par un architecte, permet d'identifier le service Triskell,
(source : Cete de l'Ouest)*

4.2.4 Une inter-station suffisante pour garantir une vitesse élevée

Un réseau de transports collectifs doit souvent répondre à des objectifs qui ne sont pas compatibles entre eux :

- desservir de manière fine les territoires,
- offrir des performances élevées afin de favoriser le report modal.

Pendant longtemps, les lignes de bus de surface ont joué ces deux rôles simultanément. Aujourd'hui, la tendance se porte vers une séparation plus forte de ces deux fonctions afin d'apporter de meilleures réponses. Le BHNS se place donc avant tout sur le créneau « performances ».

En ce qui concerne l'implantation des stations de BHNS, on recherchera donc des inter-stations permettant de garantir des vitesses élevées (environ 400m à 500m en moyenne)⁴⁴ tout en garantissant une bonne desserte des activités et des logements.

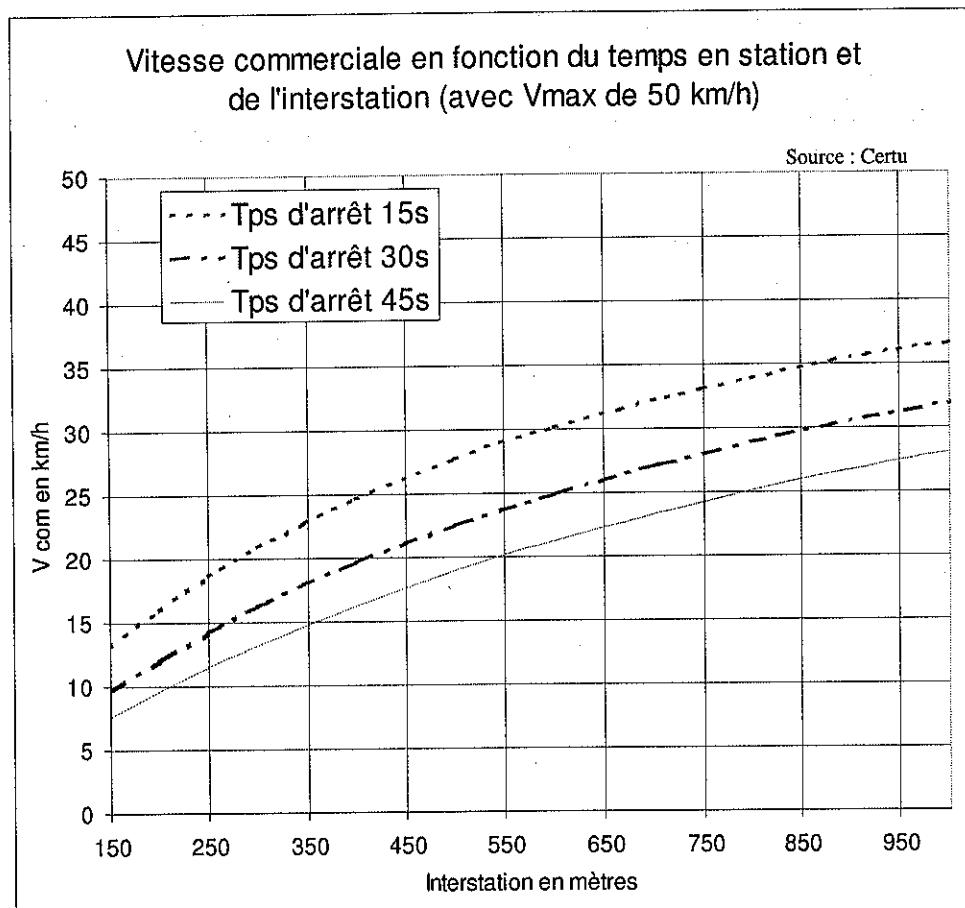


Figure 31 : vitesse commerciale en fonction de l'interstation (source : Certu)

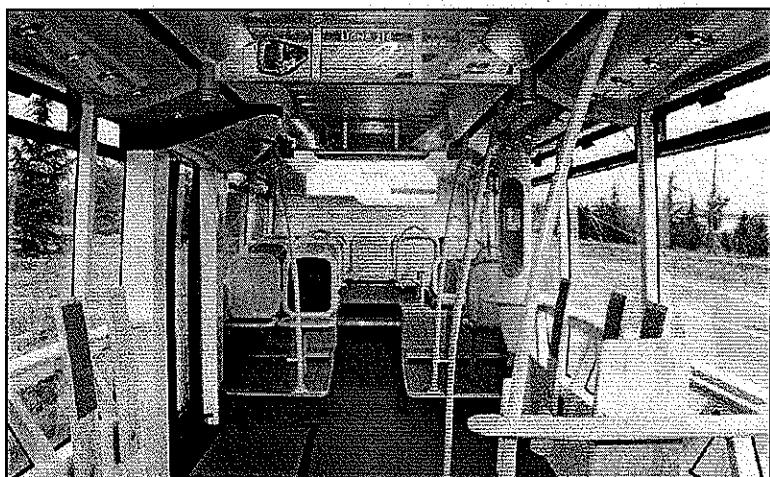
⁴⁴ En 2005, l'inter-station moyenne pour les tramways français était de l'ordre de 480m (source : Certu, Cete de Lyon, *Panorama des villes à transports publics guidés hors Ile-de-France, situation 2005*, Lyon, Certu, 2007, 53 p.)

4.2.5 Redonner une image positive au bus et améliorer son confort et son accessibilité

Le matériel roulant du BHNS peut jouer un rôle important sur l'attractivité du service alors même que le bus reste encore un objet banal dans les esprits.

- **Le confort** fait l'objet d'améliorations sensibles depuis quelques années : qualité des sièges, espaces internes, luminosité, bruit des moteurs, freinage, suspensions, etc.

*Photo 20 : Intérieur du Crealis d'Irisbus qui équipera la première ligne BHNS de Nîmes en 2009
(source : Nîmes Métropole)*



- La montée en puissance des enjeux **d'accessibilité** s'est traduite par des avancées significatives avec le plancher-bas et les espaces PMR⁴⁵. La loi de 2005⁴⁶ doit permettre de renforcer encore la prise en compte des handicaps avec le développement de l'information sonore et visuelles. On recherchera pour le BHNS un niveau d'accessibilité supérieur aux lignes de bus traditionnelles. Selon les objectifs fixés, le recours au **guidage en station** peut s'avérer intéressant moyennant un surcoût plus ou moins important selon le système retenu : optique, magnétique, rail central, galet, etc. Maubeuge n'a pas fait le choix du guidage utilisant une ligne blanche sur la chaussée comme aide visuelle aux conducteurs.⁴⁷

Photos de ligne blanche à Maubeuge (par Cete de Lille)

⁴⁵ PMR : personnes à mobilité réduite

⁴⁶ Loi n°2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées

⁴⁷ Faire un renvoi à l'ouvrage Certu sur l'accessibilité bus (lequel ? référence par F.Rambaud)

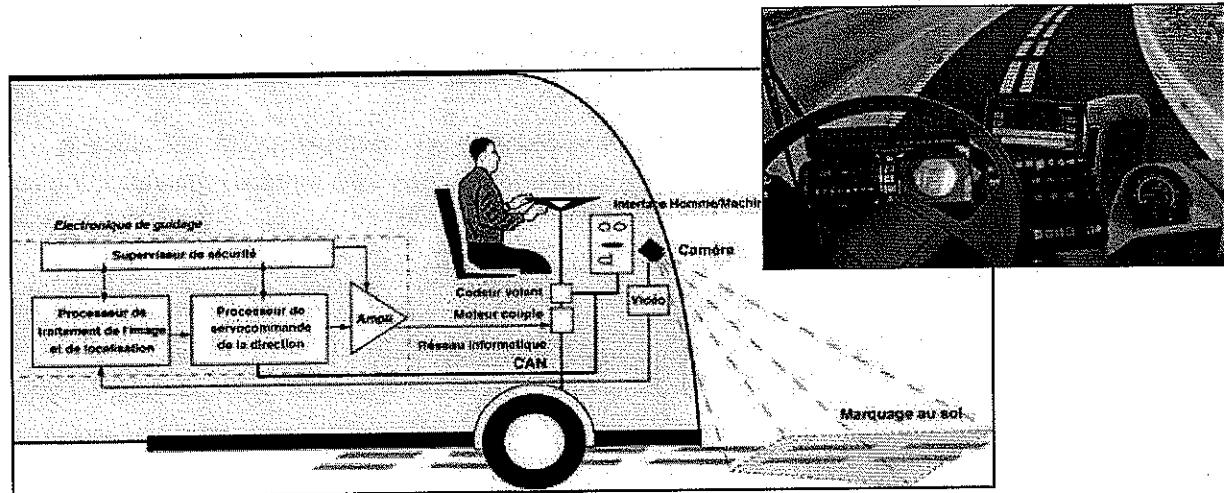


Figure 32 : Rouen a fait le choix du guidage optique de Siemens proposé sur les Agora puis les Citélis d'Irisbus pour un surcoût de 5% à 10% du système global BHNS (25 k€ par véhicule, 50 k€ par station) (source : communauté d'agglomération rouennaise)

Comment se fait le choix (ou non) du guidage à Metz ? à Nancy ? à Nîmes ?...

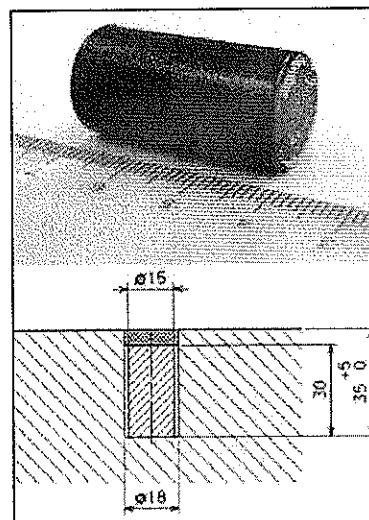


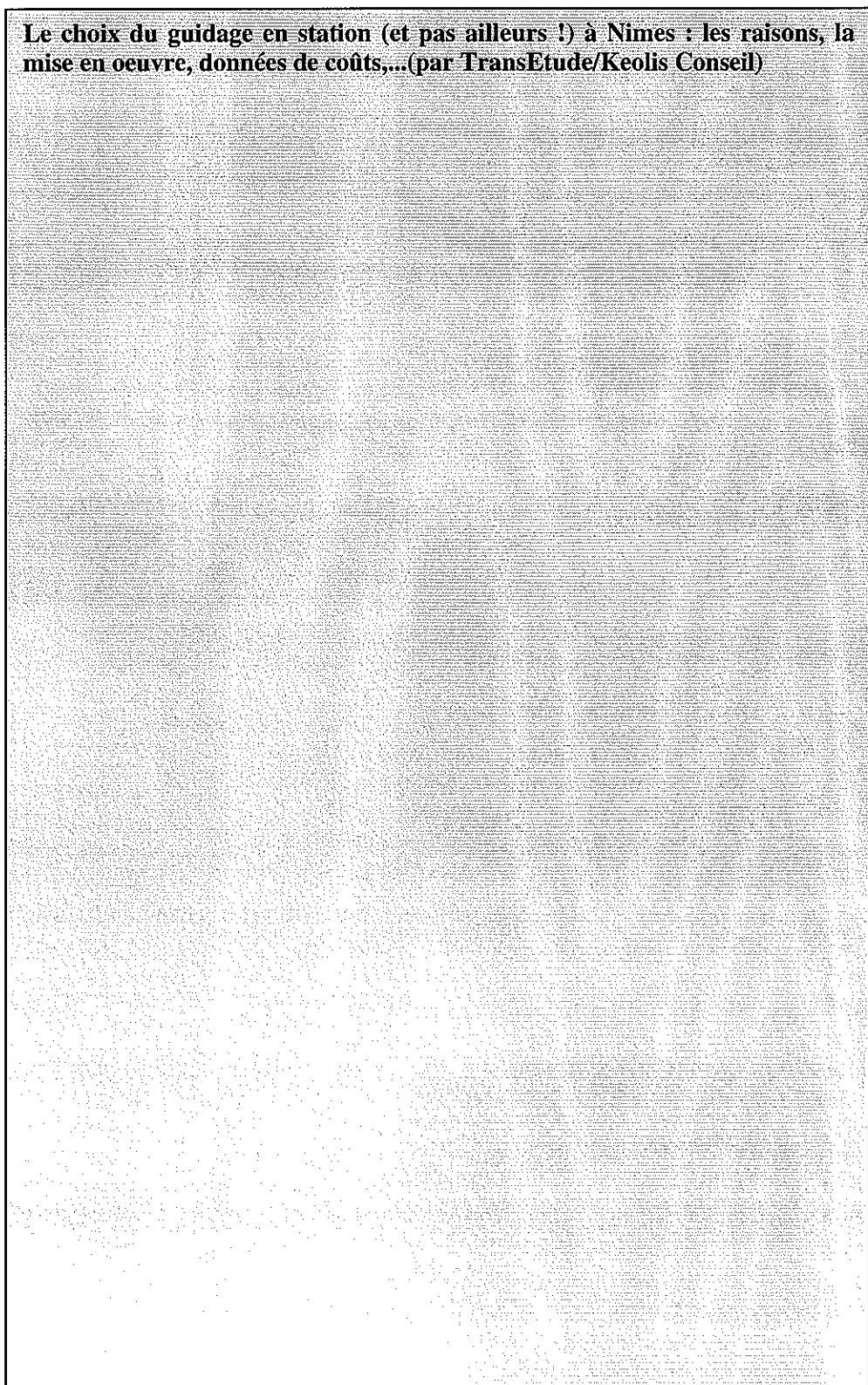
Figure 33 : A Douai, des capteurs magnétiques disposés tous les 2 mètres dans la chaussée permettront de recaler la trajectoire du bus et d'offrir un guidage immatériel sur toute la longueur de la ligne (source : SMTD)

Le guidage apporte par ailleurs une meilleure insertion et un meilleur confort en virage, de meilleures conditions de travail pour les conducteurs et une certaine visibilité du système (matérialisation plus forte de l'espace réservé dans certains cas). Nîmes, qui a retenu le guidage optique en stations pour son futur BHNS, étudie ainsi la possibilité d'étendre le guidage dans certains virages.

En revanche, contrairement à une idée reçue, le guidage d'un bus ne permet pas de réduire l'emprise du site propre en ligne droite. En effet les normes de sécurité des

TPG impose une marge de 50 cm supplémentaires au-delà du gabarit limite d'obstacle (Glo). -> [+ de détails par S. Patouillard \(lien procédure TPG\)](#)

Le choix du guidage en station (et pas ailleurs !) à Nîmes : les raisons, la mise en oeuvre, données de coûts,...(par TransEtude/Keolis Conseil)



Système	TVR	Phileas*	TEOR	Bus classique
Type de guidage	rail central	recalage par capteurs magnétique	optique, en station seulement	pas de guidage
Monotrace	oui	oui	non	non
Emprise en section courante (voie double)	6m à 6m20		6m à 6m20	7m
Rayon minimum	12m		12m	11m à 12m
Emprise en courbe	7m20 à 7m50		7m20 à 7m50	10m à 11m

* au 31/12/08, le système Phileas n'est pas encore homologué en France

Tableau 5 : emprise des différents systèmes de bus guidés (source : Certu et STRMTG-?)
à compléter/modifier par S. Patouillard/F. Rambaud et D. Bertrand + définition des termes « emprise » et « monotrace » ?

- Enfin le matériel roulant véhicule l'image du système et de sa performance. Avec le BHNS, l'objectif est d'associer à un matériel moderne à un service performant.

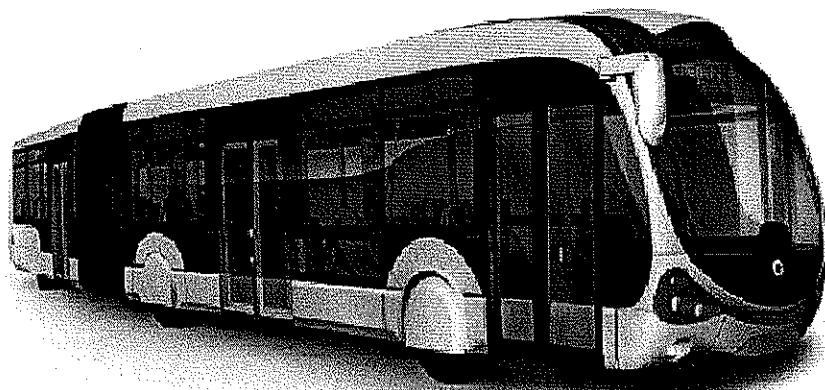


Photo 21 : le design du futur BHNS de Nîmes avec une personnalisation de la face avant (source : Irisbus)
=> récupérer photo auprès de Nîmes Métropole

Les constructeurs ont rapidement saisi les enjeux liés au développement du BHNS. Avec de nouveaux véhicules modernes et confortables, ils visent une nouvelle clientèle : « l'usager qui monterait volontiers dans un tramway mais pas dans un bus classique ! ».

Après une « adaptation BHNS » du Citaro de Mercedes pour le Busway de Nantes, Irisbus vient de présenter le Créalys. Ce véhicule est spécialement conçu pour des lignes de BHNS. Nîmes, Maubeuge et la RATP ont déjà passé commande. La RATP déployera 120 Créalys d'ici 2011, notamment sur la ligne du Trans-Val-de-Marne (TVM) et ses prolongements. Ce matériel sera doté de soufflets translucides, de portes coulissantes et d'un confort « haut de gamme ». Le surcoût de cet « autobus-plus » par rapport à un autobus standard est estimé à 30 % par la RATP.

La mise en place de bus plus accessible, plus confortable avec une image plus moderne ne sont envisageables que si les performances du système sont à la hauteur !

4.2.6 Quel bus du futur ?

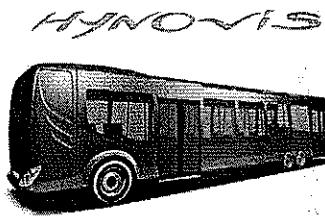
La perspective de « renouveau du bus » et l'engouement pour le BHNS laissent présager de nombreuses innovations dans les années et les décennies à venir.

Certains constructeurs sont engagés dans des programmes de recherche. La première préoccupation concerne l'énergie. Après la mise en place de nouveaux carburants comme le GNV, les premières technologies *hybrides* arrivent sur le marché (Phileas d'APTS à Douai en 2009). A partir de 2009, APTS testera aussi la pile combustible sur 2 rames Phileas à Amsterdam et 2 autres à Düsseldorf. Les constructeurs et élus caressent désormais le rêve d'utiliser des bus électriques sans caténaire ou de voir se développer les motorisations *bi-mode*⁴⁸. Ce rêve sera peut-être bientôt réalité. Deux voies sont actuellement explorées :

- L'utilisation de **batteries embarquées** à l'image du tramway de Nice
- L'utilisation d'un **rail d'alimentation par le sol** à l'image du système APS du tramway de Bordeaux

Irisbus a présenté la recherche **Hynovis** lors du salon européen des transports publics de 2008. Ce bus de 12 mètres réalisé en coopération avec la RATP et l'Inrets présente plusieurs innovations :

- un démarreur « start and go » qui permet au moteur de s'éteindre à l'arrêt et de redémarrer en 0,3 seconde.
- une architecture moteur nouvelle
- un système de récupération de l'énergie au freinage
- un poids réduit d'une tonne grâce à une nouvelle structure en acier
- un couloir intérieur d'1m20 contre 90cm pour un bus classique ce qui permet de faire circuler un fauteuil roulant
- des baies vitrées abaissées de 20 cm pour gagner en luminosité
- une capacité plus importante grâce à un gain sur le compartiment moteur



Vers un « bus sans fil » ?

Augmentation de la capacité et réduction de la consommation avec la recherche Hynovis d'Irisbus

Le bus Hynovis permettrait une économie de 30% de gazole par rapport à un bus standard moderne.

Projet WATT d'Irisbus (voir avec Maubeuge) ?

Un groupement d'industriel emmené par Michelin et soutenu par Veolia et le pôle de compétitivité I-Trans travaille sur le concept **Urban-Hys**. Le véhicule développé doit répondre aux difficultés d'insertion des bus en ville. Avec un module de 3 voitures maximum (18m de long), une faible largeur (2m10), le véhicule monotrace devrait s'insérer dans des rayons de giration de 5m. Il dispose aussi d'un design avant-gardiste et d'avancées sur la motorisation (start and go) et la carrosserie. Un premier prototype devrait circuler à Amiens début 2010.

⁴⁸ Voir le glossaire pour la distinction entre «bi-mode » et « hybride »

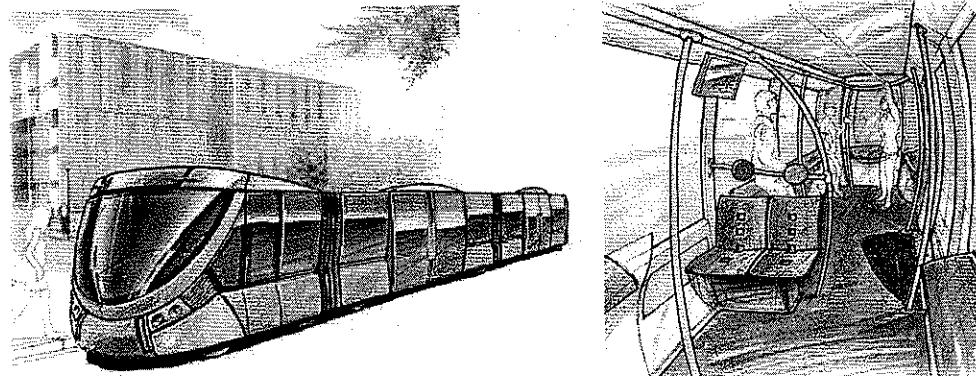


Figure 34 : design et insertion avec Urban-Hys
(source : Urban-Hys)

La RATP à travers son service « prospective et conception innovante » est un acteur incontournable de l'innovation de part sa connaissance des besoins et sa force de proposition. Ainsi, la régie parisienne a lancé une démarche prospective autour du BHNS.

Parmi les idées novatrices, on retiendra :

- le concept le **station interactive biface** : il repose sur une nouvelle manière de concevoir des stations afin d'en faire un véritable lieu et repère de la ville. Tournées à la fois sur la ville et sur le TCSP, elles doivent faire le lien entre les deux,
- le **bandeau d'aide à la conduite** au niveau du pare-brise comportant toutes les informations utiles au conducteur.

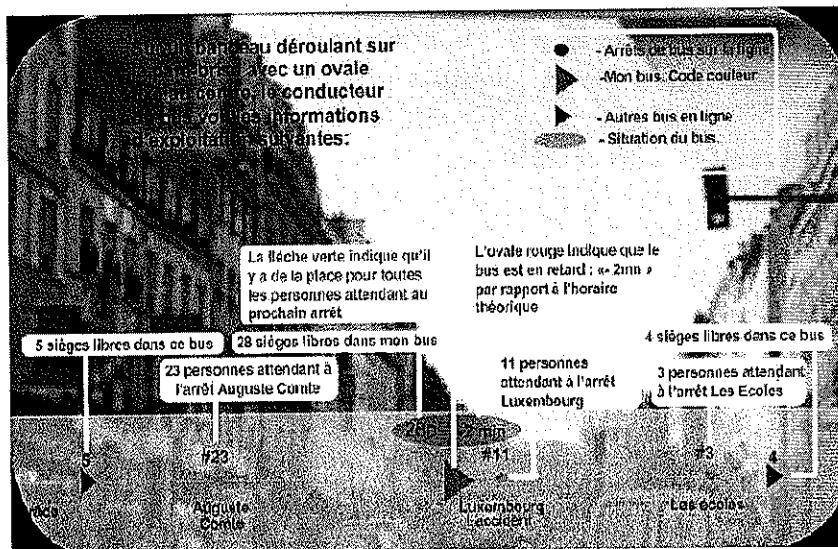


Figure 35 : exemple de bandeau d'aide à la conduite (source : RATP)

Enfin, le **projet européen « système bus du futur »** piloté par l'union internationale des transports publics (UITP) vise à fédérer l'ensemble des constructeurs afin d'être plus performant sur le marché international. L'objectif est d'innover et de développer de nouveaux concepts basés sur le véhicule bus.

Ce projet doit aboutir à la conception de plusieurs prototypes qui seront testés dans différentes villes partenaires (Paris, Lyon et Rouen pour la France). Parmi les thématiques de recherche on distingue :

- le guidage optique
- l'accès par les portes
- l'optimisation de la disposition des sièges
- le poste de conduite
- l'information embarquée
- la priorité aux feux
- l'organisation de la maintenance
- l'organisation des dépôts

Le projet bus du futur pour faire émerger un produit estampillé « Union européenne » ?

Vitesse et régularité garantissent attractivité, capacité et économies d'exploitation (carburant et conducteurs)

4.2.7 Des conditions d'exploitation favorisant la progression des bus

La congestion croît dans les zones urbaines et les transports collectifs en souffrent. A Besançon, la baisse de vitesse sur le réseau a obligé l'agglomération à augmenter son parc (172 bus en 2008 contre 155 bus en 2001) afin de maintenir fréquences et amplitudes au même niveau.

Les conditions d'exploitation du BHNS doivent permettre de garantir régularité et vitesse afin de proposer un service performant et de réaliser des économies d'exploitation.

A titre d'exemple, le passage d'une vitesse moyenne de 12 km/h à 17 km/h sur une ligne de 10 km à 10 minutes de fréquence permet d'économiser 3 bus en ligne et autant de conducteurs qui peuvent être réaffectés pour augmenter la fréquence. Il permet aussi d'économiser de l'énergie et de réduire les émissions de gaz à effet de serre (Ges) de chaque bus en circulation. A titre d'exemple, l'extension ouest du *Trans-Val-de-Marne* a permis des réductions de consommation de l'ordre de 6% grâce à la diminution des arrêts aux feux et à l'augmentation des vitesses.

La régularité garantit une optimisation de la capacité du système et un bon fonctionnement du système d'aide à l'exploitation et à l'information des voyageurs (SAEIV).

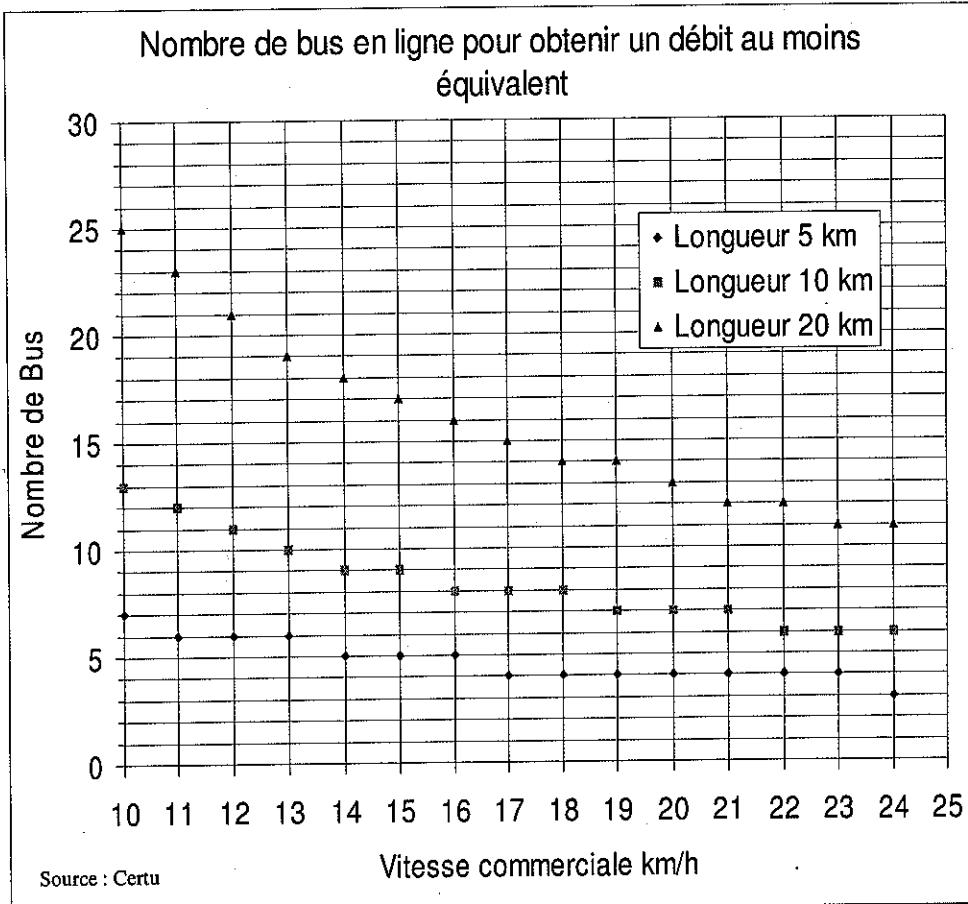


Figure 36 : nombre de bus nécessaires en fonction de la vitesse d'exploitation pour une fréquence de 10 min. avec 4 min. battement (source : Certu)

Avec le site propre, la **priorité aux carrefours** est un élément indispensable pour atteindre le haut niveau de service, notamment dans les zones congestionnées. Politiquement, cette mesure est parfois délicate à mettre en œuvre. Elle peut aussi être source de conflits entre service des transports et service de la circulation des collectivités responsables. Mais les objectifs de report modal ne laissent pas vraiment le choix.

Cette priorité est d'autant plus efficace que le système de détection en amont permet d'éviter les arrêts, même courts. Ceux-ci sont en effet source d'inconfort pour l'usager.

Le choix de **statut du site réservé** joue un rôle déterminant⁴⁹. Afin de viser le haut niveau de service, le partage du site avec les vélos, les taxis, les lignes de bus classiques et les autocars interurbains doit être évité lorsque la fréquence des BHNS est élevée. Ponctuellement, un partage peut être envisagé pour maintenir une continuité. Toutefois, on recherchera en priorité des solutions alternatives pour répondre aux besoins de ces catégories d'usagers : ouverture des couloirs bus classiques existants et à créer, bandes et pistes cyclables, double-sens cyclables,...

Lorsque la fréquence du BHNS est plus faible, un partage peut être envisagé afin

Comme pour le tramway, le BHNS doit être prioritaire

Le BHNS doit être le plus libre possible sur son site

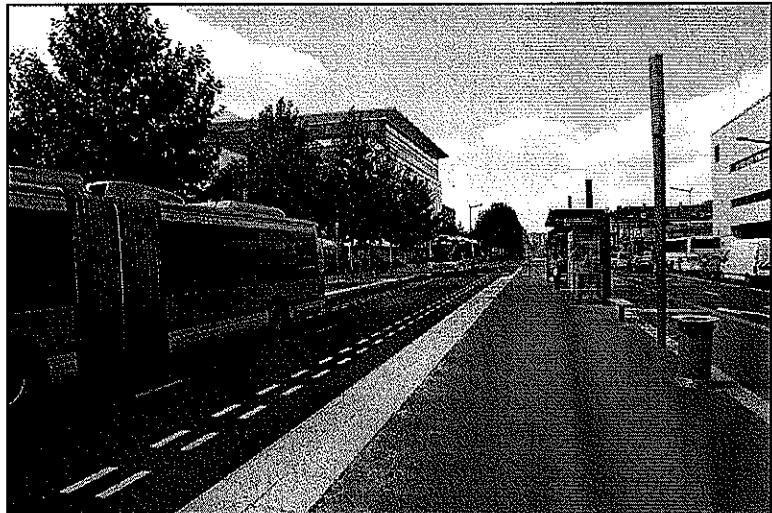
⁴⁹ Voir l'annexe 1 : définitions des infrastructures pour les bus

d'optimiser l'espace, à condition que les circulations ne dégrade pas le niveau de service. A Maubeuge, les objectifs de niveaux de service sont adaptés à la taille de l'agglomération. Ainsi, avec une fréquence du BHNS en heure de pointe de 8 minutes, il est possible d'envisager un partage avec d'autres lignes de bus ainsi qu'avec les cyclistes. Cette configuration doit toutefois être étudiée avec soin dans le temps. Une augmentation importante des cyclistes pourrait altérer le niveau de service et le choix de la mixité paraît politiquement irréversible ! Par ailleurs, l'agglomération devrait opter pour un dispositif de régulation par le poste de contrôle-commande bus. La priorité aux feux sera assurée uniquement pour répondre à des objectifs de ponctualité (le vert sera donné aux bus en retard sur l'horaire théorique). [à approfondir par Cete de Lille](#)

Ces stratégies de partage ou non des voies et de priorité doivent être clairement identifiées au niveau d'une réflexion globale de type plan de déplacements urbains (PDU).

Les fréquences doivent être adaptées à l'attractivité souhaitée mais aussi au niveau de demande. Ainsi à Nantes, quelques mois après la mise en service du *Busway*, la fréquence a été portée à 3'30 en heure de pointe afin d'augmenter le capacité du système. Toutefois, comme avec le tramway, en-dessous de 3' il devient plus difficile de garantir la régularité des bus. Ceci est d'autant plus délicat dans une configuration en tronc-commun puisqu'il faut gérer les entrées/sorties de la section commune.

Photo 22 : sur le tronc-commun de TEOR à Rouen, la fréquence théorique est de l'ordre de 2 minutes (source : Cete sud-ouest)



Enfin, les **technologies intelligentes** (ITS⁵⁰) contribuent à la performance et du confort :

- La billettique n'est pas propre au THNS. Elle est progressivement mise en œuvre sur de nombreux réseaux. Elle permet une meilleure connaissance des déplacements⁵¹, favorise l'intermodalité et véhicule une image moderne.
- La distribution automatique de billets sur les quais permet de diminuer le temps de montée et donc de garantir une meilleure vitesse et une meilleure régularité

⁵⁰ On utilise généralement le sigle anglais ITS pour « Intelligent transport system »

⁵¹ A condition que le validage soit effectif et que des enquêtes complémentaires soient mises en œuvre pour redresser les résultats (fraude, validation,...)

- Sur des systèmes à haut niveau de service, l'information voyageur est surtout utile en cas de perturbation. En effet, la fréquence étant bonne, la connaissance du temps d'attente et de trajets est moins indispensable que dans le cas d'un service avec une fréquence médiocre. En revanche, l'information a bord sur les arrêts est indispensable.
- Certains réseaux développent la vidéosurveillance qui permet au conducteur de se détacher du travail de contrôle et de sécurité. Lorsque les flux à écouler sont importants, le conducteur peut se concentrer sur la conduite.

4.3 Traiter les interfaces entre les composants

Pour atteindre le haut niveau de service, on attachera une importance particulière aux interfaces entre les trois familles de composants.

L'interface **bus/plate-forme** doit être traitée afin de garantir un bon niveau de confort. Ainsi, sur la ligne C3 de Lyon, la plate-forme n'a pas été reprise sur tout l'itinéraire. Certaines sections sont encore revêtues de pavés autoblocants. La mise en place de trolleybus moderne et confortable n'est donc pas suffisante pour garantir un bon niveau de confort.

Afin de proposer une bonne régularité et une vitesse élevée, le temps en station devra être le plus court possible. Une interface **bus/station** de qualité permet de garantir une bonne accessibilité et donc d'optimiser les flux entrée/sortie du bus. Pour répondre à cet objectif, on pourra :

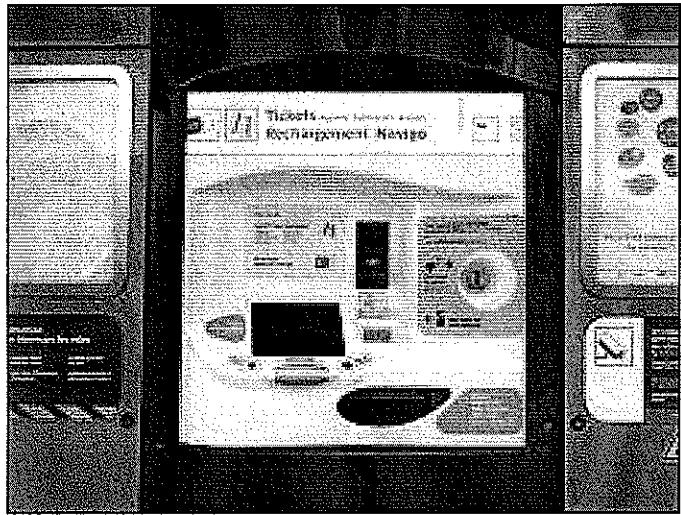
- rechercher des lacunes les plus faibles entre le bus et la station,
- favoriser la vente en station au niveau des stations les plus fréquentées (un ADUP⁵² par station comme sur le TVM peut suffire),
- augmenter le nombre de portes d'accès au bus. La montée par l'avant est à proscrire sur les lignes BHNS.



Photo 23 : le guidage de TEOR garantit des lacunes verticales et horizontales de moins de 5cm entre le bus et le quai sur les principales portes d'accès
(source : Certu)

⁵² appareil distributeur à usage du public (ADUP) =

*Photo 24 : ADUP sur le TVM
(source : RATP)*

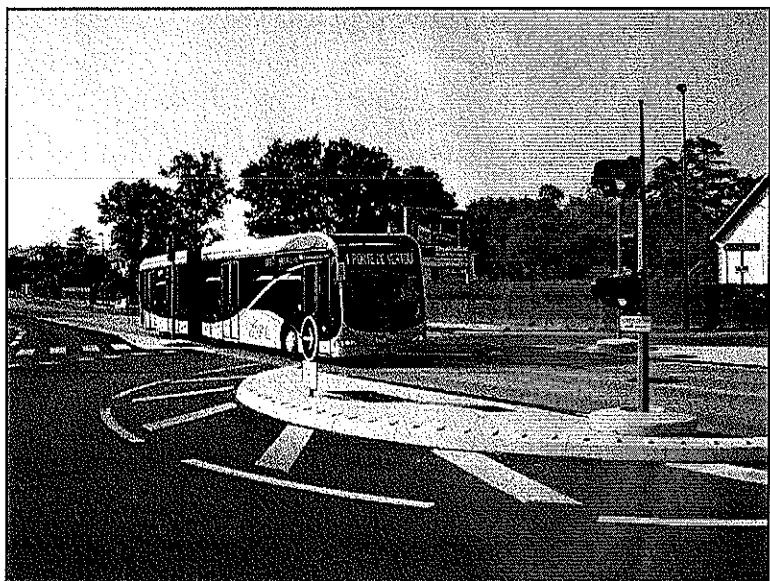


4.4 Synthèse de l'approche « système » du BHNS

4.4.1 Choisir le bus mais penser comme le tramway

Comme on l'a vu, plusieurs composants du BHNS peuvent être envisagés à la manière du tramway. L'approche « système » du BHNS s'inspire de celle du tramway. Le *Busway* de Nantes en est l'exemple le plus abouti.

*Photo 25 : « giratoire percé » geré par des feux R17 et R24 comme sur les trois lignes de tramway
(source : Certu)
voir photo D.Garrigue (MBUS) avec R24*



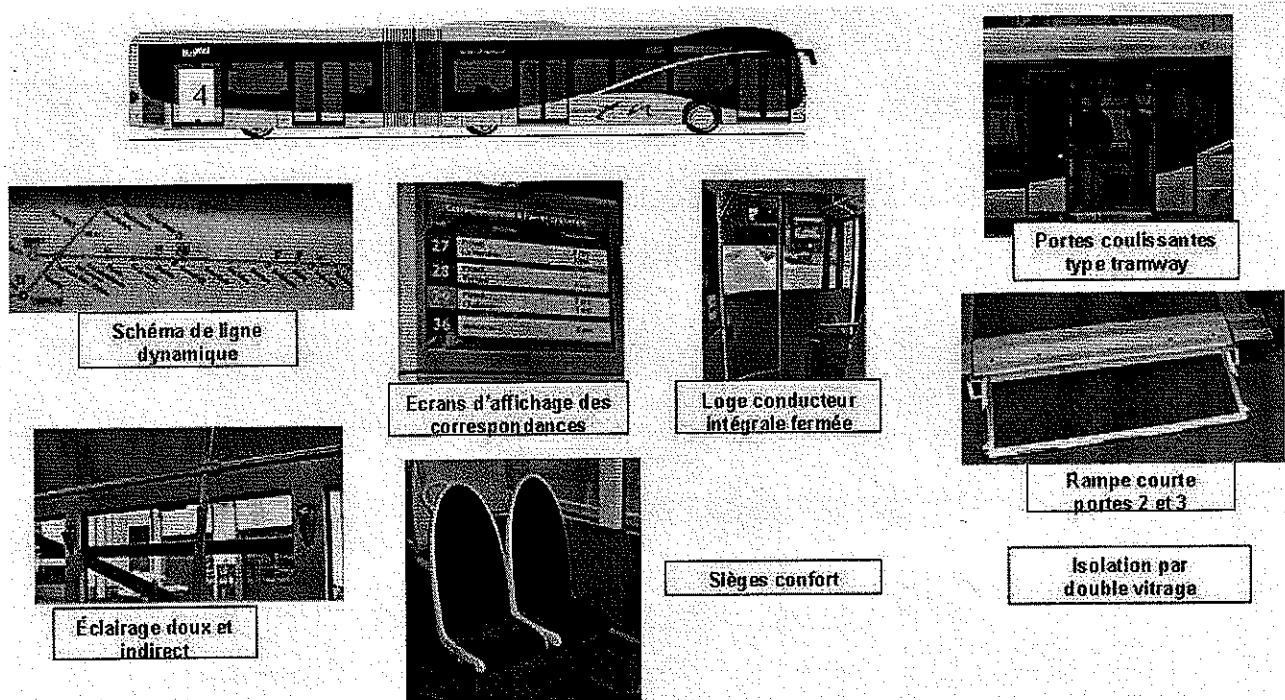


Photo 26 : le Citaro de Mercedes agrémenté de composants typiques du tramway (source : Nantes métropole)

4.4.2 Adapter l'approche « système » au contexte local et aux objectifs de la collectivité

Pour chaque composant du système, on distingue 5 niveaux de traitements.

- simple couloir bus
- sites réservés aux bus améliorés
- système BHNS « de base »
- système BHNS « dans l'esprit tramway »
- système BHNS « dans l'esprit métro »

Ces niveaux de traitements dépendent des objectifs, du contexte de l'agglomération et des moyens disponibles. L'objectif est que chaque collectivité s'inspire du concept et l'adapte.

Ainsi Lorient a fait le choix :

- d'un tronc-commun de 5km en sites propres ou sites partagés puis de sites banals en bout de lignes,
- de stations visibles et confortables sur la majorité du parcours, y compris en dehors du tronc-commun,
- de bus classiques mais récents sans distinction entre les lignes du réseau,
- de l'information voyageur mais pas de la billettique dans un premier temps pour des questions de coûts, de marge de capacité et de structure de la clientèle (beaucoup d'abonnés)

- de garantir la priorité aux carrefours malgré la forte fréquence sur le tronc-commun au 7 lignes *Triskell* (plus de 600 bus par jour – un bus toutes les 30 secondes en heure de pointe). Cette priorité est possible grâce à une reprise des carrefours en majorité en « giratoires percés ».

Composants du système BHNS	1	2	3	4	
	Simple couloirs bus	Sites réservés améliorés	Base BHNS	BHNS commun à tramway	Site propre BHNS
Infrastructures	Couloirs bus latéraux	Sites réservés bidirectionnels protégés franchissable et partagés avec vélo, taxis, autres bus	Idem 2 mais sites propres réservés au BHNS	Idem 3 mais sites propres infranchissable	Site propre intégral avec carrefours dénivélés
Stations	Arrêts de bus sur trottoirs	Arrêts de bus sur trottoirs améliorés (accessibilité)	Stations alignées et aménagées avec du mobilier classique	Stations modernes et identifiées avec du mobilier spécifique	Stations dénivélées
Véhicules	Bus traditionnel diesel	Bus traditionnel à carburant alternatif (GPL, GNV,...)	Bus ou trolleybus, à carburant alternatif présentant un niveau de confort et une image supérieures aux bus classiques	Idem 3 avec le guidage	Idem 4 avec du matériel bi-articulé
ITS	Aucun	Billettique	Billettique* + information voyageur	Billettique + Information voyageur + Vente en station	Idem 4 en système fermé
Exploitation	Pas de priorité aux feux	Ponctuellement, demande de priorité aux feux avec ses	Demande de priorité aux feux pour la majorité des carrefours	Demande de priorité aux feux à tous les carrefours	Pas de feux (carrefours dénivélés)

Les titres des colonnes sont donnés pour repères selon une impression générale. A titre d'exemple, la catégorie 4 est un peu "rigide" sur l'infrastructure, sachant que le tramway, dans de nombreux cas, disposent de sites propres franchissables

* en dehors du tronc-commun, les bus circulent en site banal

** la billettique est prévue sur l'ensemble du réseau dans une phase ultérieure

Tableau 6 : exemple de classification « système » pour le projet *Triskell* de Lorient (source : Certu)
Les cases colorées caractérisent les composants du système

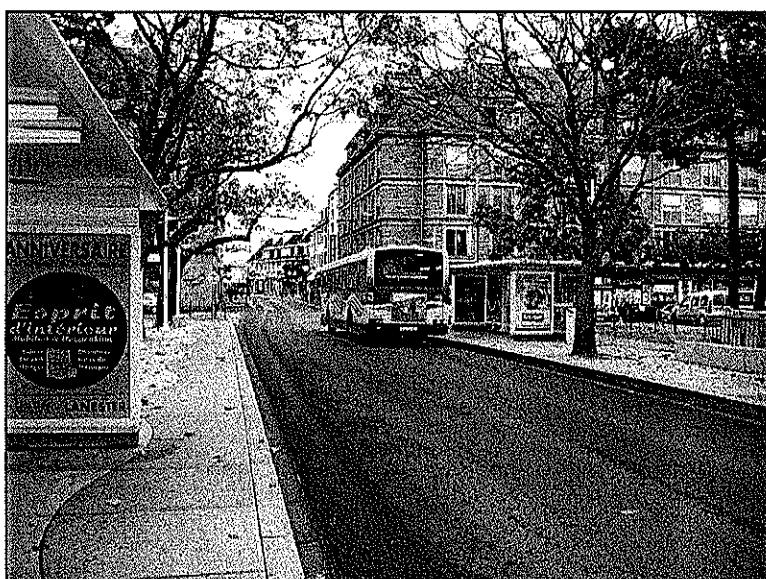


Photo 27 : site propre, station et véhicule du projet *Triskell* à Lorient (source : Certu)

4 - Comment atteindre le haut niveau de service avec du bus ? : ce qu'il faut retenir...

- L'approche globale « système » est au cœur de la démarche BHNS. Elle s'inspire des systèmes lourds (métro, tramway)
- En fonction des objectifs de niveau de service et de fonctionnement, l'AOTU doit adapter la démarche en agissant plus ou moins fortement sur chacun des composants du système (infrastructure, matériel roulant, exploitation) dans un souci d'optimisation des investissements.
- Un site propre respecté constitue la base du BHNS dans les espaces congestionnés mais n'est pas un impératif sur tout le parcours des lignes. Des solutions d'insertion et d'exploitation permettent de garantir la continuité du haut niveau de service dans des rues étroites.
- La priorité aux feux est un élément fondamental pour garantir vitesse, régularité, confort et économies d'exploitation.
- Les arrêts peuvent faire l'objet d'un traitement particulier. A l'interface entre le système et le milieu environnant, ils sont au cœur de la visibilité du système et de son accessibilité. Par ailleurs, une distance inter-station suffisante permet de garantir une vitesse élevée.
- Confort et image sont au cœur des dernières évolutions apportées par les constructeurs de bus. D'autres recherches sont en cours en ce qui concerne la motorisation afin de réduire les consommations et répondre au plus près aux besoins des collectivités.
- Le choix du guidage est optionnel. Il doit faire l'objet d'une analyse précise coûts/avantages. Sa principale utilisation concerne l'accessibilité en station et l'insertion en courbe.
- La gestion des interfaces entre les composants est primordiale. Le confort des usagers repose autant sur le matériel roulant que sur l'infrastructure. Le traitement de l'interface arrêt/bus joue un rôle important sur l'accessibilité et la régularité.
- L'identification du système par l'intermédiaire des stations, des bus ou de l'infrastructure permet d'associer le haut niveau de service à une ligne données. L'usager sait ainsi à quoi s'attendre.

5. La mise en œuvre d'un BHNS comme système TCSP

La mise en œuvre d'un projet de BHNS n'est pas aisée. Le concept de BHNS est récent et sa représentation mentale est complexe. Le BHNS est un objet souple qui peut prendre différentes formes. Ainsi, techniciens puis élus ont besoin de temps pour s'approprier le concept et le décliner localement.

Le risque est grand :

- que le potentiel du BHNS soit mal identifié
- que le projet se vide de sa substance au fur à mesure des études et lors de sa mise en œuvre

Pour répondre à ces difficultés, le BHNS doit être envisagé comme un véritable système TCSP. Outre une organisation adéquate, sa mise en œuvre nécessite une appropriation du projet par tous les acteurs et un portage politique fort.

5.1 L'organisation des compétences institutionnelles et le portage politique

A la différence du tramway, Le BHNS ne s'impose pas naturellement à la ville

Dans certains cas, la dispersion des compétences (politique globale des déplacements, organisation des transports collectifs, urbanisme, voirie et circulation, stationnement, police, abris-bus,...) ne facilite pas la cohérence des projets. A Lyon, les projets de tramways sont suffisamment portés politiquement pour que les compétences réparties entre le Sytral, le Grand Lyon et la ville de Lyon se réunissent autour du projet dans un objectif commun. Il n'en est pas de même pour les projets de lignes Cristalis qui font l'objet de négociations difficiles entre les différents services (gestion des carrefours, sites propres,...). A Lille, le projet de Liane 1 traverse 8 communes. L'appropriation du concept BHNS n'est pas homogène sur les 25km du tracé. En particulier, alors que 5,5 km de sites propres ont été réalisés sur la commune de Ronchin, la ligne n'a pas été traitée sur la commune de Lille qui concentre pourtant les principales perturbations. Cette absence d'homogénéité ne permet pas de garantir un haut niveau de service sur l'ensemble de la ligne.

A l'inverse, le projet de Busway à Nantes a été facilité par une intégration des compétences plus forte au sein de la communauté urbaine de Nantes et un portage des élus indispensable pour faire évoluer l'ancien projet de prolongement du tramway vers un projet de BHNS.

En ce qui concerne le partage entre projet de transports et projet d'embellissement urbain, différentes possibilités sont envisageables. Si la maîtrise d'ouvrage globale par l'AOTU permet d'assurer une cohérence du projet et de faciliter sa mise en œuvre, il paraît important de bien dissocier les deux composantes du projets, notamment vis à vis du financement. Cela permet par ailleurs aux communes d'envisager des aménagements particuliers sur leur territoire.

5.2 L'organisation et le pilotage technique des projets (par TransEtude/Keolis Conseil)

Approche « système » complexe même si certaines techniques sont maitrisables

Gestion des interfaces difficile

Le BHNS doit s'envisager comme un vrai projet de TCSP -> dimensionnement des équipes (faire un parallèle avec les missions tramway : Bordeaux = 20 personnes !)

Besoin d'autorité politique (citez le cas de Nantes !)

Appel d'offre : retour d'expérience sur Nîmes, vers un marché négocié pour la ligne 2

5.3 L'intégration des exploitants et des conducteurs aux projets (par TransEtude/Keolis Conseil)

A Nantes, dès la première ligne de tramway, l'AOTU a fait le choix de déléguer sa maîtrise d'ouvrage à l'exploitant du réseau, la Société d'économie mixte des transports en commun de l'agglomération nantaise (Semitan), dont elle détient 65% du capital. Cette délégation se fait après les études de faisabilité et d'opportunité. Ce montage a permis de constituer une expertise TCSP importante à la Semitan tout en garantissant la prise en compte des intérêts de l'exploitant dans les projets et une bonne maîtrise des coûts (approche économique de la maintenant par exemple). C'est ce même montage qui a été mis en œuvre pour la ligne 4 (*Busway*). Il a notamment permis une grande réactivité lors du changement du terminus de la ligne (arrêt « Foch » plutôt que « Commerce » pour créer un début de maillage en centre-ville et éviter la congestion du nœud principal)

Conducteurs : formation, appropriation, nouveaux métiers

5.4 Les citoyens et la concertation

Alors que le concept de BHNS est encore difficile à appréhender, la concertation joue un rôle important. Celle prévue dans le cadre des PDU doit amener le maître d'ouvrage à identifier les axes TCSP. C'est aussi l'occasion de sensibiliser aux différentes technologies et notamment au concept de BHNS.

Les procédures imposées ensuite par la loi sont communes à tous les projets de TCSP de plus de 1,9 M€. Le code de l'urbanisme⁵³ impose une concertation en amont. Si le maître d'ouvrage est libre de l'organiser comme il le désire, il paraît pertinent de la situer à la fin des études de faisabilité. C'est à ce niveau que doit pouvoir être discuté le choix du système et la forme du BHNS, si ce dernier est retenu. Enfin, le code de l'environnement⁵⁴ et parfois les besoins d'expropriation,

⁵³ Art. L. 300-1 à L. 300-6 et R. 300-1 à R. 300-3 du code de l'urbanisme

⁵⁴ Art. L. 123-1 à L. 123-16 du code de l'environnement

nécessitent la réalisation d'une enquête publique lors de laquelle sont généralement présentées les études d'avant-projet. Il paraît important d'y ajouter les projets connexes (réorganisation du réseau de bus, révision du plan de circulation et de stationnement, etc.)

Outre ces rendez-vous imposés par la loi, il paraît important de communiquer régulièrement et de définir des stratégies adaptées.

Ainsi, lorsque le BHNS est retenu, le choix d'un nom communicant reflétant l'appropriation locale du concept paraît intéressante. Au départ nommé « *trambus* » lors des études de faisabilité, le *Busway* a rapidement imposé sa marque, si bien que le terme commence à rentrer dans les mœurs dans d'autres villes (Metz, Nîmes, Toulon,...) pour désigner cette forme particulière de BHNS. Ailleurs, les « projets de TCSP » sont devenus *Eveole* à Douai, *Viavil* à Maubeuge, *Triskell* à Lorient, *TVM* en Ile-de-France...

La mise en avant de l' « approche système » sur un itinéraire suffisamment long et visible permet de faciliter l'appropriation du projet par les citoyens.

En ce qui concerne la phase travaux, les moyens mis en œuvre doivent être indépendants du système. Citons l'exemple de Douai qui a mis en place des « cafés tram⁵⁵ ». L'objectif est de pouvoir échanger avec les riverains qui subissent les nuisances engendrées par la réalisation du BHNS. Ces rencontres qui associent aussi les personnels de chantier ont lieu durant toute la durée des travaux dans les 15 cafés partenaires de l'opération répartis sur 4 communes. Ces cafés se distinguent par les affiches et logo-autocollants apposés sur les vitrines.

⁵⁵ Le projet de Douai est présenté sous le terme « tramway ». Il s'agit en réalité d'un BHNS guidé

5 - La mise en œuvre d'un BHNS : ce qu'il faut retenir...

- Le concept BHNS nécessite un temps et des efforts vis à vis des élus et des citoyens pour l'appréhender et le décliner localement
- La relative souplesse du BHNS devient un inconvénient lorsqu'il s'agit de le mettre en œuvre car « il ne s'impose pas à la ville » comme le tramway et ne dispose pas encore d'une image à la hauteur de son potentiel
- Une organisation, une communication et un portage politique forts sont donc indispensables pour mener à bien le projet et respecter les objectifs de haut niveau de service
- La participation de l'ensemble des acteurs (exploitants, conducteurs, citoyens,...) doit être régulière afin de faire murir le projet et de le faire accepter

6. « Tour de France » des BHNS et éléments d'évaluation (à compléter avec dossier appel à projet TCSP)

L'objectif de cette partie est de présenter de manière synthétique les projets de BHNS réalisés ou en cours et de donner quelques premiers résultats.

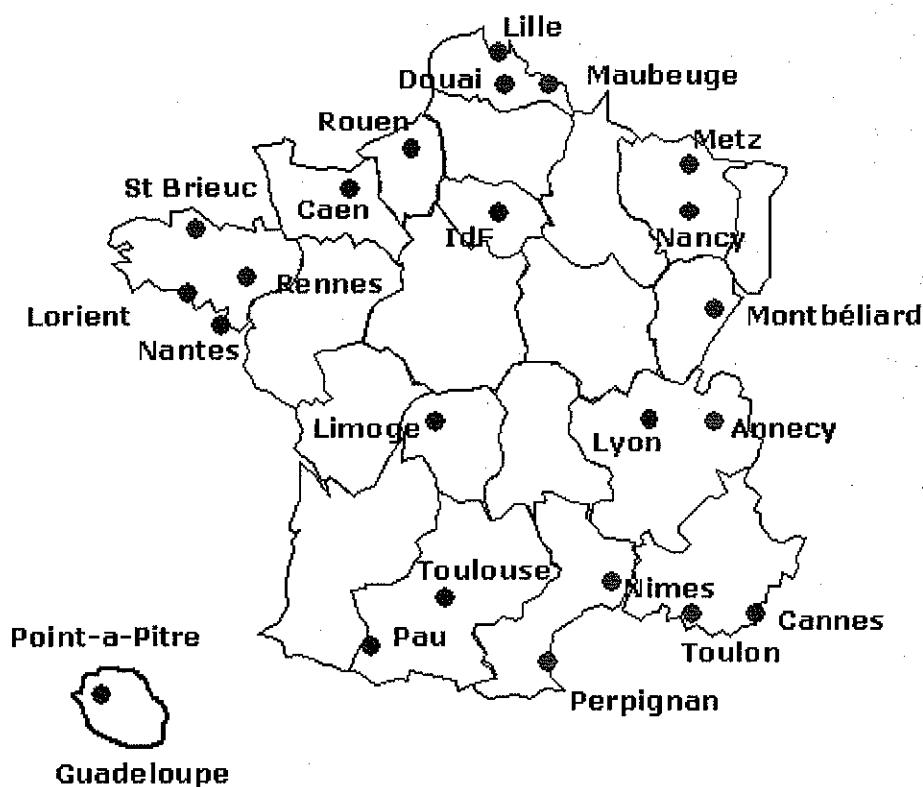


Figure 37 : carte des BHNS en service et en projet au 1^{er} janvier 2009 (source : Certu) -> attente mise en forme par Cete de Lyon + appel à projet TCSP + Martinique (Fort de France- Lamentin) + projets dans villes existentes !!!!

Pour plus d'informations sur le contenu des projets, voir les fiches réalisées sur le site web : www.bhns.fr

6.1 Les BHNS en service

Les données des fiches présentées ci-après sont issus d'un travail de recensement réalisé par les Cete. Sauf précision particulière, les valeurs sont données pour l'année 2007.

Caen - TVR

Contexte

AOTU : Syndicat mixte des transports en commun de l'agglomération caennaise (Viacité)

Population de la ville-centre (RGP 99) : 110 000 habitants

Population du pôle urbain (RGP 99) : 200 000 habitants

Exploitant principal : Keolis Caen

Lignes BHNS en service

Forme de BHNS : 1 ligne BHNS de type « busway » exploité avec deux « fourches » (ligne A et ligne B)

Longueurs des lignes BHNS : 16 km

Mise en service : 2002

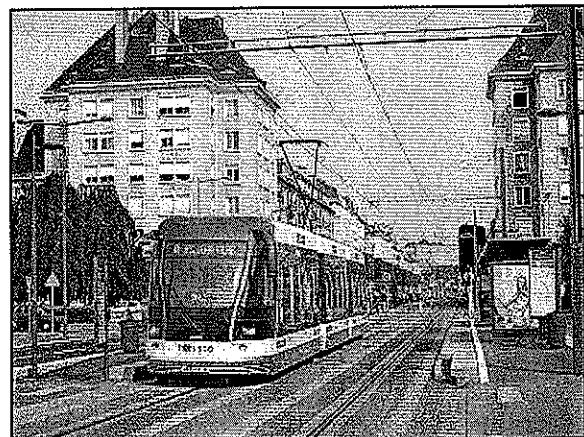


Photo 28 : TVR de Caen (source : Viacité)

Composants BHNS

Composants du système TVR de Caen	1	2	3	4	5
	Simple couloir bus	Sites réservés améliorés	Base BHNS	BHNS comme le tramway	BHNS comme le métro
Infrastructures	Couloirs bus latéraux	Sites réservés bidirectionnels protégés franchissable et partagés avec vélo, taxis, autres bus	Idem 2 mais sites propres réservés au BHNS	Idem 3 mais sites propres infranchissable	Site propre intégral avec carrefours dénivélés
Stations	Arrêts de bus sur trottoirs	Arrêts de bus sur trottoirs améliorés (accessibilité)	Stations alignées et aménagés avec du mobilier classique	Stations modernes et identifiées avec du mobilier spécifique	Stations dénivélées
Véhicules	Bus traditionnel diesel	Bus traditionnel à carburant alternatif (GPL, GNV,...)	Bus ou trolleybus, à carburant alternatif présentant un niveau de confort et une image supérieurs aux bus classiques	Idem 4 avec la guidage	Idem 4 avec du matériel bi-articulé
ITS	Aucun	Billettique	Billettique + Information voyageur	Billettique + Information voyageur + Vente en station	Idem 4 en système fermé
Exploitation	Pas de priorité aux feux	Ponctuellement, demande de priorité aux feux avec ses	Demande de priorité aux feux pour la majorité des carrefours	Demande de priorité aux feux à tous les carrefours	Pas de feux (carrefours dénivélés)

Longueurs des infrastructures en site propre : 16 km

Partage des sites propres : non

Véhicules : 24 véhicules électriques bi-articulés TVR

Guidage : par rail central (hors trajet vers ou depuis le dépôt)

Nombre de stations : 34

Interstation moyenne : 460m

Demande de priorité aux feux : 100 % des feux équipés

Niveau de service

Desserte (bande de 500m) : à voir par Cete NC avec AO + Bilan LOTI

Fréquence : 5' sur le tronc-commun en heure de pointe

Amplitude horaire : à voir par Cete NC avec AO + Bilan LOTI

Vitesse commerciale moyenne : 18 km/h

Régularité : à voir par Cete NC avec AO + Bilan LOTI

Accessibilité : véhicules à plancher bas, guidage

Confort : SAEIV, circulation fluide sans arrêt aux carrefours, stations « type tramway » accessibles

Identité, image : appellation « tramway » (abus de langage), identification du matériel, revêtement du site propre coloré, plan de réseau

Résultats

Fréquentation : 48 000 voy/jour soit 3 000 voy/km de ligne

Coûts d'investissement : 230 M€HT à voir coûts réels par Cete NC avec AO + Bilan LOTI

Coûts d'exploitation : 4,9 €HT/km (vérifier Bilan LOTI) à voir coûts réels par Cete NC avec AO + Bilan LOTI

Points forts :

- Force du site propre, priorités aux feux
- Accessibilité
- Identité forte

A suivre :

- Coûts (dont maintenance) sur le long terme
- Problème de capacité
- Choix pour la ligne 2 et stratégie de Bombardier sur un système qui n'a convaincu que deux villes dans le monde (arrêt de production ?)

Contact Cete Normandie-Centre : Mathieu Rabaud

Île-de-France – Trans-Val-de-Marne (TVM)

Contexte

AOTU : Syndicat des transports d'Île de France (STIF)

Population de la ville-centre (RGP 99) : 2,2 millions d'habitants (Paris)

Population du pôle urbain (RGP 99) : 11 millions d'habitants

Exploitant principal : RATP

Lignes BHNS en service

Forme de BHNS : 1 ligne BHNS de rocade de type « mixte »

Longueurs des lignes BHNS : 22 km

Mise en service : 1993 (12,5 km) puis 2007 (7 km)



Photo 29 : TVM avenue de Versailles à Thiais
(source : Dreif/Guiho)

Composants BHNS

Composants du système TVM	1	2	3	4	5
	Simple couloirs bus	Sites réservés améliorés	Base BHNS	BHNS comme le tramway	BHNS comme l'autoroute
Infrastructures	Couloirs bus latéraux	Sites réservés bidirectionnels protégés franchissable et partagés avec vélo, taxis, autres bus	Idem 2 mais sites propres réservés au BHNS	Idem 3 mais sites propres non franchissable	Site propre intégral avec carrefours dénivelés
Stations	Arrêts de bus sur trottoirs	Arrêts de bus sur trottoirs améliorés (accessibilité)	Stations alignées et aménagées avec du mobilier classique	Stations modernes et identifiées avec du mobilier spécifique	Stations dénivelées
Véhicules	Bus traditionnel diesel	Bus traditionnel à carburant alternatif (GPL, GNV,...)	Bus ou trolleybus, à carburant alternatif présentant un niveau de confort et une image supérieurs aux bus classiques	Idem 3 avec le guidage	Idem 4 avec du matériel bi-articulé
ITS	Aucun	Billettique	Billettique + information voyageur	Billettique + information voyageur, vente en station	Idem 4 en système fermé
Exploitation	Pas de priorité aux feux	Ponctuellement, demande de priorité aux feux avec sas	Demande de priorité aux feux pour la majorité des carrefours	Demande de priorité aux feux à tous les carrefours	Pas de feux (carrefours dénivelés)

Longueurs des infrastructures en site propre : 19,5 km

Partage des sites propres : oui, avec d'autres lignes de bus sur quelques tronçons (maximum 2 autres lignes de bus sur la plate-forme – ~~à vérifier avec RATP~~)

Véhicules : 33 bus articulés classiques – commandes de matériel spécifique en cours (Irisbus Créalys)

Guidage : non

Nombre de stations : 29

Interstation moyenne : 700 m

Demande de priorité aux feux : 100 % des feux équipés

Niveau de service

Desserte (bande de 500m) : 25 000 habitants

Fréquence : 3'30 en heure de pointe et 7'30 en heure creuse

Amplitude horaire : 4h30 – 1h30

Vitesse commerciale moyenne : 23 km/h

Régularité : ~~(voir avec RATP)~~

Accessibilité : véhicules à plancher bas à 70 % et quais de 21 cm

Confort : SAEIV, circulation fluide sans arrêt aux carrefours, stations « type tramway » accessibles

Identité, image : nom particulier mais pas d'identification des bus, revêtement du site propre coloré en rouge, identification sur les plans du réseau lourd (RER, métro, tramway, BHNS)

Résultats

Fréquentation : 65 000 voy/jour soit 3 000 voy/km de ligne,

Coûts d'investissement : 45 M€HT pour la 2^{ème} phase (7km), hors matériel roulant

Coûts d'exploitation : 3,6 €HT/km

Points forts :

- Force du site propre, priorités aux feux, vitesse
- Connexion avec les autres modes (RER B, RER A, futur tramway de Villejuif,...)

A suivre :

- Mise en œuvre des extensions à l'Est, nouvelles stations, nouveaux bus
- Utilisation du TVM et notamment des stations pour créer des centre urbains

Contact RATP : Claire Blanchard

Lorient – Triskell

Contexte

AOTU : Communauté d'agglomération du pays de Lorient (CAP Lorient)

Population de la ville-centre (RGP 99) : 60 000 habitants

Population du pôle urbain (RGP 99) : 120 000 habitants

Exploitant : Keolis Lorient

Lignes BHNS en service

Forme de BHNS : type « tronc-commun » utilisé par 7 lignes de bus

Longueurs du tronc-commun BHNS : 5 km

Mise en service : 2007

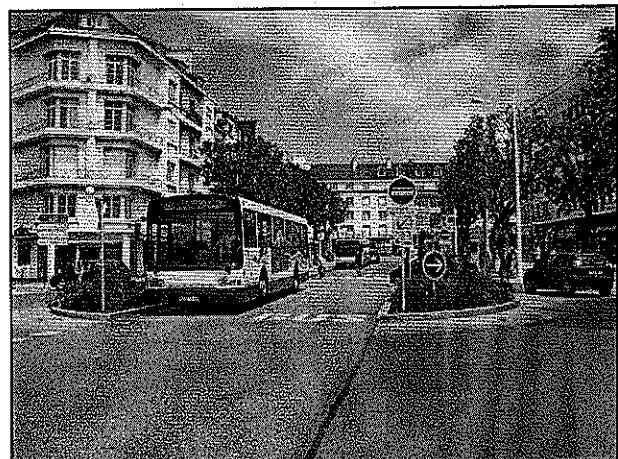


Photo 30 : tronc-commun sur l'avenue Anatole France à Lorient (source : Certu)

Composants BHNS

Composants du système Triskell		2	3		
	Simple couloir bus	Sites réservés améliorés	Base BHNS	BHNS comme le tramway	Bus comme le métro
Infrastructures*	Couloirs bus latéraux	Sites réservés bidirectionnels protégés franchissable et partagés avec vélo, taxis, autres bus	Idem 2 mais sites propres réservés au BHNS	Idem 3 mais sites propres infranchissable	Site propre intégral avec carrefours dénivélés
Stations	Arrêts de bus sur trottoirs	Arrêts de bus sur trottoirs améliorés (accessibilité)	Stations alignées et aménagées avec du mobilier classique	Stations modernes et identifiées avec du mobilier spécifique	Stations dénivélées
Véhicules	Bus traditionnel diesel	Bus traditionnel à carburant alternatif (GPL, GNV,...)	Bus ou trolleybus, à carburant alternatif présentant un niveau de confort et une image supérieurs aux bus classiques	Idem 3 avec le guidage	Idem 4 avec du matériel bi-articulé
ITS	Aucun	Billettique	Billettique** + Information voyageur	Billettique + Information voyageur + Vente en station	Idem 4 en système fermé
Exploitation	Pas de priorité aux feux	Ponctuellement, demande de priorité aux feux avec ses	Demande de priorité aux feux pour la majorité des carrefours	Demande de priorité aux feux à tous les carrefours	Pas de feux (carrefours dénivélés)

* en dehors du tronc-commun, les bus circulent en site banal

** la billettique est prévue sur l'ensemble du réseau dans une phase ultérieure

Longueurs des infrastructures en site propre : 5 km

Partage des sites propres : oui, avec les cyclistes

Véhicules : bus classique de 12m (pas de ligne dédiée BHNS)

Guidage : non

Nombre de stations : 15 sur la partie aménagée

Interstation moyenne : ??? (voir avec Cap Lorient)

Demande de priorité aux feux : priorités majoritairement par « cédez-le-passage »

Niveau de service

Desserte (bande de 500m) : ??? (voir avec Cap Lorient)

Fréquence : 1 bus toutes 30'' sur le tronc-commun en heure de pointe

Amplitude horaire : ??? (voir avec Cap Lorient)

Vitesse commerciale moyenne : ??? (voir avec Cap Lorient)

Régularité : ??? (voir avec Cap Lorient)

Accessibilité : véhicules à plancher bas et quais de 20 cm

Confort : SAEIV, circulation fluide sans arrêt aux carrefours, modification des dévers sur la plate-forme, stations « type tramway » accessibles

Identité, image : nom particulier au projet mais pas d'identification des 7 lignes, revêtement du site propre coloré en beige

Résultats

Fréquentation : ??? (voir avec Cap Lorient) Evolution ?

Coûts d'investissement : 31 M€HT dont 11 M€HT d'ouvrage d'art (pas d'acquisition de matériel roulant)

Coûts d'exploitation : ??? (voir avec Nantes Métropole) €HT/km

Points forts :

- Adaptation du concept BHNS au contexte local
- Identification des stations et réaménagements urbains
- Outils d'insertion innovants

A suivre :

- Fonctionnement des carrefours
- Impact du projet sur l'ensemble du réseau
- Mise en œuvre des extensions

Contact AOTU : André Douineau

Contact Cete de l'Ouest : Emmanuel Gambet

Lyon – ligne C1

Contexte

AOTU : Syndicat des transports du Rhône et de l'agglomération lyonnaise (Sytral)

Population de la ville-centre (RGP 99) : 470 000 habitants

Population du pôle urbain (RGP 99) : 1,4 millions d'habitants

Exploitant : Keolis

Lignes BHNS en service

Forme de BHNS : 1 ligne de type « mixte »

Longueurs des lignes BHNS : 4 km (1^{ère} phase de la ligne C1)

Mise en service : 2006



Photo 31 : ligne C1 à Lyon (source : Sytral)

Composants BHNS

Composants du système C1 de Lyon	1	2	3	4	5
	Simple couloir bus	Sites réservés améliorés	Base BHNS	BHNS comme le tramway	Site propre intégral
Infrastructures	Couloirs bus latéraux	Sites réservés bidirectionnels protégés franchissable et partagés avec vélo, taxis, autres bus	Idem 2 mais sites propres réservés au BHNS	Idem 3 mais sites propres infranchissable	Site propre intégral avec carrefours dénivélés
Stations	Arrêts de bus sur trottoirs	Arrêts de bus sur trottoirs améliorés (accessibilité)	Stations alignées et aménagées avec du mobilier classique	Stations modernes et identifiées avec du mobilier spécifique	Stations dénivélées
Véhicules	Bus traditionnel diesel	Bus traditionnel à carburant alternatif (GPL, GNV,...)	Bus ou trolleybus, à carburant alternatif présentant un niveau de confort et une image supérieurs aux bus classiques	Idem 3 avec le guidage	Idem 4 avec du matériel bi-articulé
ITS	Aucun	Billettique	Billettique + information voyageur	Billettique + information voyageur + Vente en station	Idem 4 en système fermé
Exploitation	Pas de priorité aux feux	Ponctuellement, demande de priorité aux feux avec ses	Demande de priorité aux feux pour la majorité des carrefours	Demande de priorité aux feux à tous les carrefours	Pas de feux (carrefours dénivélés)

Longueurs des infrastructures en site propre : 4 km

Partage des sites propres : oui avec les cyclistes, les taxis et d'autres lignes de bus (3 autres lignes au maximum)

Véhicules : trolleybus articulés Cristalis (105 places) **combien?** (voir avec

Guidage : non

Nombre de stations : ??? (voir avec Sytral - Cete de Lyon)

Interstation moyenne : ??? (voir avec Sytral - Cete de Lyon)

Demande de priorité aux feux : majorité des feux équipés

Niveau de service

Desserte (bande de 500m) : ??? (voir avec Sytral - Cete de Lyon)

Fréquence : 10' toute la journée

Amplitude horaire : 5h30 – 0h30

Vitesse commerciale moyenne : ??? (voir avec Sytral - Cete de Lyon)

Régularité : ??? (voir avec Sytral - Cete de Lyon)

Accessibilité : quais de 21 cm, sortie de palette automatisée

Confort : matériel nouvelle génération, SAEIV

Identité, image : identification de lignes fortes « Cristalis », bus au design spécifique

Résultats

Fréquentation : 4 700 voy/jour soit 1 200 voy/km de ligne

Coûts d'investissement : ??? (voir avec Sytral - Cete de Lyon) dont 995 k€ par trolleybus

Coûts d'exploitation : ??? (voir avec Sytral - Cete de Lyon) €HT/km

Points forts :

- Identité visuelle grâce au matériel roulant
- Recherche d'un optimum entre niveau de service, partage de l'espace et coûts

A suivre :

- Niveau de perturbation des couloirs latéraux (partage, stationnement)
- Test du guidage optique sur une ligne déjà construite
- Réalisation du projet global C1/C2 et évolution possible de C3
- Ressenti usager par rapport à une image (Cristalis) à laquelle n'est pas associée le même service (niveau de service plus faible sur la ligne C3)

Contact AOTU : Céline Faurie-Gauthier

Contact Cete de Lyon : Jean Robert

Nancy – TVR

Contexte

AOTU : Communauté urbaine du Grand Nancy

Population de la ville-centre (RGP 99) : 105 000 habitants

Population du pôle urbain (RGP 99) : 330 000 habitants

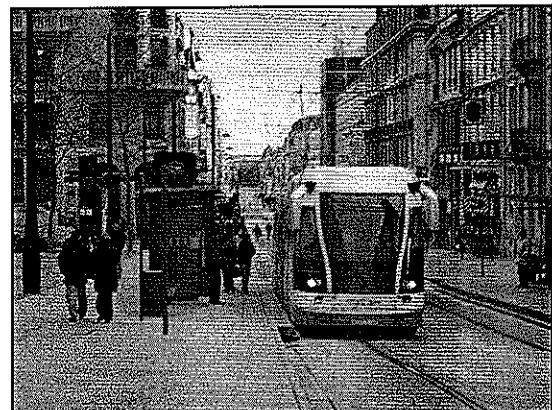
Exploitant principal : Veolia

Lignes BHNS en service

Forme de BHNS : 1 ligne BHNS de type « busway »

Longueurs des lignes BHNS : 12 km

Mise en service : 2001



*Photo 32 : TVR de Nancy
(source : Cete de l'Est)*

Composants BHNS

Composants du système TVR de Nancy	1	2	3	4	5
	Simple couloirs bus	Sites réservés améliorés	Base BHNS	BHNS comme le tramway	BHNS comme le métro
Infrastructures*	Couloirs bus latéraux	Sites réservés bidirectionnels protégés franchissable et partagés avec vélo, taxis, autres bus	Idem 2 mais sites propres réservés au BHNS	Idem 3 mais sites propres franchissable	Site propre intégral avec carrefours dénivelés
Stations	Arrêts de bus sur trottoirs	Arrêts de bus sur trottoirs améliorés (accessibilité)	Stations alignées et aménagés avec du mobilier classique	Stations modernes identifiées avec du mobilier spécifique	Stations dénivelées
Véhicules	Bus traditionnel diesel	Bus traditionnel à carburant alternatif (GPL, GNV,...)	Bus ou trolleybus, à carburant alternatif présentant un niveau de confort et une image supérieurs aux bus classiques	Idem 3 avec le trolleybus	Idem 4 avec du matériel bi-articulé
ITS	Aucun	Billettique	Billettique + Information voyageur	Billettique + Information voyageur + Vente en station	Idem 4 en système fermé
Exploitation	Pas de priorité aux feux	Ponctuellement, demande de priorité aux feux avec sas	Demande de priorité aux feux pour la majorité des carrefours	Demande de priorité aux feux à tous les carrefours	Pas de feux (carrefours dénivelés)

* une partie de l'itinéraire (4 km) est en site banal

Longueurs des infrastructures en site propre : 8 km

Partage des sites propres : non

Véhicules : 18 trolleybus bi-articulés TVR

Guidage : par rail central (hors trajet en site banal)

Nombre de stations : 30

Interstation moyenne : 370m

Demande de priorité aux feux : 100 % des feux équipés (à vérifier par Cete Est)

Niveau de service

Desserte (bande de 500m) : à voir par Cete Est avec AO

Fréquence : 4'30 en heure de pointe

Amplitude horaire : à voir par Cete NC avec AO + Bilan LOTI

Vitesse commerciale moyenne : 14,5 km/h

Régularité : à voir par Cete NC avec AO + Bilan LOTI

Accessibilité : véhicules à plancher bas, guidage

Confort : SAEIV, stations « type tramway » accessibles

Identité, image : appellation « tramway » (abus de langage), identification du matériel, revêtement du site propre coloré, plan de réseau

Résultats

Fréquentation : 37 000 voy/jour (2005) soit 3100 voy/km de ligne

Coûts d'investissement : 150 M€HT (coût 2000) à voir coûts réels

Coûts d'exploitation : 4,1 €HT/km (vérifier Bilan LOTI) à voir coûts réels

Points forts :

- Force du site propre, priorités aux feux
- Accessibilité
- Identité forte

A suivre :

- Coûts (dont maintenance) sur le long terme
- Choix pour la ligne 2 et stratégie de Bombardier sur un système qui n'a convaincu que deux villes dans le monde (arrêt de production ?)

Contact AOTU : Thierry Marchal

Contact Cete de l'Est : François Brunel

Nantes – Busway (ligne 4)

Contexte

AOTU : Communauté urbaine de Nantes Métropole

Population de la ville-centre (RGP 99) : 280 000 habitants

Population du pôle urbain (RGP 99) : 545 000 habitants

Exploitant : Semitan (SEM détenue à 60 % par l'AOTU + Transdev)

Lignes BHNS en service

Forme de BHNS : 1 ligne de type « busway »

Longueurs des lignes BHNS : 7 km

Mise en service : 2006

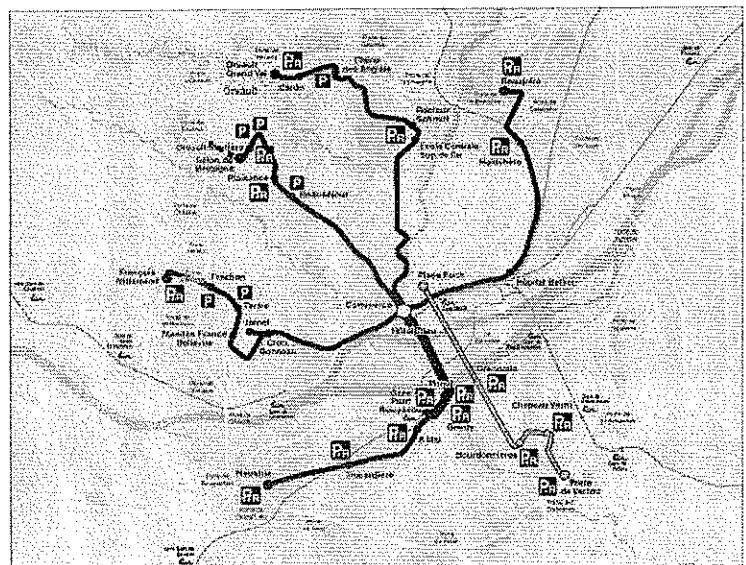


Figure 38 : plan du réseau de TCSP de Nantes
(source : Nantes Métropole)

Composants BHNS

Composants ligne 4 de Nantes	1	2	3	4	5
	Simple couloir bus	Sites réservés améliorés	Base BHNS	BHNS comme le tramway	BHNS comme la métro
Infrastructures	Couloirs bus latéraux	Sites réservés bidirectionnels protégés franchissable et partagés avec vélo, taxis, autres bus	Idem 2 mais sites propres réservés au BHNS	Idem 3 mais sites propres infranchissable	Site propre intégral avec carrefours dénivelés
Stations	Arrêts de bus sur trottoirs	Arrêts de bus sur trottoirs améliorés (accessibilité)	Stations alignées et aménagées avec du mobilier classique	Stations horizontales et identifiées avec du mobilier spécifique	Stations dénivelées
Véhicules	Bus traditionnel diesel	Bus traditionnel à carburant alternatif (GPL, GNV,...)	Bus ou trolleybus, à carburant alternatif présentant un niveau de confort et une image supérieurs aux bus classiques	Idem 3 avec le guidage	Idem 4 avec du matériel bi-articulé
ITS	Aucun	Billettique	Billettique + Information voyageur	Billettique + Information voyageur + Vente en station	Idem 4 en système fermé
Exploitation	Pas de priorité aux feux	Ponctuellement, demande de priorité aux feux avec ses	Demande de priorité aux feux pour la majorité des carrefours	Demande de priorité aux feux à tous les carrefours	Pas de feux (carrefours dénivelés)

Longueurs des infrastructures en site propre : 7 km
Partage des sites propres : non
Véhicules : 20 Citaro articulés GNV adaptés (120 places)
Guidage : non
Nombre de stations : 15
Interstation moyenne : 500 m
Demande de priorité aux feux : 100 % des feux équipés

Niveau de service

Desserte (bande de 500m) : ??? (voir avec Nantes Métropole)
Fréquence : 3'30 en heure de pointe et 7' en heure creuse
Amplitude horaire : 5h – 0h30 (5h – 2h30 le week-end)
Vitesse commerciale moyenne : environ 20 km/h
Régularité : ??? (voir avec Nantes Métropole)
Accessibilité : quais de 27 cm, aide à l'accostage (alignements droits et brodures en forme biaise) et mini-palette sur le bus
Confort : bandeau avec des diodes par station, affichage des correspondance (dont temps d'attente), revêtements et lumière haut de gamme, circulation fluide sans arrêt aux carrefours
Identité, image : nom et logo particuliers, revêtement du site propre coloré en beige, habillage particulier des bus, « ligne 4 » de TCSP

Résultats

Fréquentation : 21 000 voy/jour soit 3000 voy/km de ligne, 25 % des usagers (hors induction) en report modal VP vers TC
Coûts d'investissement : 52 M€HT dont 450 k€ par bus
Coûts d'exploitation : ??? (voir avec Nantes Métropole) €HT/km

Points forts :

- Vente des titres en station
- Priorité aux feux et traversées des giratoires
- Identification du service et aménagements urbains

A suivre :

- Gestion de la charge en heure de pointe (vers du matériel bi-articulé ?)
- Dérogation pour utilisation de la signalisation tramway (R17/R18, R24)
- Sécurité au niveau des stations en zone 30

Contact AOTU : Damien Garrigue

Contact Cete de l'Ouest : Emmanuel Gambet

Rouen – TEOR (Transport Est Ouest de l'agglomération Rouennaise)

Contexte

AOTU : Communauté d'agglomération de Rouen Haute-Normandie

Population de la ville-centre (RGP 99) : 110 000 habitants

Population du pôle urbain (RGP 99) : 410 000 habitants

Exploitant : TCAR (Veolia Transport)

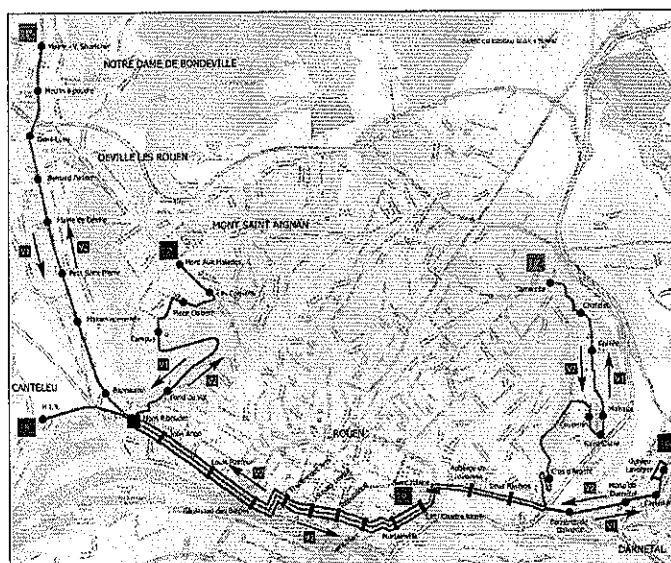
Lignes BHNS en service

Forme de BHNS : 3 lignes de type « busway » avec un tronc-commun

Longueurs des lignes BHNS : 30 km (4 km de tronc-commun)

Mise en service : 2001 puis 2007

Figure 39 : plan du réseau de BHNS de Rouen (source : TCAR)



Composants BHNS

Composants TEOR	1	2	3	4	5
	Simple couloirs bus	Sites réservés améliorés	Base BHNS	BHNS comme le tramway	BHNS comme l'autoroute
Infrastructures*	Couloirs bus latéraux	Sites réservés bidirectionnels protégés franchissable et partagés avec vélo, taxis, autres bus	Idem 2 mais sites propres réservés au BHNS	Idem 3 mais sites propres infranchissable	Site propre intégral avec carrefours dénivelés
Stations	Arrêts de bus sur trottoirs	Arrêts de bus sur trottoirs améliorés (accessibilité)	Stations alignées et aménagées avec du mobilier classique	Stations modernes et identifiées avec du mobilier spécifique	Stations dénivélées
Véhicules	Bus traditionnel diesel	Bus traditionnel à carburant alternatif (GPL, GNV,...)	Bus ou trolleybus, à carburant alternatif présentant un niveau de confort et une image supérieurs aux bus classiques	Idem 4 avec le guidage carburant diesel/gaz/électrique guidage numématique station	Idem 4 avec du matériel bi-articulé
ITS	Aucun	Billettique	Billettique + Information voyageur	Billettique + Information voyageur + Vente en station	Idem 4 en système fermé
Exploitation	Pas de priorité aux feux	Ponctuellement, demande de priorité aux feux avec sas	Demande de priorité aux feux pour la majorité des carrefours	Demande de priorité aux feux à tous les carrefours	Pas de feux (carrefours dénivélés)

*Les bouts de ligne sont en site banal, quelques passages en site propre alterné (voie unique)

Longueurs des infrastructures en site propre : 13 km

Partage des sites propres : non

Véhicules : 36 Agora et 28 Citelis tous articulés (110/115 places)

Guidage : guidage optique en station développé par Siemens

Nombre de stations : 52

Interstation moyenne : 500 m

Demande de priorité aux feux : 60 % des feux équipés

Niveau de service

Desserte (bande de 500m) : 100 000 personnes

Fréquence : 6' sur chaque ligne en heure de pointe et 10' en heure creuse

Amplitude horaire : 5h – 22h15

Vitesse commerciale moyenne : environ 17,5 km/h

Régularité : 80 % (mesure – voir François Rambaud)

Accessibilité : quais de 27/29cm avec dispositif de guidage (lacune horizontales et verticales inférieures à 5cm)

Confort : pas d'élément particulier, circulation fluide

Identité, image : nom et logo particuliers, revêtement du site propre coloré en rouge, design des nouveaux Citelis avec caméra intégrée, plan de réseau

Résultats

Fréquentation : 45 000 voy/jour sur les 3 lignes, soit 1500 voy/km de ligne

Coûts d'investissement : 165 M€HT dont 450 k€ par bus

Coûts d'exploitation : 4,6 €HT/km (2006)

Points forts :

- Approche « système TCSP » et accessibilité
- Identification du service et aménagements urbains
- Pragmatisme sur l'outil site propre (voies alternées, site banal)
- Traversée du centre-ville commerçant

A suivre :

- Fonctionnement du tronc-commun à 2' dans une perspective de croissance de la demande
- Retour d'expérience du guidage optique
- Mise en service progressive des distributeurs automatiques de billets
- Dérogation pour utilisation de la signalisation tramway (R17/R18)

Contact AOTU : Elsa Delabaere, Jean Rincé

Contact Cete Normandie-Centre : Mathieu Rabaud

Toulouse – Bus en site propre (BSP)

Contexte

AOTU : Syndicat mixte des transports en commun (Tisseo – SMTC)
Population de la ville-centre (RGP 99) : 435 000 habitants
Population du pôle urbain (RGP 99) : 760 000 habitants
Exploitant : Régie (Tisseo – réseau urbain)

Lignes BHNS en service

Forme de BHNS : 2 itinéraires de type « mixte » en rabattement sur les lignes de VAL (2 lignes de bus par itinéraire)

Longueurs des itinéraires BHNS : 7 km pour la ligne « secteur Est » et 4 km pour la ligne RD 813

Mise en service : 2005 (2km) puis 2007-2008 (9km)

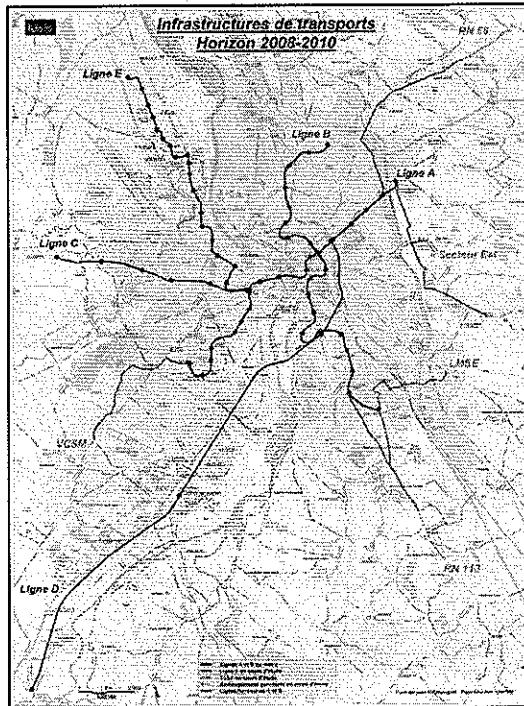


Figure 40 : plan des projets à terme de développement de BHNS en rabattement (source : Tisseo - SMTC)

Composants BHNS

Composants du système BSP Toulouse	1	2	3	4	5
	Simple couloirs bus	Sites réservés améliorés	Base BHNS	BHNS comme le tramway	BHNS comme la route
Infrastructures	Couloirs bus latéraux	Sites réservés bidirectionnels protégés franchissable et partagés avec vélo, taxis, autres bus	Idem 2 mais sites propres réservés au BHNS	Idem 3 mais sites propres infranchissable	Site propre intégral avec carrefours dénivelés
Stations	Arrêts de bus sur trottoirs	Arrêts de bus sur trottoirs améliorés (accessibilité)	Stations alignées et aménagées avec du mobilier classique	Stations modernes et identifiées avec du mobilier spécifique	Stations dénivelées
Véhicules	Bus traditionnel diesel	Bus traditionnel à carburant alternatif (GPL, GNV,...)	Bus ou trolleybus, à carburant alternatif présentant un niveau de confort et une image supérieurs aux bus classiques	Idem 3 avec le guidage	Idem 4 avec du matériel bi-articulé
ITS	Aucun	Billettique	Billettique + Information voyageur	Billettique + Information voyageur + Vente en station	Idem 4 en système fermé
Exploitation	Pas de priorité aux feux	Ponctuellement, demande de priorité aux feux avec sas	Demande de priorité aux feux pour la majorité des carrefours	Demande de priorité aux feux à tous les carrefours	Pas de feux (carrefours dénivelés)

Longueurs des infrastructures en site propre : 11 km

Partage des sites propres : oui, avec autres lignes de bus et de cars interurbains (taxis ? voir avec Tisseo)

Véhicules : bus classiques (quelle longueur ? combien ? voir avec Tisseo)

Guidage : non

Nombre de stations : 17

Interstation moyenne : voir avec Tisseo

Demande de priorité aux feux : majorité des feux équipés

Niveau de service

Desserte (bande de 500m) : ??? (voir avec Tisseo)

Fréquence : 5' en heure de pointe pour le « secteur Est » et 10' en heure de pointe pour le secteur RD 813

Amplitude horaire : ??? (voir avec Tisseo)

Vitesse commerciale moyenne : ??? (voir avec Tisseo)

Régularité : ??? (voir avec Tisseo)

Accessibilité : quai de 18 cm

Confort : SAEIV prévu pour 2010

Identité, image : site propre coloré en rouge souvent axial, arrêt de type « station tramway »

Résultats

Fréquentation : 5 000 voy/jour pour le « secteur Est », 9 000 voy/jour pour le secteur « RD 813 »

Coûts d'investissement : 62 M€HT

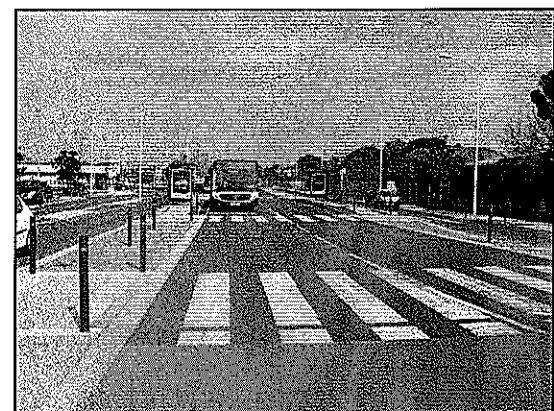
Coûts d'exploitation : ??? (voir avec Tisseo) €HT/km

Points forts :

- Visibilité du site propre
- Intermodalité avec le métro
- Fort potentiel de densification autour des lignes

A suivre :

- Evolution des trafics
- Fonctionnement des P+R (2 correspondances avant le métro)



Contact AOTU : Claire Villard

Contact Cete du Sud-Ouest : Michel Pouchard

6.2 Les BHNS en projet en province

Les projets de BHNS dont la mise en service est prévue avant fin 2013 ont été recensés à partir des réponses à l'appel à projet « transports urbains » hors Île-de-France 2008.

Rédaction après réception dossier appel à projet TCSP (fin janvier)

Douai : points forts : intermodalité gare + Concertation : Douai (café tram),

Lille : manque zone centrale + amélioration certains carrefours. + : info dans bus, ... : lisibilité lignes (3 lignes en fait, 1 seule sur plan...) à suivre fonctionnement cédez le-passage. Aurait pu aller plus loin dans le concept (site propre axial sur certaines parties faisables ex station devant lycée !!!)

Evaluation gain vitesse/regularité, temps de roulage, fréquentation ???

Prochaines lignes BHNS : vers plus de HNS ? Aménagements qui vont avec ? Plus de volonté politique ?

Rennes : surtout BHNS quand continuité avec 2^{ème} phase

Brest : manque continuité

Valenciennes

Ligne 2 Nancy

Lorient : phase 2 ?

Caen : ligne 2 ?

Outre les projets recensés, d'autres réflexions sont en cours qui pourraient aboutir sur de nouveaux projets de BHNS à un horizon plus lointain :

de « nouvelles agglomérations à BHNS » : Pau, Limoges, Vannes, Grenoble, Annecy, Bordeaux,...

des agglomérations qui étendent leurs réseaux de BHNS : Nantes (secteur Nord-Est), Lyon (lignes fortes A7-A8), Nîmes (ligne 2), Nancy (ligne 3), Lille (autres lignes), Caen,...

6.3 Quelques éléments d'évaluation globale

6.3.1 Rappel des enjeux de l'évaluation socio-économique a posteriori des projets de TCSP

Outre le fait de souscrire à une obligation légale (art.14 de la Loi pour les projets de plus de 83 M€), l'évaluation socio-économique a posteriori présente de nombreux intérêts :

- Apprécier les résultats de l'opération au regard des objectifs affichés et rendre compte de la bonne utilisation des fonds publics qui y sont consacrés,
- Valoriser les effets positifs mais aussi remédier, le cas échéant, aux effets négatifs non prévus initialement

- Alimenter le retour d'expériences pour faciliter les décisions des projets futurs
- Enrichir la réflexion nationale sur les TCSP et améliorer les méthodes d'évaluation

Quelque soit le système de TCSP (métro, tramway ou BHNS), l'AOTU doit intégrer cette démarche le plus tôt possible⁵⁶.

A ce titre, l'enquête ménage déplacement (EMD) et l'enquête clientèle type « Val de Lille » constituent les deux outils de référence pour mesurer l'impact d'un TCSP sur les déplacements de l'agglomération.

La plupart des projets de BHNS sont récents. Hormis le cas particulier de la ville nouvelle d'Evry⁵⁷, seuls le *Trans-Val-de-Marne* et les deux TVR de Nancy et Caen ont été mis en service il y a plus de 5 ans.

BHNS	Année de mise en service
Ville nouvelle d'Evry	Années 70
<i>Trans-Val-de-Marne</i>	1993 (12,5 km) puis 2007 (7 km)
TVR de Nancy	2001
TVR de Caen	2002
TEOR à Rouen	2001 (10 km) puis 2007 (3 km)
Ligne C1 à Lyon	2006
Busway de Nantes	2006
Triskell de Lorient	2007
Toulouse	2008

Aucune des évaluations prévues par la Loti n'ont été réalisées pour le TVR de Nancy, de Caen et le Trans-Val-de-Marne (à voir avec les AOTU concernés). Nous disposons toutefois de quelques enquêtes et observatoires.

6.3.2 Service rendu aux usagers et impacts sur le système global de déplacements

En janvier 2007, la ligne 4 de Nantes affichait 21 000 voyageurs par jour soit plus de 55 % d'usagers des transports collectifs par rapport aux lignes précédentes, avant les travaux. 29 % des usagers auraient effectuer le déplacements en voiture en l'absence du Busway (attention il ne s'agit sans doute pas du « taux de report » tel qu'on l'entend - préciser avec Nantes Métropole les voyages induits ou non). Les taux de report modal généralement observés sur les lignes de TCSP sont

⁵⁶ Pour la méthode, voir la *Note méthodologique pour l'élaboration des bilans LOTI de TCSP*, Lyon, Certu, 2003, 29 p. (en téléchargement sur le site web du Certu)

⁵⁷ Les sites propres bus ont été intégrés au projet de ville nouvelle. Voies pour les transports collectifs et villes ont donc été construits simultanément.

Bus à Haut Niveau de Service : ...

inférieurs à cette valeur⁵⁸. Ceci s'explique par le fait que le Busway apporte une solution performante en s'ouvrant sur un secteur mal desservi tout en redistribuant l'espace public au détriment de la voiture. 93 % des usagers trouvent une amélioration à leur conditions de déplacements (stabilité pour 4 %).

A Rouen, le succès de TEOR est aussi au rendez-vous. Il est largement plébiscité par la population (note de 16,2/20 de satisfaction globale, 15,7 pour le tramway, 15,4 pour le réseau de bus). Le système de guidage en station fonctionne correctement (moins de 1 panne pour 10 000 accostages dès 2005) et est bien accepté par les conducteurs (100 % le trouvent utile, 80 % ne sont pas plus stressés).

La mise en service de TEOR a apporté une amélioration des vitesses avec un gain de temps de l'ordre de 22 % en heure de pointe du matin (5 à 6 minutes sur un parcourt de 5 km). Alors que la vitesse commerciale est relativement stable sur le réseau de bus classiques (16,9 km/h) depuis 2002, la vitesse moyenne des lignes TEOR est passée de 16,5 km/h à 17,5 km/h avec la mise en service de la phase 2 en centre-ville.

Courbes d'évolution des fréquentations et V/K TEOR/tram/métro en prenant en compte 2007 et 2008 ? (voir avec CA Rouen)

Données sur Lorient ? (voir avec Cap Lorient)

6.3.3 Impacts sur l'environnement

Alors que les objectifs de réduction d'émission de gaz à effet de serre sont au cœur des politiques nationales et locales, aucune donnée n'existe actuellement sur ce point.

Données à Nantes, Rouen... ?

Voir prévisions appel à projet TCSP ?

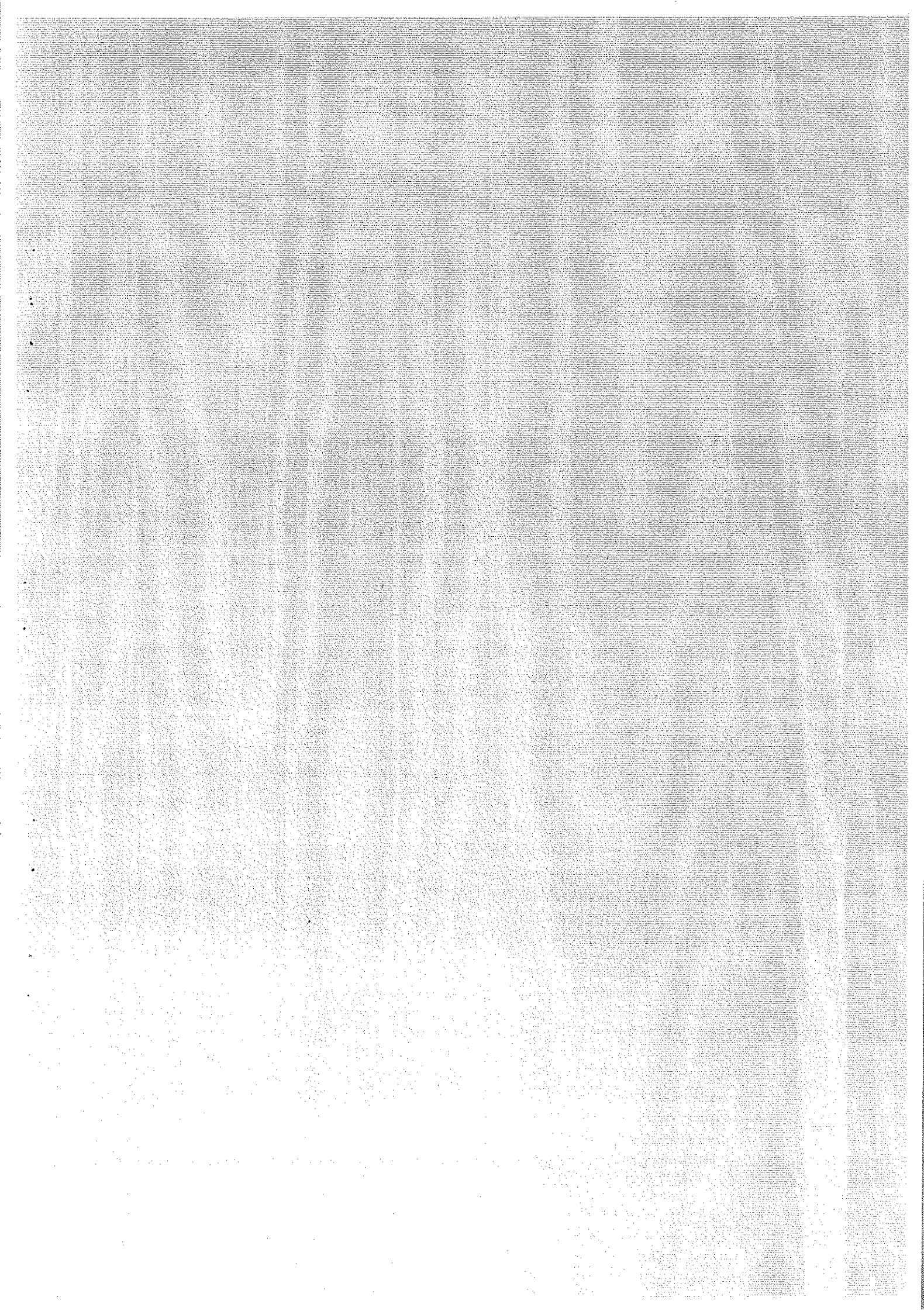
6.3.4 Impacts sur les espaces urbains

A l'image des tramways réalisés depuis les années 80, les BHNS participe à la requalification des espaces publics et à la structuration des agglomérations. Mais le recul est trop court pour apprécier les stratégies de localisation des activités et de l'habitat.

En ce qui concerne les commerce, étude à Rouen (voir avec CA Rouen)

Autres données ?

⁵⁸ Voir p.46 de l'ouvrage Certu, *Evaluation des transports en commun en site propre, Recommandation pour l'évaluation socio-économique des projets de TCSP*, Lyon, Certu, 2002



7. Vers une extension du concept BHNS aux territoires périurbains

A faire relire par P. Huillier

7.1 Enjeux des transports périurbains

Les besoins de déplacements, les problèmes de congestion et les enjeux de cadre de vie ont naturellement conduit nos politiques de transports collectifs à investir en premier lieu les zones urbaines denses. Elles sont le terrain privilégié pour offrir une alternative crédible à la voiture, alternative qui se met en place progressivement. L'étalement urbain nous oblige aujourd'hui à poser un œil plus attentif aux territoires périurbains où la forte dépendance à l'automobile se révèle cruciale dans un contexte de poussée des enjeux environnementaux, de crise économique et financière et de croissance structurelle forte des prix du pétrole.

L'appréhension des politiques de déplacements sur ces territoires se révèle très complexe :

- **L'offre alternative en transports collectifs** reste encore à construire en combinant TER, autocars, covoiturage, autopartage, transports à la demande,... dans un souci de complémentarité et de choix pertinents et durables des systèmes de transports,
- **les compétences** sont encore très morcelées par système de transport (routes nationales et autoroutes à l'Etat, TER aux conseil régionaux, autocars et route départementales aux conseil généraux,) et il n'existe pas de réelle vision globale des politiques de déplacements à l'échelle d'une région urbaine, ni même de structure décisionnelle adaptée,
- les transports devraient être au cœur des **politiques d'aménagements du territoires** (densification autour des axes de transports collectifs,...) mais l'articulation transports/urbanisme peine à se mettre en place,
- enfin, comme dans l'urbain, les **ressources financières demeurent limitées** au regard des enjeux de développement des réseaux de transports collectifs

Du point de vue technique et organisationnel, la problématique des transports urbains se révèle complexe

7.2 Premières expériences en France

Dans ce contexte, il apparaît que le mode routier dispose d'un potentiel important pour répondre aux différents enjeux des déplacements périurbains, notamment dans des logiques de mobilité vers les grandes agglomérations. Malgré des tendances encourageantes, le fer ne peut pas, à lui seul, répondre à tous les besoins :

- sa zone action ne permet de desservir qu'un nombre limité de territoires quand bien même une voie de chemin de fer les traverse,
- l'organisation des rabattements en voiture soulève de nombreuses questions. Par exemple ne veut-il pas mieux valoriser un terrain

- proche d'une gare en logements plutôt que de construire un parking utilisé en partie par des usagers qui pourraient se rabattre à pied ou à vélo ? Comment gérer l'augmentation des circulations et les nuisances qui vont avec autour de certaines gares ?
- l'augmentation des capacités des systèmes ferroviaire nécessite des investissements qui peuvent être très lourds financièrement au regard du nombre de voyageurs attendus qui restent relativement faibles par rapport aux fréquentations des réseaux urbains lourds.⁵⁹

C'est ainsi que des réflexions sont apparus dès la fin des années 90 pour utiliser le mode routier interurbain comme système performant et non plus seulement comme outil social (transports des scolaires, réponse au « droit au transport » de la Loti, couverture du territoire). La philosophie « haut niveau de service » s'étend alors aux territoires périurbain.

7.2.1 L'axe Wasselonne - Strasbourg (RD 1004) (par Franck Siegrist, CG 67)

Fortement peuplé, le corridor reliant Strasbourg à Wasselonne, à une trentaine de kilomètres à l'ouest du centre-ville, est le seul de l'aire urbaine strasbourgeoise à ne pas bénéficier d'une desserte ferrée. La RN4⁶⁰ est le principal axe routier du corridor qui supporte un trafic important, variant de 16 000 à 22 000 véhicules par jour suivant les sections. La circulation est régulièrement congestionnée et plus particulièrement aux entrées des communes traversées.

Les cars du réseau départemental sont la seule offre de transports publics sur ce corridor. Les 4 lignes départementales qui circulent le long du corridor assurent environ 3 500 voyages par jour. Cette fréquentation relativement importante justifie l'emploi de cars articulés aux heures de pointe. Toutefois, leur exploitation est fortement pénalisée par la congestion.

Dans une perspective plus lointaine d'un projet de TCSP lourd⁶¹, le département s'est engagé dans sa préfiguration, sous formes de voies réservées aux cars et de système de priorité aux feux pour faciliter la traversée des bourgs étroits..

La première section de couloir-bus a été ouverte en avril 2000, à l'entrée Ouest de Furtzenheim (sens extérieur vers Strasbourg) d'une longueur de 1 300 m, par « récupération » d'une des trois voies et en affectant les deux autres à la circulation générale. Après une période d'observation de 4 années pleines, il a été décidé de poursuivre l'aménagement de manière homogène pour les deux accès de

⁵⁹ A titre d'exemple, en 2007, les TER sur la région urbaine lyonnaise représentent environ 40 000 voyages par jour. Dans le même temps, les métros et tramways lyonnais transportent plus de 800 000 voyageurs par jour et les bus urbains 600 000 voyageurs.

⁶⁰ La partie Ouest de la RN4 a été déclassée et rebaptisée RD1004. La partie Est, comprise entre le futur Grand contournement Ouest de Strasbourg et l'autoroute A35, fait toujours partie du réseau routier national.

⁶¹ Projet dénommé TSPO pour « transports en site propre ouest ». Pour plus d'information, voir Cete de l'Est, *deserte périurbaine des grandes agglomérations, monographie sur Strasbourg*, 2008 (disponible sur www.certu.fr)

Furdenheim par la réalisation de sas à feux en entrée, permettant au car après détection (système GPS) d'obtenir une « onde verte » pour la traversée. Les travaux ont été réalisés en août-septembre 2005 et les feux ont été mis en service le 1^{er} mars 2006, pour une période de vérification-validation de deux mois.

Dès l'automne 2000, les temps de parcours des cars en direction de Strasbourg, avait diminué d'une dizaine de minutes en heure de pointe du matin au passage de Furdenheim. La clientèle, en plus des autres mesures mises en œuvre (nouvelle offre, tarification départementale, etc.) a progressé en moyenne de 25 % par an les deux premières années. Avec la deuxième phase en 2005-2006, les gains de temps de parcours en heure de pointe sont supérieurs à 5 minutes le matin et 7 minutes le soir. Le coût de l'aménagement et de l'adaptation du système GPS s'élève à 800 k€.

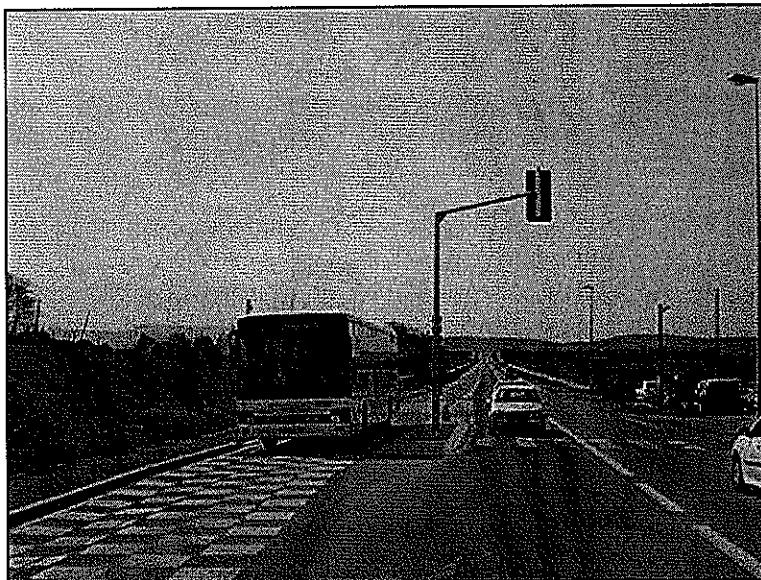


Photo 33: voie réservée et priorité pour les autocars à l'entrée de Furdenheim (source : CG 67)

7.2.2 La voie spécialisée partagée (VSP) sur l'A48 à Grenoble (par Olivier Anthelme et ?.Hetz, CG 38)

En lien avec le dynamisme économique et démographique caractérisant la région urbaine grenobloise, les déplacements ont sensiblement augmenté au cours des dernières années au sein du bassin périurbain grenoblois. Cette évolution entraîne une saturation des infrastructures routières concentrées dans les vallées, en particulier sur l'autoroute A48 au nord ouest de Grenoble. Le Conseil général de l'Isère s'est en conséquence engagé dans une politique volontariste axée sur le développement des transports en commun. Parmi les actions phares mises en œuvre dans ce contexte figurent le déploiement d'un réseau de lignes express accompagné par l'aménagement de voies réservées sur autoroute.

La ligne express Voiron-Grenoble-Crolles a ainsi été mise en service en 2002. L'enjeu consistait à développer un nouveau type d'offre de transport en commun périurbain, dont l'attractivité permette de créer les conditions d'un report modal. Les caractéristiques de la ligne ont été définies pour privilégier sa vitesse commerciale (itinéraire sur autoroute, politique d'arrêt), et la qualité du service

offert aux usagers (cadencement à 10 minutes en heures de pointe⁶², amplitude horaire de 6h45 à 20h, éléments de confort, procédures d'exploitation favorisant la régularité, niveau d'offre maintenu durant les « petites vacances scolaires »).

Plusieurs projets innovants ont été initiés sur les tronçons d'autoroute régulièrement saturés. Dans un souci d'optimisation des infrastructures existantes, la solution proposée sur l'A48 consiste à réduire la largeur des voies de circulation et à implanter la voie réservée en réutilisant l'emprise de la bande d'arrêt d'urgence. En fonction des conditions de circulation, cette « voie spécialisée » est ouverte aux transports en commun ou laissée libre pour les véhicules de secours et la sécurité. Outre l'aménagement de refuges, le dispositif nécessite en particulier une signalisation dynamique spécifique, associée à un système d'exploitation intégrant une détection automatique des incidents sur l'ensemble du site. La gestion des bretelles d'insertion se fait par l'intermédiaire d'un contrôle d'accès. Après la réalisation en 2004 d'une première section de voie réservée le long de la bretelle de sortie empruntée par les autocars pour accéder à Grenoble, le prolongement du dispositif en section courante sur un linéaire de 4 km a été mis en service en 2007. Le coût global de l'opération est estimée à 6 M€ pour 4,2 km.

L'augmentation de la fréquentation de la ligne est importante depuis 2002. Fin septembre, la ligne périurbaine affiche environ 4 000 voyageurs par jour (36 voyages par course en moyenne) contre 500 en 2002. 46 % des usagers sont d'anciens utilisateurs de la voiture.

Photo 34: autocar sur la voie réservée sur l'autoroute A48 à Grenoble (source : CG 38)



7.2.3 De nombreuses perspectives

D'autres réflexions émergent.

A Paris des études sont en cours pour la mise en place d'une voie réservée aux taxis et aux transports collectifs sur l'autoroute A1. Par ailleurs, l'institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de-France (IAURIF) a réalisé une étude d'opportunité de l'utilisation de voies réservées sur autoroutes pour les transports collectifs sur l'ensemble de la région Île-de-France.

⁶² fréquence de 5 minutes en hyperpointe

A Toulon, dans le cadre du projet d'élargissement d'une section urbaine de l'autoroute A57, des études complémentaires doivent intégrer la dimension transports collectifs.

Ailleurs (Rennes, Lyon,...), des réflexions plus globales et plus axées « territoire » qu' « infrastructure » sont en cours dans le cadre d'élaboration de documents de planification (Scot,...).

Contrairement à l'urbain, la prise de conscience des potentiels de développement des transports collectifs depuis le périurbain vers les grandes agglomérations est récent, notamment au sein des conseils généraux. Par ailleurs, les modalités d'organisation sont complexes et de nombreuses questions se posent :

- **comment intégrer le potentiel du covoiturage ?** faut-il favoriser les voies réservées mixte TC/covoiturage ? faut-il plutôt favoriser le rabattement VP vers des stations TC sur autoroutes ?
- **comment associer le développement des services TC aux projets d'infrastructure ?** quel potentiel réel ?
- **quel connexion avec le réseau urbain ?** pôles d'échanges en périphérie ? liaisons directes pour limiter les correspondances pénalisantes ?
- **quelle gouvernance ?** quel pilotage globale sur le périurbain afin d'assurer le choix de solutions techniques les plus pertinentes (TER, cars à haut niveau de service, covoiturage, etc.) et une vision cohérente des politiques ?

Les perspectives sont nombreuses...

Les questions aussi

7.3 Vers le développement du « modèle madrilène multimodal » ?

La région de Madrid a défini un modèle de développement multimodal des transports collectifs urbains et périurbains qu'il est intéressant de présenter.

Celui-ci repose sur :

- le développement de lignes de TCSP urbains (métro, tramway et BHNS) en complément du réseau de bus urbain dans les zones denses
- l'optimisation du réseau de RER existant (« Cercanias ») opéré par la Renfe
- le développement de lignes d'autocars périurbaines performantes là où le RER n'est pas pertinent
- une gestion performante des connexions entre les différents modes de transports

Pour répondre au troisième objectif, les autorités madrilènes ont décidé de favoriser la progression des transports collectifs sur les six pénétrantes autoroutières, en créant des voies réservées pour les bus, les autocars, les taxis, les motos et les véhicules en covoiturage (concept de « Bus-Vao » en espagnol).

Une premier projet a vu le jour en 1995 sur 12 km de l'autoroute A6 à l'ouest de Madrid. Différentes lignes d'autocars entrent sur la voie réservée au niveau de plusieurs échangeurs. L'arrivée dans la ville de Madrid s'effectue par

l'intermédiaire d'un pôle d'échange très fonctionnel où les cars et les bus sont en connexion avec plusieurs lignes de métro et de RER.

Voir avec Carlos Cristobal pour photo ou François Rambaud (Cost)

La mise en place de la voie réservée a permis de diviser par deux le nombre de voitures sur les voies classiques. En 2005, 60 % des déplacements sur l'axe sont réalisés sur la voie réservée : 30 % en transports collectifs et 30 % pour les autres modes (taxis, covoiturage, moto). Le même schéma doit être prochainement reproduit sur les autres autoroutes pénétrantes.

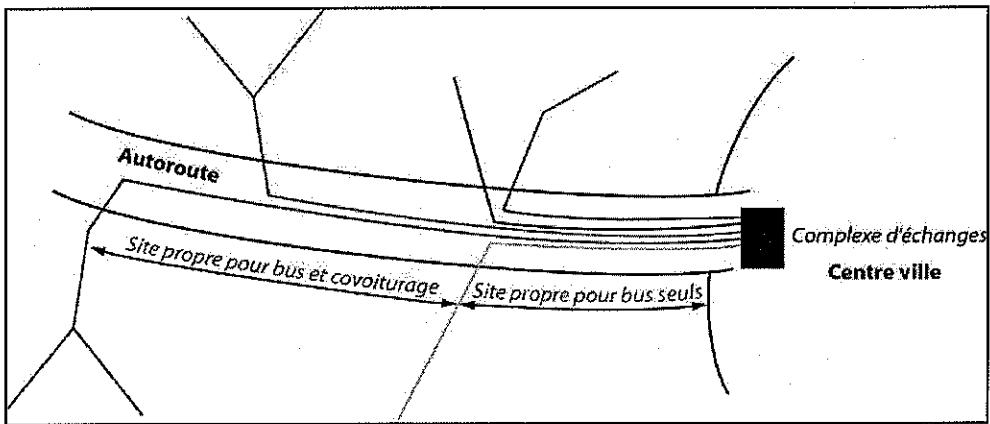


Figure 41 : organisation possible de lignes à haut niveau de service depuis le périurbain (source : IAURIF)

Certes, le contexte madrilène est particulier (grandes métropole, forte croissance démographique, culture et histoire urbaine différente). Toutefois, le modèle développé, en particulier la vision complémentaire entre les modes ferrés et routiers, pourrait inspirer de nombreuses grandes agglomérations françaises. A Madrid, cette approche globale a été en partie rendu possible par la création en 1985 du Consortio de Transportes de Madrid, véritable autorité de transports urbains et périurbains qui comprend l'Etat espagnol, la Région, la ville de Madrid, des représentants des opérateurs, des représentants d'usagers et des syndicats.

Par ailleurs, la gestion du sol, notamment à l'échelon régional, permet une meilleure articulation entre transports et aménagement du territoire.

7.4 L'approche BRT aux Etats-Unis (pas Odile Heddebaud et François Rambaud ?)

1 pages maximum

Expliquer aussi l'organisation et les moyens importants aux Etats-Unis pour travailler sur le sujet !

7 – Vers une extension du concept BHNS aux territoires périurbains : ce qu'il faut retenir...

- L'organisation des déplacements périurbains constitue un enjeux social, économique et environnemental important
- Comme sur l'urbain, le potentiel de développement des transports collectifs routiers à haut niveau de service est important, essentiellement dans les relations périurbain → grande agglomération, pour lesquelles les flux justifient le développement de transports collectifs
- Comme sur l'urbain, le mode routier doit trouver sa place, en complément du mode ferroviaire et non en concurrence
- Les solutions techniques sont en revanche plus complexes car pouvant combiner d'autres modes (covoiturage et taxis notamment)
- L'organisation institutionnelle et le financement actuels ne sont pas adaptés à l'émergence d'une vision globale des systèmes de transports périurbains
- Les expériences étrangères, notamment en Espagne et en Amérique pourraient orienter les actions à entreprendre

8. Approches « plus légères » visant à améliorer le niveau de service des bus

Le BHNS est défini comme un véritable « système TCSP » qui permet d'atteindre un niveau de service élevé (vitesse, fréquence, régularité, confort, accessibilité, etc.). Il possède son propre domaine de pertinence.

La recherche du haut niveau de service n'est pas nécessairement un objectif. Dans de petites agglomérations ou sur certaines lignes secondaires des moyennes et grandes agglomérations, d'autres approches peuvent toutefois être mises en avant pour améliorer la performance des bus.

8.1 Rentabilisation d'espaces très utilisés

A Paris, le concept *Mobilien* vise à améliorer les circulations des modes alternatifs à la voiture. Le haut niveau de service étant déjà assuré par le métro⁶³, l'objectif est de rentabiliser l'espace disponible en surface. Les projets reposent ainsi sur la mise en place de couloirs généralement réservés aux bus (plusieurs lignes sur le même tronçon), aux nombreux taxis et aux cyclistes. Ces aménagements permettent aussi d'augmenter la capacité des rues (en nombre de voyageurs par sens) (voir figure 32).

Dans une logique de traitement des points noirs, quelques carrefours sont réaménagés.

Dans certaines rues étroites, les aménagements sont relativement « souples » afin de ne pas trop contraindre la vie locale, notamment les livraisons.



Photo 35 : couloir bus sur la ligne 38 du réseau RATP (source : Certu)

⁶³ Le maillage des 14 lignes du métro parisien permet d'avoir accès à tout point du réseau en 2 correspondances maximum. Par ailleurs, la plupart du territoire de la ville est desservi par une ligne à moins de 500 m.

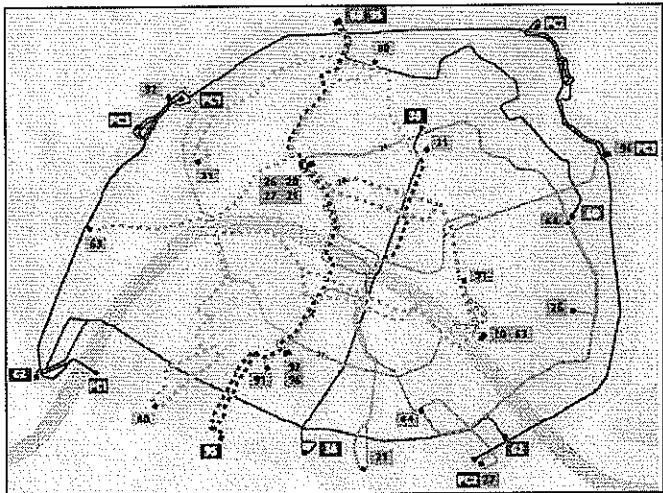


Figure 42 : plan de développement du réseau mobilien dans Paris
(source : RATP)

Les projets *Mobilien*, sont aussi l'occasion d'entreprendre quelques vastes opération de requalification urbaine.



Photo 36 : requalification urbaine sur la ligne 96 (source : RATP)

Le retour d'expérience sur les lignes 38 et 91 montrent :

- des gains de vitesse non négligeable (+ 20 % sur la ligne 38, +10 % sur la ligne 91)
- avant tout des gains de régularité (+ 20 % sur la ligne 38, + 40 % sur la ligne 91)

Le concept de type *Mobilien* est largement développé en Grande-Bretagne sous le terme de *Quality Bus Corridor* (QBC), et notamment à Manchester et à Dublin.

La dérégulation des transports publics n'y est pas favorable à l'émergence de TCSP. En effet, sur un itinéraire bus qui serait remplacé par un TCSP, on trouve

généralement plusieurs opérateurs ce qui pose des problèmes d'organisation (que deviennent les lignes de bus ? Qui exploite le TCSP ?). Par ailleurs, rien n'empêche un exploitant de bus de venir concurrencer une ligne de TCSP.

Ainsi, la manière la plus simple de développer les transports collectifs est de réaliser des sites propres utilisables par plusieurs lignes de bus.

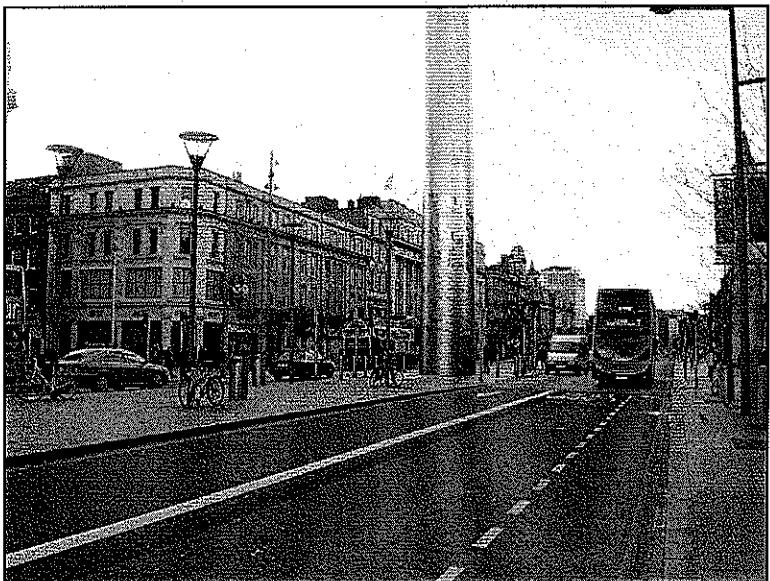


Photo 37 : *Quality Bus Corridor à Dublin*
(source : Certu)

En terme de niveau de service, le concept type *Mobilien* ou *QBC* vient donc s'insérer entre les lignes de bus classiques (site banal, absence de priorité, etc.) et le BHNS.

De nombreuses collectivités pourraient s'en inspirer (petites agglomérations, réseaux secondaires)

8.2 Redynamisation de lignes de bus

D'autres agglomérations ont entrepris des opérations de redynamisation de lignes de bus, dans un contexte moins contraignant qu'à Paris.

A Grenoble, la ligne 1 est la première ligne de bus en terme de fréquentation. En 1998, cette ligne de 9 km (dont 20 % en site propre) transportait chaque jour 12 000 voyageurs, à la vitesse moyenne de 15,5 km/h.

Pour un coût de 10 M€, l'opération de revitalisation a consisté à :

- la réalisation de couloirs bus (passage de 20 % à 80 % de l'itinéraire en sites propres)
- la suppression de 4 arrêts sur 58 pour augmenter l'interstation
- l'alignement des arrêts (50 % des arrêts étaient à encoche) et leur mise en accessibilité (quais de 21 cm)

- la simplification de certains carrefours et la mise en place de dispositifs de priorités sur 71 feux
- la sécurisation des cheminements piétons et la redistribution d'espaces en leur faveur



Photo 38 : couloir bus sur la ligne 1 de Grenoble (source : Certu)

Il en a résulté, en 2003, un forte augmentation des vitesses (de 15,5 km/h à 19 km/h en moyenne) et des gains de productivité qui ce sont transformés en offre supplémentaire (+ 13%). En 2003, la ligne affichait 19 000 voyageurs par jour.

Point aujourd'hui avec SMTC ou Semitag

Annecy, agglomération moyenne de 140 000 habitants, a entrepris dès la fin des années 90 des opérations de redynamisation du réseau de bus.

Une démarche « site propre bus » a été initiée en deux phase :

- des aménagements de centre-ville (1998-2003) visant à redistribuer l'espace public aux transports publics et aux cyclistes : création d'une sorte de « zone propre » d'environ 6 km ainsi que d'une véritable gare de bus au niveau de la gare SNCF.



Photo 39 : site propre de centre-ville à Annecy (source : C2A)

- des aménagements en sites propres depuis le centre-ville vers la périphérie afin d'améliorer la continuité du niveau de service. Début 2008, 2,5 km ont été réalisés dont un viaduc en site propre desservant le nouvel hôpital. La mise en œuvre des autres sites propres prévus au PDU est plus délicate

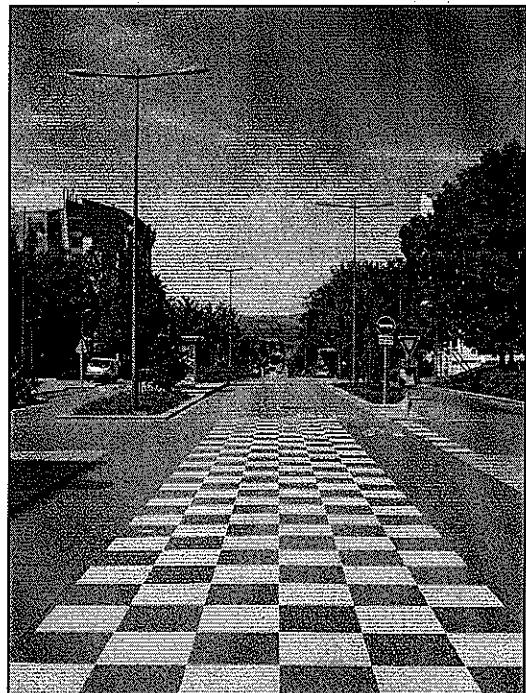


Photo 40 : site propre périphérique à Seynod (source : Cete Méditerranée)

La fréquentation du réseau de bus d'Annecy augmente en moyenne de 5 % par an depuis 2000 avec toutefois un tassement depuis 2007 qui montre sans doute les limites des opérations de redynamisations (2 % malgré une conjoncture plus favorable). Ainsi, la mise en œuvre d'un TCSP à moyen terme est à l'étude. Il permettrait de redynamiser le réseau, de lui donner une image, et de faciliter la réalisation d'aménagements en sites propres. En effet ces derniers sont difficiles à mettre en œuvre avec les lignes de bus classiques mais indispensables pour garantir une vraie continuité du haut niveau de service. Par ailleurs, le TCSP pourrait porter des enjeux de structuration et de requalifications urbaines.

La redynamisation de lignes de bus peut constituer une étape intermédiaire vers un TCSP de surface (tramway ou BHNS)

C'est le cas de Dijon qui a hiérarchisé son réseau de bus en 2001 en créant 7 *Lianes*. Trois corridors radiaux utilisés aujourd'hui par les *Lianes* seront empruntés par le TCSP qui sera mis en service en 2013. Sur les autres corridors, le principe des *Lianes* sera conservé afin de créer un véritable réseau structurant maillé en tout en limitant le nombre de correspondances.

8 – Approches plus légères visant à améliorer le niveau de service des bus : ce qu'il faut retenir...

- Plusieurs agglomérations ont mis en œuvre des opérations de revitalisation de ligne de bus, parfois dans une logique de redistribution et de rentabilité de l'espace urbain
- Contrairement aux TCSP, il n'y a pas d'approche « système ». Il s'agit de travailler sur des points noirs, en particulier du point de vue de l'infrastructure (mise en site propre de certains tronçons)
- De nombreuses collectivités peuvent s'inspirer de ces exemples : petites agglomérations, réseaux secondaires dans les moyennes et grandes agglomérations
- Les opérations de revitalisation de bus peuvent constituer une étape intermédiaire vers un TCSP de surface (BHNS ou tramway), seul à même d'apporter un niveau de service continu et de donner une identité porteuse d'enjeux qui peuvent dépasser le simple domaine du transport (requalification urbaine, support de développement urbain, etc.)

9. Conclusion

En partant du matériel bus (y compris trolleybus) et en développant une approche « système TCSP » intégrant aussi les infrastructures et les conditions d'exploitation, le concept de BHNS propose des niveaux de performances intermédiaires entre le bus classique et le tramway. Il s'inspire des ingrédients de ce dernier, en proposant des outils permettant d'atteindre le haut niveau de service : site propre lorsque cela est nécessaire, priorités aux feux, aménagement des stations, confort et design des véhicules,... Il donne aussi une image à la performance afin que l'usager puisse identifier le service.

En s'adaptant aux différents contextes locaux, le BHNS vient répondre à différents besoins : structuration de réseaux de TC performant dans les agglomérations moyennes et hiérarchisation des réseaux des grandes agglomérations en complément des TCSP lourds (métro, tramway).

Le choix d'un BHNS résulte d'un processus complexe et long. Les études et discussions successives doivent permettre aux techniciens et élus de s'approprier le concept et de l'intégrer dans le processus décisionnel. En théorie, le choix d'un BHNS devrait s'imposer de lui-même. Les situations à la croisée des domaines de pertinence des tramways et des BHNS sont en effet rares. Le BHNS se positionne sur un créneau nouveau en terme de capacité et de coûts et certaines options (longueur des véhicules, guidage en station, monotraçabilité, etc.) lui permettent de répondre aux éventuelles difficultés d'insertion. Dans tous les cas, le BHNS doit être envisagé dans une vision globale et à long terme du développement de l'agglomération et du réseau de transports publics (diffusion du haut niveau de service dans le temps et dans l'espace).

La mise en œuvre du BHNS doit s'entreprendre comme tout autre projet de TCSP. En particulier, son caractère innovant et complexe nécessite un fort soutien politique et une participation de l'ensemble des acteurs concernés (élus, exploitants, citoyens). Par ailleurs, les exemples récents de Nantes, Rouen ou Lorient montrent que le BHNS peut créer une dynamique de développement et de requalification urbains, au même titre que le tramway. Sa souplesse permet aussi d'évoluer vers une autre approche de l'aménagement urbain, celle de la « ville réversible ».

Le BHNS s'inscrit dans la logique de développement durable. En redistribuant l'espace public et en favorisant le report modal il répond aux enjeux environnementaux. En créant du lien entre les quartiers et en participant à leur décongestion il apporte une réponse économique et sociale.

Le potentiel de développement du BHNS est donc important d'autant plus que le contexte actuel est favorable au développement des TC structurant (crise économique et financière, croissance structurelle du prix du pétrole, prise de conscience environnemental). La croissance de 6 % de la fréquentation des TCU en province entre 2007 et 2008 (2,5 % pour l'offre et 3,5 % pour le taux de remplissage) vient rappeler le fort potentiel de développement des transports collectifs et invite les décideurs à anticiper un changement structurel de comportements. Pour cela, les collectivités doivent pouvoir bénéficier rapidement

de moyens financiers nouveaux pour développer leurs réseaux de TCSP urbains mais aussi périurbains, où le concept de BHNS peut s'étendre.

Le lancement d'appels à projets « transports urbains » hors île-de-France faisant suites au Grenelle de l'environnement va dans ce sens. D'autres sources pourraient être explorées (taxe sur les plus-values foncières, péages urbains, dépénalisation du stationnement, augmentation des taux de VT et extension de son principe sur des territoires périurbains, etc.)

10. Annexes

10.1 Annexe 1 - Définitions des infrastructures utilisées par les bus

Une voie utilisée par un transport collectif peu être caractérisée par :

- les catégories de véhicules autorisés à l'emprunter (on parle de « degré d'ouverture »)
- son degré de protection
- son implantation sur la chaussée

A. Classification des voies selon le degré d'ouverture

Site banal

Site ouvert à la circulation générale sans priorité particulière.

Site partagé

Site ouvert uniquement aux véhicules de transports collectifs urbains et à certaines catégories de véhicules parfaitement identifiées (taxis, vélos, autocars interurbains) en plus des véhicules d'urgence en intervention.

Site propre

Site ouvert uniquement aux véhicules de transports collectifs urbains et aux véhicules d'urgence en intervention.

Site propre alterné

Site propre emprunté dans un sens ou dans l'autre selon les sections (site alterné dans l'espace), ou selon l'heure de la journée (site alterné dans le temps)



Photo 41 : site alterné dans le temps de la montée des soldats à Lyon – préfiguration des futures lignes C1/C2 (source : Certu)

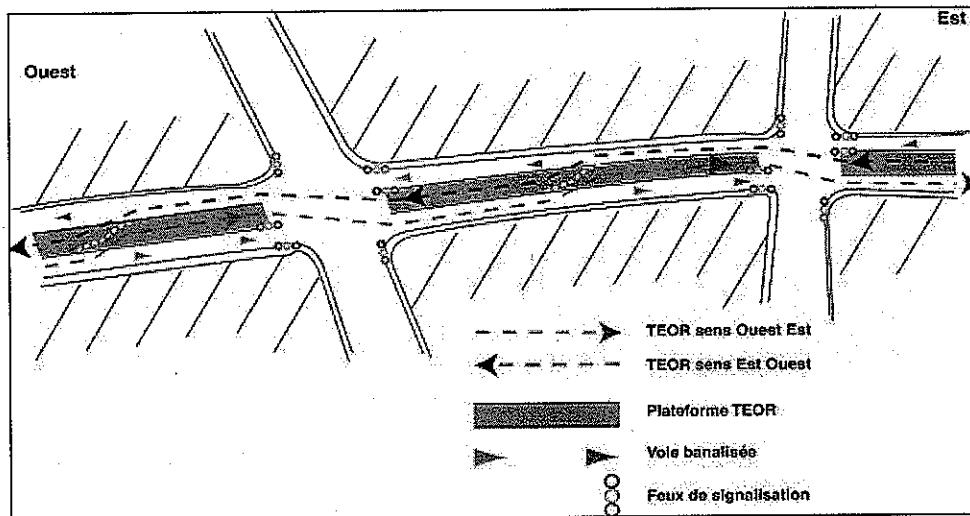


Figure 43 : schéma de principe de fonctionnement d'un site propre alterné dans l'espace sur la ligne T2 de TEOR à Rouen (source : communauté d'agglomération de

Site propre temporel

Site ouvert à la circulation générale sur lequel l'accès prioritaire des véhicules de transports collectifs urbains est assuré par une signalisation dynamique.



Prévoir un schéma sur le modèle de C1 ci-contre (F. Rambaud, D. Bertrand pour GT partage SP)

B. Classification des voies selon le degré de protection

Site (propre ou partagé) non protégé

Site (propre ou partagé) délimité par un marquage réglementaire ou par une simple différence de couleur ou de texture. Le site est matériellement accessible aux autres véhicules.

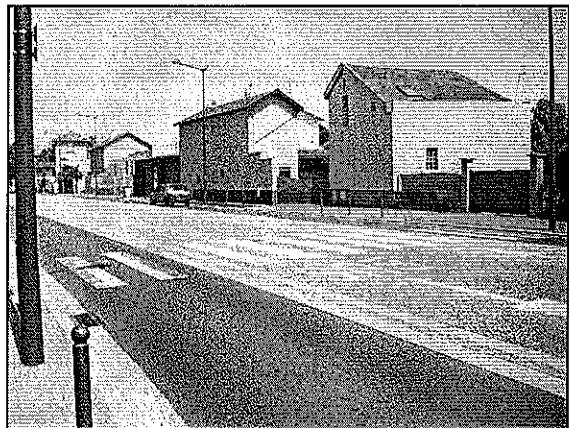
*Photo 42 : site partagé non protégé à Angers
(source : Certu)*



Site (propre ou partagé) protégé accessible

Site (propre ou partagé) délimité par un dispositif matériellement franchissable ou par une dénivellation.

*Photo 43 : site propre protégé accessible à Vaulx-en-Velin
(source : Certu)*



Site (propre ou partagé) protégé inaccessible

Site (propre ou partagé) délimité par un dispositif matériellement infranchissable par les véhicules automobiles (mais matériellement franchissable par les piétons et par les deux-roux).

*Photo 44 : site propre protégé inaccessible à Nice
(source : Cete Méditerranée)*



Site propre intégral

Site propre rendu physiquement innaccessible, y compris aux piétons et aux deux roues. Les voies du site propre intégral ne peuvent être franchies que par un passage dénivelé ou un passage à niveau. Un site propre intégral est règle générale implanté sur une plate-forme indépendante, cloturé, voire en viaduc ou en tunnel.



Photo 45 : exemple de site propre intégral bus en viaduc à São Paulo (source : Ville de São Paulo)

C. Classification des voies selon l'implantation sur la chaussée

Site (propre ou partagé) unidirectionnel latéral

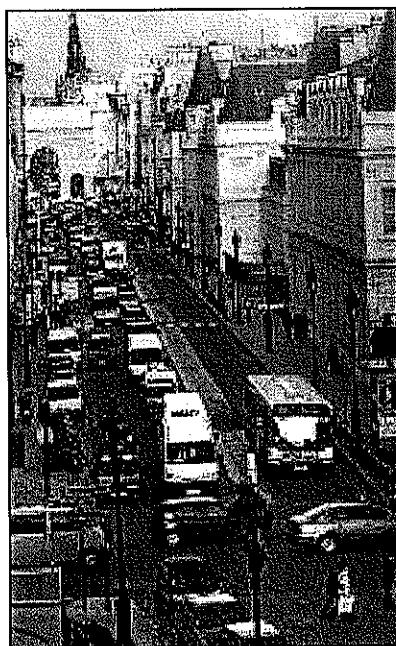


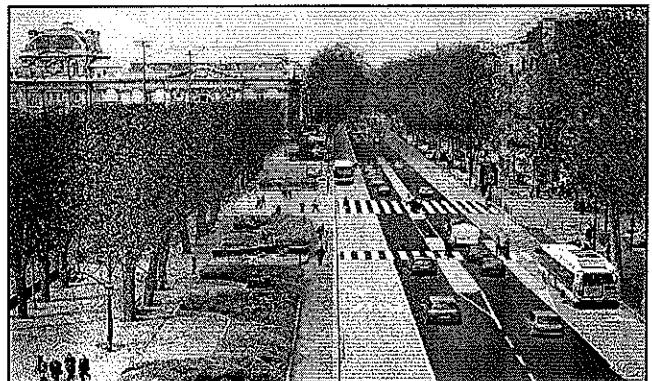
Photo 46 : site propre unidirectionnel latéral à Paris dans le cadre du programme Mobilien (source : RATP)

Site (propre ou partagé) unidirectionnel axial



*Photo 47 : site unidirectionnel axial à Aix-en-Provence
(source : Cete Méditerranée)*

Site (propre ou partagé) bilatéral

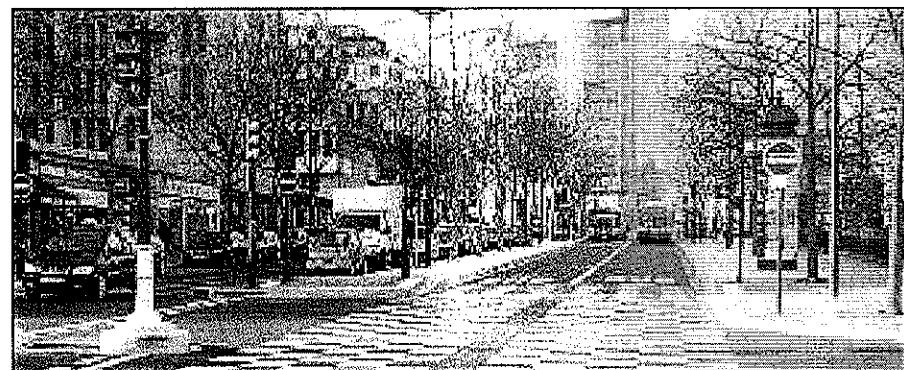


*Figure 44 : projet de site bilatéral dans le centre de Lille
(source : CUDL)*

Couloir bus

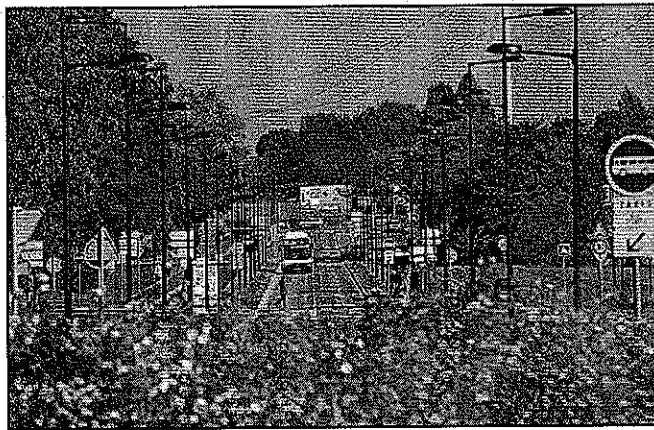
Dans la pratique, on utilise souvent le terme de « couloirs bus » pour désigner des sites bilatéraux ou des sites unidirectionnels classiques.

Site (propre ou partagé) bidirectionnel latéral



*Photo 48 : site bidirectionnel latéral à Paris dans le cadre du programme Mobilien
(source RATP)*

Site (propre ou partagé) bidirectionnel axial



*Photo 49 : site propre
bidirectionnel axial près
du CHU de Lille
(source : CUDL)*

10.2 Annexe 2 - Le BHNS dans la classification Certu des systèmes de TCSP urbains

Transport collectif en site propre (TCSP) urbains

On entend par TCSP urbain un système de transport collectif utilisant majoritairement des entreprises affectées à son exploitation et fonctionnant avec des matériels allant du bus au métro.

La classification TCSP urbain proposée par le Certu a été validée par le groupe de travail et est compatible avec l'« approche sécurité » du service technique des remontées mécaniques et des transports guidés (STRMTG). Elle repose en effet sur la distinction des systèmes selon deux réglementations distinctes :

- le décret n° 2003-425 relatif à la sécurité des transports publics guidés **pour les modes guidés dont le tramway et le métro**
- le code de la route et l'arrêté du 2 juillet 1982 relatif aux transports en commun de personnes **pour les bus**

Certains systèmes doivent répondre aux deux réglementations dans la mesure où ils peuvent être utilisés en mode guidé et en mode non guidé. C'est le cas des TVR de Caen et Nancy, de TEOR à Rouen et d'Eveole à Douai qui sont donc limités en longueur à 24,50m.

En revanche, le Translohr de Clermont-Ferrand est guidé intégralement et n'est donc soumis qu'à la réglementation sur les transports publics guidés (TPG), comme le métro et le tramway.

Classification TCSP	Tramway sur pneu	BHNS guidés			
Système	Translohr de Clermont-Ferrand	TVR de Caen	TVR de Nancy	Eveole à Douai	TEOR à Rouen
Utilisation en mode guidé	intégralement	sur tout le parcours commercial	sur une partie du parcours	sur la majorité du parcours	en station
Utilisation en mode routier	impossible	pour rejoindre le dépôt	sur une partie du parcours	en mode dégradé	en dehors des stations
Soumis à la réglementation TPG	oui	oui	oui	oui	oui
Soumis au code de la route	non	oui	oui	oui	oui

Tableau 7: classification TCSP Certu des systèmes guidés sur pneus (source : Certu)

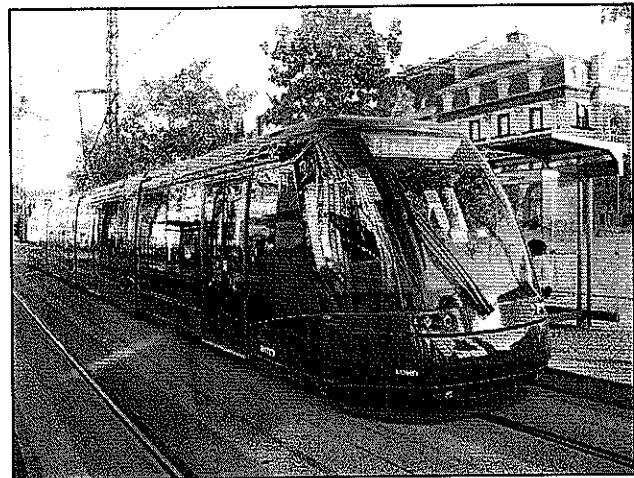


Photo 50 : le Translohr de Clermont-Ferrand
(source : Certu)

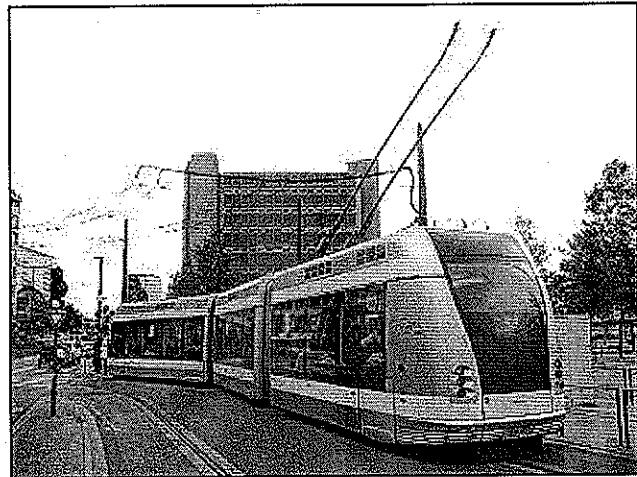


Photo 51 : le TVR de Nancy (source : Certu)



Photo 52 : TEOR à Rouen (source : communauté d'agglomération de Rouen ?)

Ces considérations réglementaires et techniques permettent de définir trois classes de TCSP urbain : le métro, le tramway et le BHNS.

Classification Certu des TCSP urbains

Métro

Le métro est un TCSP guidé de manière permanente et caractérisé par un site propre intégral (pas de carrefour, plate-forme inaccessible). Il est généralement en sous-terrain ou en viaduc. Il est exploité à voie libre à l'aide d'un système de cantonnement. Il peut être automatique. On fera la différence entre le métro lourd et le métro léger de type Véhicule Automatique Léger (VAL).

Tramway

Le tramway est un TCSP guidé de manière permanente et caractérisé par un véhicule ferroviaire (roulement fer sur fer) qui circule majoritairement sur la voirie urbaine et est exploité en conduite à vue. Par abus de langage, on intègre dans cette catégorie le « tramway sur pneus » de Lohr, système guidé sur pneus qui présente la particularité d'avoir un guidage permanent et donc de se soustraire au code de la route notamment en ce qui concerne la longueur des rames.

Bus à haut niveau de service (BHNS)

Le BHNS est un TCSP caractérisé par un matériel roulant sur pneus et répondant au code de la route (limité à 24,50m en longueur). Par une approche globale (matériel roulant, infrastructure, exploitation), le BHNS assure un niveau de service supérieur aux lignes de bus conventionnelles (fréquence, vitesse, régularité, confort, accessibilité) et s'approche des performances des tramways français. Le bus est ici considéré dans sa conception la plus large. Il peut être guidé (guidage matériel ou immatériel) ou non guidé, à motorisation thermique, électrique ou hybride.

Cette classification met en évidence une approche différente des questions de sécurité selon la nature du guidage :

- intégral pour le métro et le tramway,
- partiel ou inexistant pour le BHNS.

Elle met aussi en valeur la notion de **capacité** qui demeure un critère important dans le choix d'un système TCSP.

- le guidage intégral⁶⁴ du métro et le site propre intégral ouvrent des horizons sans limite en terme de capacité !
- à un degré moindre, le tramway doit sa grande capacité à sa longueur permise par le guidage intégral. En revanche, la capacité reste bornée par les conditions d'exploitation, notamment la gestion des carrefours et la vitesse.
- Les vitesses et fréquences du BHNS peuvent être identiques à celles d'un tramway. En revanche, sa longueur et donc sa capacité sont limités par le code de la route.

⁶⁴ Au sens du décret n° 2003-425 relatif à la sécurité des transports publics guidés

Précision de vocabulaire autour du trolleybus

On notera dans la classification Certu que le trolleybus ne constitue pas un TCSP en soi. Le terme trolleybus renvoie au matériel roulant seul qui utilise une énergie électrique. Celle-ci est captée sur des caténaires par des pantographes. On parlera donc de **trolleybus à haut niveau de service** pour des BHNS utilisant des trolleybus. Actuellement seuls la ligne C1 de Lyon, le TVR de Nancy voire celui de Caen semblent pouvoir faire partie de cette catégorie. Cependant plusieurs projets existent :

- Dans sa stratégie de création de deux axes TCSP forts, Limoges pourrait à long terme « BHNSer » la ligne 4 de trolleybus
 - Le retour du trolleybus en configuration BHNS est étudié à Grenoble
 - Outre le prolongement de la ligne C1 et la création de la ligne C2 à l'horizon 2010, Lyon pourrait décider de faire passer sa ligne C3 dans la catégorie des BHNS. Fortement perturbée depuis une explosion au gaz sur le cours Lafayette au printemps 2008, le devenir de cette ligne dépendra du nouveau plan de mandat.
 - Le choix de l'alimentation électrique n'est pas exclu pour de nouveaux projets de BHNS (Montbéliard, ...)

Il existe par ailleurs plusieurs lignes classiques de trolleybus en France (5 lignes à Lyon en plus de la ligne C3, 2 lignes à Saint-Etienne et 5 lignes à Limoges)

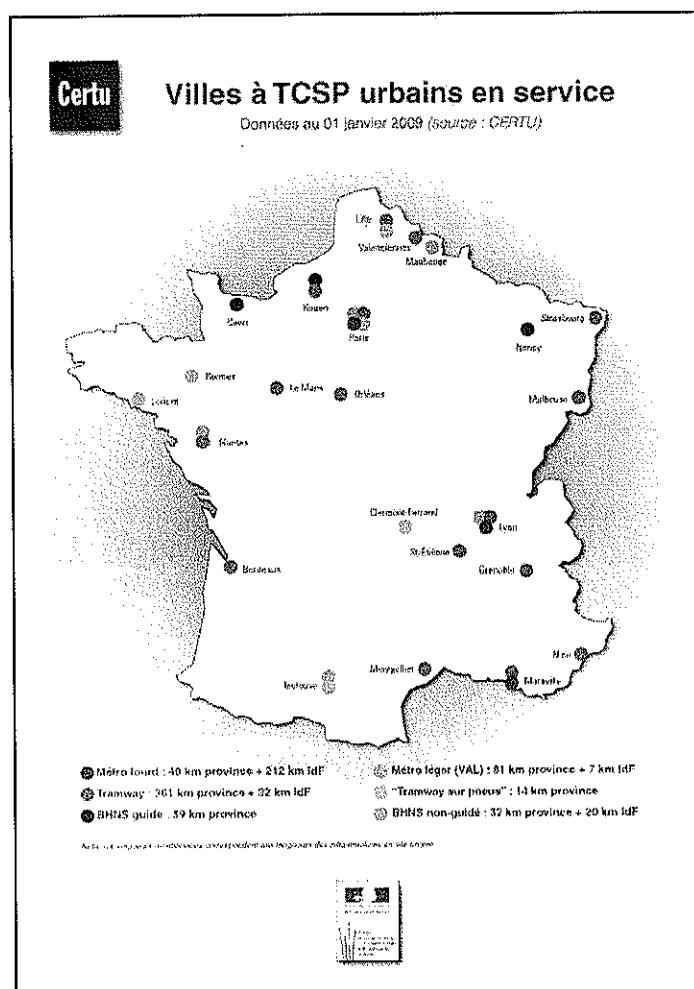


Figure 45 : carte des villes à TCSP en service au 1^{er} janvier 2009
(source Certu)

10.3 Annexe 3 – Ordre de grandeur de coûts d'investissement - décomposition selon les « 19 postes « Certu »

Poste	Coût HT			Commentaires	
	intégré au coût d'opération	autre maîtrise d'ouvrage	TOTAL	En % du Total	
1 Etudes AVP /Projet (réalisées)	800 000	0	800 000	2,3%	
2 Maîtrise d'Ouvrage	1 000 000	0	1 000 000	2,9%	estimation comprenant tous les frais divers supportés par le MCOUV y compris certaines études spécifiques.
3 Maîtrise d'Œuvre travaux (incluant des révisions)	1 550 000	0	1 550 000	4,5%	
4 Acquisitions foncières et libération d'empriises	0	57 150	57 150	0,2%	acquisitions opérées par les villes en vue de leur intégration au Domaine Public Communal (prorata de la surface)
5 déviation de réseaux	0	3 330 000	3 330 000	9,6%	opérations de rénovation et d'enfouissement à l'occasion des travaux sans réelle obligation de dévier
6 Travaux préparatoires		150 000	150 000	0,4%	
7 Ouvrage d'Art	11 000 000	0	11 000 000	31,8%	
8 Plate-forme	2 750 000	0	2 750 000	8,0%	
9 Voie spécifique des systèmes ferrés et guidés	0	0	0	0,0%	sans objet
10 Revêtement du Site Propre	650 000	0	650 000	1,9%	
11 Voie (hors site propre) et espaces publics	6 550 000		6 550 000	18,9%	
12 Équipements urbains	2 550 000		2 550 000	7,4%	
13 Signalisation	1 600 000		1 600 000	4,6%	
14 Stations	1 750 000		1 750 000	5,1%	15 stations dont le traitement particulier du pôle d'échanges de l'Orientis; abris publicitaires fournis par marché
15 Alimentation en énergie de traction	0	0	0	0,0%	sans objet
16 Courants faibles et PCC	850 000	0	850 000	2,5%	Sauf compris dans marché de mobilier urbain publicitaire non valorisé financièrement/ systèmes de priorités aux feux
17 Dépôt	0	0	0	0,0%	pas de recours à des moyens supplémentaires
18 Matériel roulant	0	0	0	0,0%	pas de recours à des moyens supplémentaires
19 Opérations induites	0	0	0	0,0%	sans objet
TOTAL	31 050 000	3 537 150	34 587 150	100,0%	

Tableau 8

Récupérer le tableau Excel (voir Cap Lorient) pour surligner le poste 11 et le poste 7

Voir travail fait à Sophia-Antipolis par Remy Bonnefoy

10.4 Annexe 4 – Approche simplifiée de la pertinence économique des systèmes BHNS et tramway par rapport à leur capacités

La fréquence est d'abord définie par rapport à un niveau de service souhaité. Toutefois elle joue un rôle primordial sur la capacité des systèmes. Pour faire face à des situations de congestion sur une ligne de TC, on cherchera notamment à améliorer la fréquence et à l'optimiser au niveau de la demande.

Les coûts d'exploitation du tramway sont souvent plus faibles que le BHNS lorsqu'ils sont rapportés à la capacité. Ceci s'explique par le fait que ces coûts sont largement dépendants du nombre de conducteurs et des techniciens de maintenance. Or ce nombre est directement lié au nombre de véhicules nécessaires et donc à la fréquence.

Système	BHNS*	Tramway**
Coûts d'exploitation moyen (HT) par km parcouru	3,5 à 5 €/km	5 à 7 €/km

*N'est pas pris en compte dans ce calcul le TVR de Bombardier dont la fabrication n'est plus assurée

** y compris le « tramway sur pneu » de Clermont-Ferrand

Tableau 9 : coûts d'exploitation des systèmes TCSP (source : Certu)

Alors que le tramway est plus coûteux à l'investissement que le BHNS, on intuit que sur le long terme les coûts globaux à la place offerte peuvent s'inverser.

L'objet de cette annexe est de sensibiliser les acteurs aux enjeux économiques des systèmes par des calculs simples. Il ne s'agit pas d'une évaluation socio-économique, ni d'une évaluation financière (pas d'analyse des avantages, pas d'actualisation, inflation et emprunts non pris en compte,...). Ces évaluations précises devront être réalisées par les collectivités pour chaque scénario lors des études de faisabilité.

10.4.1 Calcul de C = fonction de coût d'un système pour un projet donné

$C = C_{inf} + C_{mr} + C_{exp}$ en M€/an avec,

C_{inf} = coût de l'infrastructure par an (en M€/an)

C_{mr} = coût du matériel roulant par an (en M€/an)

C_{exp} = coût d'exploitation du système par an (en M€/an)

$$C_{inf} = L * C_i / d$$

L = longueur du tracé (en km)

C_i = coût de l'infrastructure (en M€/km)

d = durée de vie du système (en année)

Il est difficile d'estimer la durée de vie des systèmes par manque de retour d'expérience (notamment sur l'infrastructure) mais aussi car les stratégies peuvent évoluer au fil du temps (renouvellement du matériel roulant ou modernisation pour augmenter la durée de vie).

$$C_{mr} = N * C_{unit} / d$$

C_{unit} = coût d'une rame (tramway ou bus) (en M€)

N = nombre de rames utilisées

d = durée de vie du système (en année)

Le nombre de rames nécessaire est dimensionné par la fréquence à l'heure de pointe (F_{hp}, en min.). En première approximation on ne prendra pas en compte les rames de réserve.

On lie F_{hp} à la demande maximale possible en heure de pointe (D_{hp} en voy./h/sens). Ainsi :

$$F_{hp} = c / (D_{hp} / 60)$$

F_{hp} = fréquence à l'heure de pointe (en min.)

c = capacité unitaire du matériel roulant (en voy.)

D_{hp} = demande maximale à l'heure de pointe (en voy./h/sens)

Le coefficient 60 provient de l'utilisation de l'unité « heure » dans la demande plutôt que l'unité « minute ».

$$\text{Par ailleurs : } T = 2 * L / V$$

L = longueur du tracé (en km)

V = vitesse commerciale moyenne (en km/min)

T = temps nécessaire pour parcourir la ligne dans les 2 sens (en min.)

En première approximation, on ne tient pas compte des temps de repos aux terminus. Ainsi :

$$F_{hp} = T / N$$

$$\text{D'où } N = T / F_{hp} = 2 * L / (V * F_{hp}) = 2 * L * D_{hp} / (60 * V * c)$$

$$\text{Il en résulte que } C_{mr} = N * C_{unit} / d = C_{unit} * 2 * L / (60 * d * V * c) * D_{hp}$$

$$C_{mr} = 2 * L * C_{unit} * D_{hp} / (60 * d * V * c)$$

L = longueur du tracé (en km)

Cunit = coût d'une rame (tramway ou bus) (en M€)
Dhp = demande maximale à l'heure de pointe (en voy./h/sens)
d = durée de vie du système (en année)
V = vitesse commerciale moyenne (en km/min)
c = capacité unitaire du matériel roulant (en voy.)

$$C_{\text{exp}} = C_{\text{km}}/10^6 * (K_{\text{Mhp}} + K_{\text{Mhc}})$$

Ckm = coût d'exploitation du système pour un km réalisé (en €/km)

KMhp = km réalisés en configuration « heures de pointe » sur une année

KMhc = km réalisés en configuration « heures creuses » sur une année

Soit **KMi** = km réalisés dans une configuration données noté « i »

$$K_{\text{Mi}} = V * T_i$$

Ti = temps passé sur une configuration donnée durant une année (en minutes cumulées pour l'ensemble des bus)

On considère une plage horaire de 5h à 1h du matin avec les configurations « heures de pointe » pour les plages suivantes : 7h-9h, 12h-14h, 16h-18h30.

Sur une journée, on a donc :

- 6,5h = 390 min. en configuration « heures de pointe » par jour
- 13h = 780 min. en configuration « heures creuses » par jour

On considère que cette configuration se reproduit tous les jours de l'année soit 365 jours.

Ainsi, dans cette hypothèse, $T_{\text{hc}} = 2 * T_{\text{hp}}$ d'où :

$$C_{\text{exp}} = C_{\text{km}}/10^6 * (V * T_{\text{hp}} + V * T_{\text{hc}}) = 3 * C_{\text{km}}/10^6 * V * T_{\text{hp}}$$

L'heure de pointe dimensionne le parc.

En première approximation, sur une année, une unité roulante passe $365 * 390$ min.
 $= 142\,350$ min. en situation « heures de pointe »

$$\text{Ainsi } T_{\text{hp}} = 142\,350 * N$$

Or on a vu que $N = 2 * L * D_{\text{hp}} / (60 * V * c)$

$$\text{Donc } T_{\text{hp}} = 142\,350 * 2 * L * D_{\text{hp}} / (60 * V * c) = 284\,700 * L * D_{\text{hp}} / (60 * V * c)$$

$$C_{\text{exp}} = 3 * C_{\text{km}}/10^6 * V * 284\,700 * L * D_{\text{hp}} / (60 * V * c) = 142\,350 * C_{\text{km}}/10^6 * D_{\text{hp}} * L / c$$

$$C_{\text{exp}} = 0,014 C_{\text{km}} * L * D_{\text{hp}} / c$$

Ckm = coût d'exploitation du système pour un km réalisé (en €/km)

L = longueur du tracé (en km)

Dhp = demande maximale à l'heure de pointe (en voy./min./sens)

c = capacité unitaire du matériel roulant (en voy.)

Au final, la fonction de coût C est donnée par :

$$C = C_{inf} + C_{mr} + C_{exp}$$

$$C = L * C_i / d + 2L * C_{unit} * D_{hp} / (60 * d * V * c) + 0,014 * C_{km} * L * D_{hp} / c$$

$$C = L * C_i / d + D_{hp} * [L * C_{unit} / (30 * d * V * c) + 0,014 * C_{km} * L / c]$$

$$C = L * C_i / d + D_{hp} * L / c * [C_{unit} / (30 * d * V) + 0,014 * C_{km}]$$

C = coût total (en M€/an)

L = longueur du tracé (en km)

C_i = coût de l'infrastructure (en M€/km)

d = durée de vie du système (en année)

D_{hp} = demande maximale à l'heure de pointe (en voy./h/sens)

C_{unit} = coût d'une rame (tramway ou bus) (en M€)

V = vitesse commerciale moyenne (en km/min)

c = capacité unitaire du matériel roulant (en voy.)

C_{km} = coût d'exploitation du système pour un km réalisé (en €/km)

10.4.2 Application à un cas pratique

On considère une ligne de TCSP avec les caractéristiques suivantes. Quel que soit le système utilisé, on considérera un très haut niveau de service. En particulier, la priorité du système sera quasi parfaite. Dans le cas du BHNS, on se place donc dans une configuration proche du *Busway* de Nantes.

Lignes TCSP	
Longueur du tracé (L)	10 km
Vitesse commerciale moyenne (V)	18 km/h = 0,3 km/min.

Des tests de sensibilité seront réalisés sur des variables qui peuvent fluctuer de manière importante selon les projets (coûts d'investissement, coûts d'exploitation et capacité des systèmes).

On retiendra les hypothèses moyennes suivantes :

	BHNS	Tramway
Coût de l'infrastructure (Ci)	7,5 M€/km (6-9)*	22 M€/km (14-30)
Durée de vie estimée du matériel roulant (d)	15 ans**	30 ans
Capacité unitaire matériel roulant (c)	120 voy. (80-150)	210 voy. (130-280)
Coût unitaire matériel roulant (Cunit)	0,75 M€	2 M€
Coût d'exploitation (Ckm)	4 €/km (3,5-4,5)	5€/km (4-6)

* entre parenthèse, les valeurs extrêmes pour les tests de sensibilité

** dans cet exemple on considère un BHNS à motorisation thermique

A défaut de connaître de manière précise les durée de vie des systèmes et les coûts de régénération (bande de roulement, appareil de voie,...), les calculs sont effectués sur une durée de 30 ans.

On rappelle la formule :

$$C = C_{inf} + C_{mr} + C_{exp}$$

$$C = L \cdot C_i / d + L \cdot C_{unit} \cdot D_{hp} / (30 \cdot d \cdot V \cdot c) + 0,014 \cdot C_{km} \cdot L \cdot D_{hp} / c$$

D'après les calculs, on constate que le terme lié au matériel roulant est 10 fois moins important que celui lié à l'exploitation. **Sur le long terme, les économies possibles sur le matériel roulant auront un impact plus faible que celles sur les coûts d'exploitation.** Nous ne ferons donc pas de test de sensibilité sur cette variable.

On considère dans l'exemple que le système est dimensionné à la limite de la demande en heure de pointe. Sa capacité est déterminée par la capacité du matériel roulant et par la fréquence.

Résultats

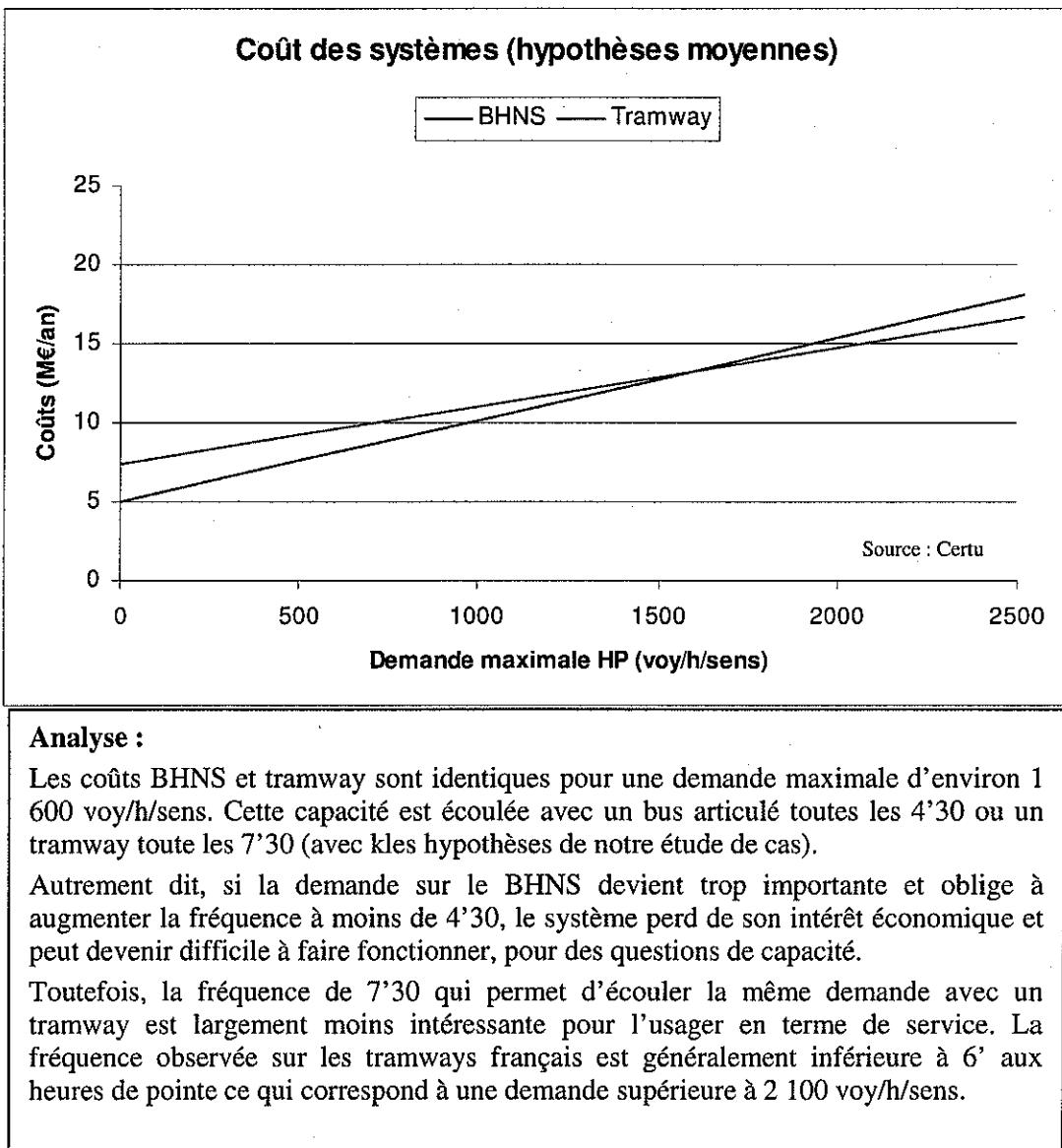
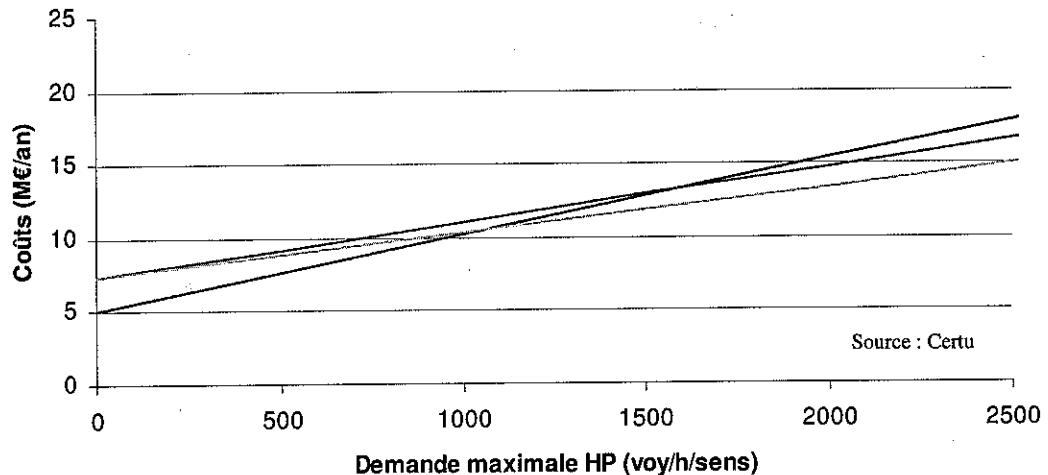


Figure 46 : coûts des systèmes en fonction de la demande maximale en heure de pointe (hypothèses moyennes) (source : Certu)

Le poids des coûts d'exploitation est important sur le long terme. Hors ceux-ci sont mal connus de la part des AOTU et semblent varier sensiblement d'une agglomération à l'autre.

Coût des systèmes
(scénario baisse des coûts d'exploitation tramway)

— BHNS — Tramway — Tramway Cexp faibles



Analyse :

L'hypothèse de coûts d'exploitation très faibles pour le tramway permet d'abaisser la demande maximale à partir de laquelle ce dernier devient pertinent : 1 100 voy/h/sens. A ce niveau de demande, il faut un bus articulé toutes les 6' ou un tramway toutes les 10' pour écouler le trafic.

La baisse des coûts d'exploitation du tramway ne résoud pas le problème du niveau de service. L'usager pourrait-il se satisfaire d'une fréquence de 10' en heure de pointe sur un tramway ?

Figure 49 : coûts des systèmes – scénario « baisse des coûts d'exploitation du tramway »
(source : Certu)

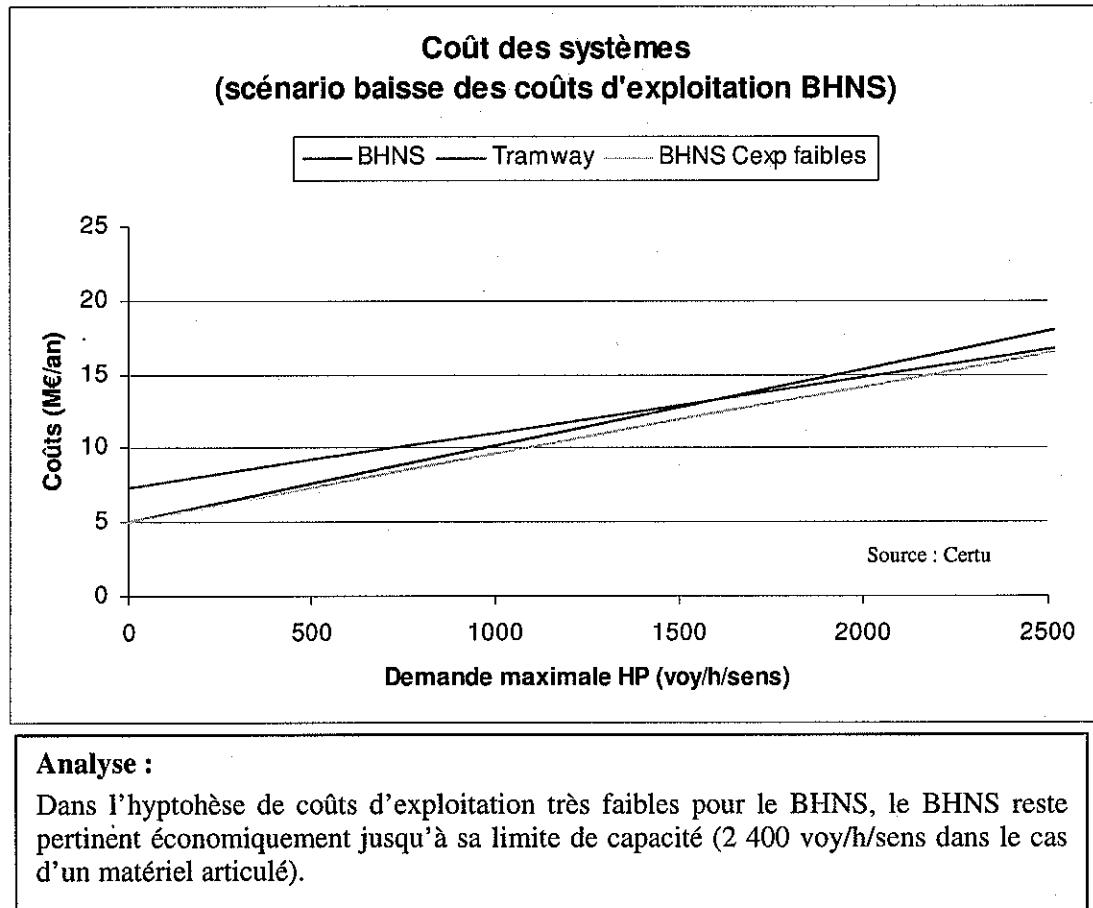


Figure 50 : coûts des systèmes – scénario « baisse des coûts d'exploitation du BHNS »
(source : Certu)

Résultats bruts - feuilles de calcul Excel

Calcul des coefficients a et b de l'équation de type $C(Dhp) = a*Dhp + b$ selon les scénarios et selon les modes

La valeur en rouge indique le test de sensibilité

BHNS	L	Cl	d	c	Cunit	V	Ckm	4	$C(Dhp) = a*Dhp + b$	
									a	b
	10	7,5	15	120	0,75	0,3	4		0,005185185	5
	10	7,5	15	120	0,75	0,3	3,5		0,004594907	5
	10	7,5	15	120	0,75	0,3	4,5		0,005775463	5
	10	6	15	120	0,75	0,3	4		0,005185185	4
	10	9	15	120	0,75	0,3	4		0,005185185	6
	10	7,5	15	60	0,75	0,3	4		0,007777778	5
	10	7,5	15	150	0,75	0,3	4		0,004148148	5
Tram										
	10	22	30	210	2	0,3	5		0,00372575	7,333333333
	10	22	30	210	2	0,3	4		0,003051146	7,333333333
	10	22	30	210	2	0,3	6		0,004400353	7,333333333
	10	14	30	210	2	0,3	5		0,00372575	4,666666667
	10	30	30	210	2	0,3	5		0,00372575	10
	10	22	30	130	2	0,3	5		0,006018519	7,333333333
	10	22	30	280	2	0,3	5		0,002794312	7,333333333

Calcul des coordonnées des courbes selon les différents scénarios

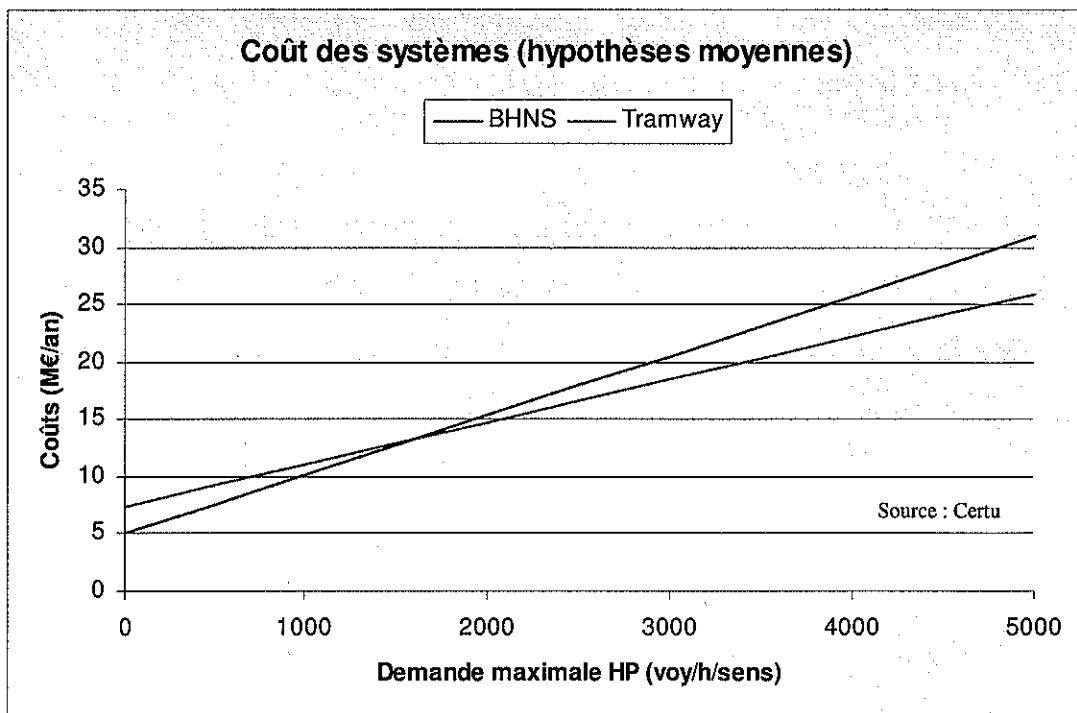
$C(Dhp) = a*Dhp + b$	Dhp	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
a	b											
0,00518519	5	c	5,759259259	10,1851852	12,7777778	15,3703704	17,962963	20,5555556	23,1481481	25,7407407	28,3333333	30,9259259
0,00459491	5	c	5,72974537	9,59490741	11,8923611	14,1898148	16,4872685	18,7847222	21,0821759	23,3796296	25,6770833	27,794537
0,00577546	5	c	5,788773148	10,775463	13,6631944	16,5509259	19,4386574	22,3263889	25,2141204	28,1018519	30,9695633	33,6773148
0,00518519	4	c	4,659259259	9,18518519	11,7777778	14,3703704	16,962963	19,5555556	22,1481481	24,7407407	27,3333333	29,9259259
0,00518519	6	c	6,859259259	11,1851852	13,7777778	16,3703704	18,962963	21,5555556	24,1481481	26,7407407	29,3333333	31,9259259
0,00777778	5	c	5,688888889	12,7777778	16,6666667	20,5555556	24,4444444	28,3333333	32,2222222	36,1111111	40	43,8866667
0,00414815	5	c	5,707407407	9,14814815	11,2222222	13,2962963	15,3703704	17,4444444	19,5185185	21,5925926	23,6666667	25,7407407
0,00372575	7,33333333	c	7,33333333	9,19620811	11,0590829	12,9219577	14,7846326	16,6477072	18,510582	20,3734583	22,2363316	24,0992063
0,00305115	7,33333333	c	7,33333333	8,88880853	10,3844797	11,9100529	13,4356261	14,9811993	16,4867725	18,0123457	19,5379103	21,0634921
0,00440035	7,33333333	c	7,33333333	9,6335097	11,7336861	13,9336624	16,1340388	18,3342152	20,5343315	22,7345679	24,9347443	27,1349206
0,00372575	4,666666667	c	4,666666667	6,52954145	8,39241623	10,25529	12,1181659	13,9810406	15,8439153	17,7057901	19,5696649	21,4326397
0,00372575	10	c	10	11,8628748	13,7257496	15,5886243	17,4514991	19,3143739	21,1772407	23,0401235	24,9029962	26,765873
0,00601851	7,33333333	c	7,33333333	10,3425926	13,3518519	16,3611111	19,3703704	22,3796296	25,3688889	28,3981481	31,4074074	34,4166667
0,00279431	7,33333333	c	7,33333333	8,73048942	10,1276455	11,5248016	12,9219577	14,3191138	15,7162699	17,1134259	18,510582	19,9077381

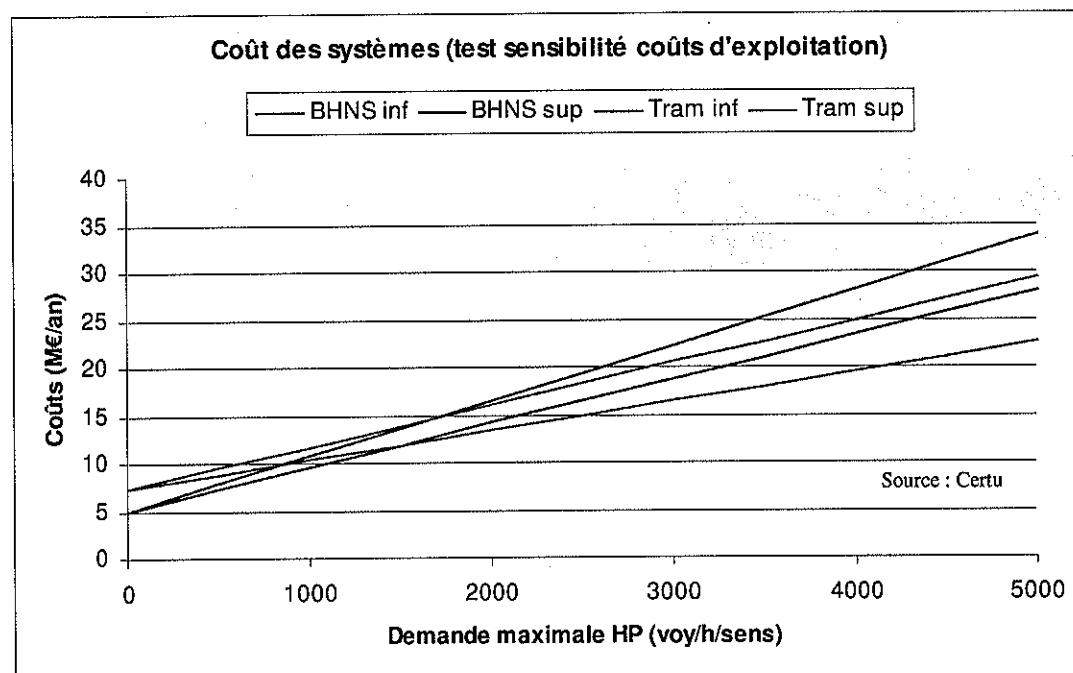
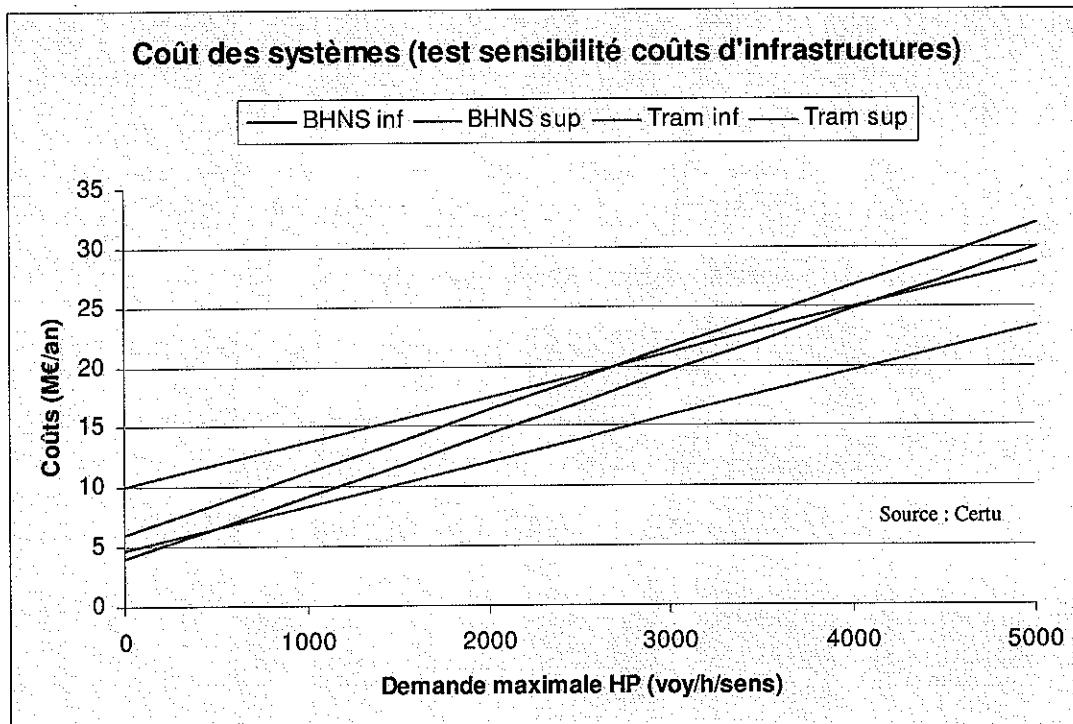
Résultats bruts – courbes et tests de sensibilité

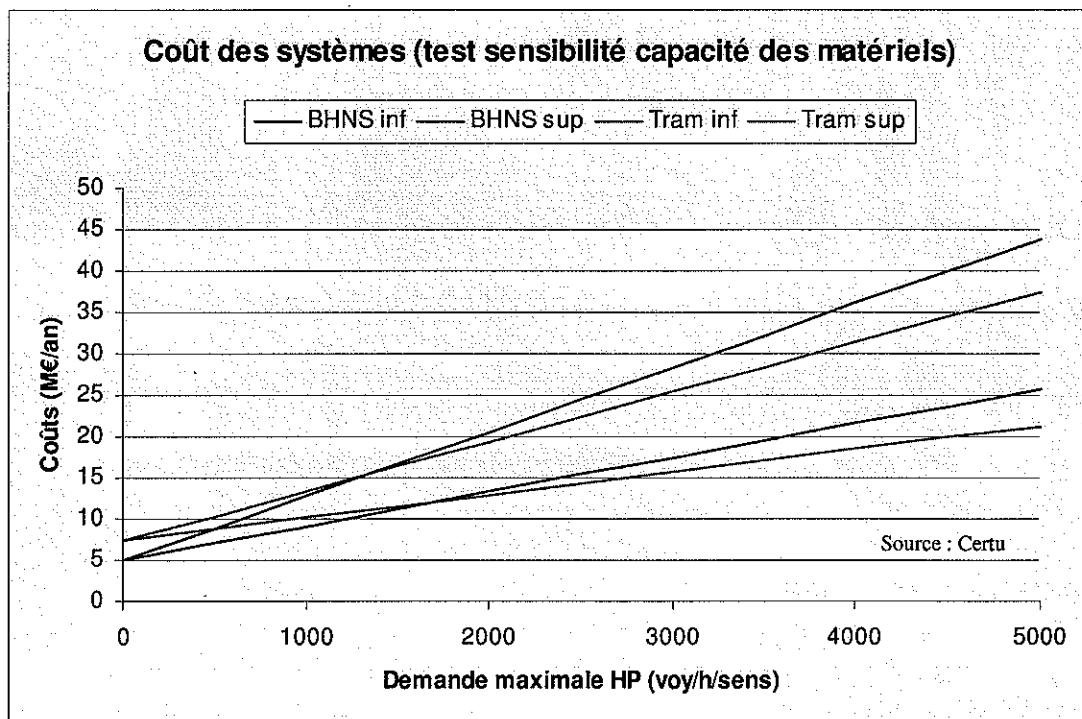
Les qualificatifs « inf » et « sup » indiquent des scénarios avec les valeurs extrêmes des tests de sensibilité rappelées dans le tableau au-dessus.

	BHNS	Tramway
Coût de l'infrastructure (Ci)	7,5 M€/km (6-9)*	22 M€/km (14-30)
Durée de vie estimée (d)	15 ans	30 ans
Capacité unitaire matériel roulant (c)	120 voy. (80-150)	210 voy. (130-280)
Coût unitaire matériel roulant (Cunit)	0,75 M€	2 M€
Coût d'exploitation (Ckm)	4 €/km (3,5-4,5)	5€/km (4-6)

* entre parenthèse, les valeurs extrêmes pour les tests de sensibilité







11. Bibliographie et sitographie

Ouvrages et rapports d'études

ACUF, AMGVF, Gart, *Financement des transports publics urbains, quel bilan à fin 2007 ? quelles perspectives ?*, Paris, Gart, 23 p.

Certu, *Ouvrage sur partage des sites propres* ?

Certu, *Ouvrage sur ferroviaire (tram-train)* ?

Certu, *Carte des villes à TCSP au 1^{er} janvier 2009*, Lyon, Certu, 2009 (en téléchargement sur le site web du Certu)

Certu, *Contrats d'axe*, 200 ?

Certu, Cete de Lille, *Transports collectifs urbains, évolutions sur la décennie 1995-2006*, Lyon, Certu, 2008, 70 p.

Certu, Cete de Lyon, *Panorama des villes à transports publics guidés hors Ile-de-France, situation 2005*, Lyon, Certu, 2007, 53 p. (en téléchargement sur le site web du Certu)

Certu, *Bus à Haut Niveau de Service, Concept et recommandations*, Lyon, Certu, 2005, 111 p.

Certu, Armacande, *Déplacements et commerces, Impacts du tramway sur le commerce dans différents agglomérations française*, Lyon, Certu, 2005, 48p.

Certu, *Les modes de transports collectifs urbains, Elements de choix par une approche globale des systèmes*, Lyon, Certu, 2004, 196 p.

Certu, Cete de Lyon, DTT, *Note méthodologique pour l'élaboration des bilans LOTI de TCSP*, Lyon, Certu, 2003, 29 p. (en téléchargement sur le site web du Certu)

Certu, *Evaluation des transports en commun en site propre, Recommandation pour l'évaluation socio-économique des projets de TCSP*, Lyon, Certu, 2002, 144 p.

Certu, *Guide d'aménagement de voirie pour les transports collectifs*, Lyon, Certu, 2000, 268 p.

Certu, *Evaluation des transports en commun en site propre, Indicateurs transport pour l'analyse et le suivi des opérations*, Lyon, Certu, 1997, 148 p.

Travaux des Cete qui seront mis en ligne d'ici fin 2008

Cete de l'Est, *deserte périurbaine des grandes agglomérations, monographie sur Strasbourg*, 2008

Federal transport administration (FTA), *Characteristics of bus rapid transit for decision-making*, 2004

RATP, *Le programme mobilien à Paris, contribution de la RATP à un bilan d'étape*, septembre 2007

Autres ouvrages BRT (voir Odile et François)

Articles

ENVER F., *Caen : le TVR n'a peut-être pas dit son dernier mot*, in Ville & Transports, 28 novembre 2007

Textes réglementaires

Code de la route : Art. R. 311-1, R. 312-10 et R. 312-11

Code de l'urbanisme : Art. L. 300-1 à L. 300-6 et R. 300-1 à R. 300-3

Code de l'environnement : Art. L. 123-1 à L. 123-16

Loi n°2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées

Loi n°82-1153 du 30 décembre 1982 d'orientation des transports intérieurs (Loti)

Décret n° 2003-425 relatif à la sécurité des transports publics guidés

Arrêté du 2 juillet 1982 relatif aux transports en commun de personnes

Dossiers de l'appel à projet TCSP (décembre 2008)

MEEDDAT, Appel à projet « transports urbains » hors Île-de-France, suites du Grenelle environnement

Sites internet

Le site web du Certu : www.certu.fr

Le site web du Certu dédié aux BHNS : www.bhns.fr

Le site web du groupe d'experts européens sur les BHNS (action Cost TU0306) :
www.bhls.eu

12. Sigles

ACUF : association des communautés urbaines de France

ADUP : appareil distributeur à usage du public

Aguram : agence d'urbanisme de l'agglomération messine

AMGVF : association des maires des grandes villes de France

ANRU : agence nationale de rénovation urbaine

AOTU : autorité organisatrice des transports urbains

APS : alimentation par le sol

BHNS : bus à haut niveau de service

BRT : bus rapid transit

C2A : communauté d'agglomération d'Annecy

CA2M : communauté d'agglomération de Metz métropole

CABRI : communauté d'agglomération de Saint-Brieuc

Cap Lorient : communauté d'agglomération du pays de Lorient

CCI : chambre des commerces et de l'industrie

Certu : centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Cete : centre d'études techniques de l'équipement

CG : conseil général

CGPC : conseil général des ponts et chaussées

CUDL : communauté urbaine de Lille

CUS : communauté urbaine de Strasbourg

DGITM : direction générale des infrastructures, des transports et de la mer du MEEDDAT

Dreif : Direction régional de l'équipement d'Île-de-France

ELP : espace de livraison de proximité

EMD : enquête ménages déplacements

ENPC : école nationale des ponts et chaussées

Gart : groupement des autorités responsables des transports

Ges : gaz à effet de serre

Glo : gabarit limite des obstacles

GNV : gaz naturel pour véhicules

HT : hors taxe

IdF : Île-de-France

Inrets : institut national de recherche sur les transports et leur sécurité

Insee : institut national de la statistique et des études économiques

IAURIF : institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de-France

ITS : intelligent transport system

LAC : ligne aérienne de contact

Loti : loi d'orientation des transports intérieurs

MEEDDAT : ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

O/D : origine/destination

P+R : parc relais

PDU : plan de déplacements urbains

PKO : place kilomètre offerte

PLU : plan local d'urbanisme

PMR : personne à mobilité réduite

PTU : périmètre de transports urbains

RATP : régie autonome des transports parisiens

RFN : réseau ferré national

SAEIV : système d'aide à l'exploitation et à l'information des voyageurs

Scot : schéma de cohérence territoriale

Semitag : société d'économie mixte des transports de l'agglomération grenobloise

Semitan : société d'économie mixte des transports en commun de l'agglomération nantaise

SMTC : syndicat mixte des transports en commun

SMTD : syndicat mixte des transports du Douaisis

SNCF : société national des chemins de fer

STRMTG : service technique des remontées mécaniques et des transports guidés

Sytral : syndicat des transports du Rhône et de l'agglomération lyonnaise

TAD : transport à la demande

TCSP : transports collectifs en site propre

TC : transports collectifs

TCL : transports collectifs lyonnais

TCU : transports collectifs urbains

TEOR : transport est-ouest de l'agglomération rouennaise

Tesla : transport électrique sans ligne aérienne, sans limitation d'autonomie

TGV : train à grande vitesse

TPG : transport public guidé

TSF : tramway standard français

TVM : Trans-Val-de-Marne

TVR : transport sur voie réservée (Bombardier)

UITP : union internationale des transports publics

UTP : union des transports publics

VAL : véhicule automatique léger

VP : voiture particulière

VSP : voie spécialisée partagée

VT : versement transport

ZAC : zone d'aménagement concerté

13. Glossaire

Amplitude horaire (Sophie Hasiak)

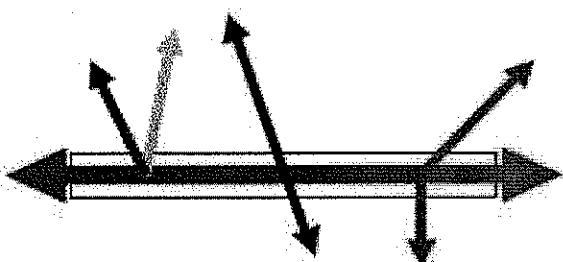
Bus à haut niveau de service (BHNS)

Le BHNS est un TCSP caractérisé par un matériel roulant sur pneus et répondant au code de la route (limité à 24,50m en longueur). Par une approche globale (matériel roulant, infrastructure, stations, exploitation), le BHNS assure un niveau de service supérieur aux lignes de bus conventionnelles (fréquence, vitesse, régularité, confort, accessibilité) et s'approchent des performances des tramways. Le bus est ici considéré dans sa conception la plus large. Il peut être guidé (guidage matériel ou immatériel) ou non guidé, à motorisation thermique, électrique ou hybride.

Busway

Sur les modèles de Nantes ou de Rouen, le busway est un BHNS qui se caractérise par :

- un niveau de service très élevé et des composants « système » proches de celui du tramway
- une dépendance forte entre lignes et infrastructure (tronc-commun possible mais limité à quelques lignes)



Bus bi-mode

Définition à proposer par Stéphane Patouillard

Bus hybride

Définition à proposer par Stéphane Patouillard

Déplacement

Action, pour une personne, de se rendre d'un lieu (origine) à un autre (destination) pour réaliser une activité, en utilisant un ou plusieurs modes de transport sur la voie publique. Un déplacement peut être constitué de plusieurs voyages.

Intermodalité

Principe d'organisation et d'articulation de l'offre de transport, visant à coordonner plusieurs systèmes de transports par une gestion et un aménagement spécifiques des interfaces entre les différents réseaux

Métro

Le métro est un TCSP caractérisé par un site propre intégral (pas de carrefour, plate-forme inaccessible). Il est généralement en sous-terrain ou en viaduc. Il est exploité à voie libre à l'aide d'un système de cantonnement. Il peut être automatique. On fera la différence entre les métros lourds et les métros légers de type VAL.

Mode de transport

Moyen utilisé pour transporter des voyageurs ou des marchandises. On distingue plusieurs catégories de mode de transports :

- voiture (conducteur ou passager)
- taxi
- transports collectifs (navette fluvial, bus urbain traditionnel, BHNS, tramway, métro, autocar interurbain, train)
- deux-roues (motorisés ou non)
- marche
- autres modes (fauteuil roulant, trottinette, roller, skate-board)

On parle de « **mode** » pour désigner les transports collectifs mais on utilisera plutôt le terme « **système** » pour décrire les différentes catégories de transports collectifs. Le BHNS, le tramway et le métro constituent la catégorie « **système TCSP urbain** ».

Parc-relais

Parc de stationnement pour les voitures et vélos à proximité d'une station de transports collectifs (essentiellement TCSP). Ce parc est généralement réservé aux usagers des transports collectifs mais peut être partagé (par exemple utilisation le soir pour un équipement culturel ou sportif). Le parc-relais est aménagé de sorte à optimiser la connexion avec les transports collectifs (confort, lisibilité,...). Il est signalé par un panneau « **P+R** » (*Park and Ride*). Il peut intégrer les fonctions de « dépose minute » (« **K+R** » comme *Kiss and Ride* en anglais).

Pôle d'échange

Lieu de rencontre d'au moins deux modes de transports matérialisé par des aménagements (cheminements piétons,...) et des services (information, commerces,...) visant à optimiser les correspondances. Le pôle d'échange se caractérise par une triple fonction transport/service/urbanisme.

Rame de tramway

Régularité/Ponctualité (par Sophie Hasiak)

R17 et R24 : par Mathieu Rabaud

Rupture de charge

Terme technique pour parler d'une correspondance qui met en avant les inconvénients.

Système de transport collectif

On parle de système pour décrire les 3 composantes d'un transport collectif (infrastructure, véhicule roulant et conditions d'exploitation) et leur articulation.

Taux de correspondance

Nombre moyen de voyages par déplacement. Il se calcule à l'échelle d'un réseau.

Tram-train

Véhicule ferroviaire de type tramway apte à la fois à circuler sur voirie, en mixité avec des tramways urbains ou rapides, et à circuler en mixité avec des convois ferroviaires lourds, à des vitesses de l'ordre de 100 km/h, moyennant quelques contraintes d'exploitation.

Tramway

Le tramway est un TCSP caractérisé par un véhicule ferroviaire (roulement fer sur fer) qui circule majoritairement sur la voirie urbaine et est exploité en conduite à vue. Par abus de langage, on intègre dans cette catégorie le « tramway sur pneus » de Lohr, système guidé sur pneus qui présente la particularité d'avoir un guidage permanent et donc de soustraire au code de la route notamment en ce qui concerne la longueur des ramés.

Transport collectif en site propre (TCSP)

On entend par TCSP un système de transport public utilisant majoritairement des emprises affectées à son exploitation et fonctionnant avec des matériels roulant allant du bus au train. En urbain il existe trois types de TCSP : BHNS, tramway et métro.

Unité urbaine (définition Insee)

Commune ou ensemble de communes qui comporte sur son territoire une zone bâtie d'au moins 2 000 habitants où aucune habitation n'est séparée de la plus proche de plus de 200 mètres. En outre, chaque commune concernée possède plus de la moitié de sa population dans cette zone bâtie.

On parle aussi d'**agglomération**. Mais ce terme est ambiguë dans la mesure où il fait de plus en plus référence aux territoires institutionnels (communautés d'agglomération, communautés urbaines) qui correspondent rarement avec l'unité urbaine.

Vitesse commerciale

Vitesse moyenne entre deux terminus

Voyage

Trajet élémentaire effectué par un individu avec un mode de transport, sans correspondance.

11.	Bibliographie et sitographie	156
12.	Sigles	159
13.	Glossaire	163

3.2.2 Avoir une vision à long terme du réseau de TC	41
3.2.3 Le BHNS : un outil au service du développement urbain ?	46
3.2.4 Le BHNS : un outil de requalification de l'espace urbain ?	49
3.2.5 Définir le haut niveau de service souhaité	52
3.3 Etape 2 : capacités et coûts	53
3.3.1 Les capacités des systèmes	53
3.3.2 Les coûts des systèmes	55
3.3.3 Sensibilisation sur la pertinence économique des systèmes BHNS et tramway par rapport à leur capacité	58
3.4 Etape 3 : risques et impacts	59
3.4.1 Le difficile choix de l'innovation technologique	59
3.4.2 Intermodalité et interconnexions : des systèmes qui ne sont pas toujours compatibles !	60
3.4.3 Impacts locaux : des réponses semblables aux enjeux du développement durable	62
3.5 Etape 4 : insertion et réalisation	63
3.5.1 La difficile insertion des TCSP	63
3.5.2 Les impacts durant les travaux	64
3.6 Le besoin d'iterations successives : l'exemple de Besançon (par Yann Chauvin)	65
3.7 Synthèse sur les domaines de pertinences des systèmes TCSP de surface	66
4. Comment atteindre le haut niveau de service avec du bus ?	68
4.1 Adopter une approche « système de TCSP »	68
4.2 Agir sur chacun des composants du système BHNS	69
4.2.1 Le site propre comme base du BHNS	69
4.2.2 Comment utiliser le site propre à bon escient et que faire quand l'espace se fait rare ?	71
4.2.3 Vers des stations « type tramway »	74
4.2.4 Une inter-station suffisante pour garantir une vitesse élevée	76
4.2.5 Redonner une image positive au bus et améliorer son confort et son accessibilité	77
4.2.6 Quel bus du futur ?	81

4.2.7 Des conditions d'exploitation favorisant la progression des bus	83
4.3 Traiter les interfaces entre les composants	86
4.4 Synthèse de l'approche « système » du BHNS	87
4.4.1 Choisir le bus mais penser comme le tramway	87
4.4.2 Adapter l'approche « système » au contexte local et aux objectifs de la collectivité	88
5. La mise en œuvre d'un BHNS comme système TCSP	91
5.1 L'organisation des compétences institutionnelles et le portage politique	91
5.2 L'organisation et le pilotage technique des projets (par TransEtude/Keolis Conseil)	92
5.3 L'intégration des exploitants et des conducteurs aux projets (par TransEtude/Keolis Conseil)	92
5.4 Les citoyens et la concertation	92
6. « Tour de France » des BHNS et éléments d'évaluation (à compléter avec dossier appel à projet TCSP)	95
6.1 Les BHNS en service	95
6.2 Les BHNS en projet en province	112
6.3 Quelques éléments d'évaluation globale	112
6.3.1 Rappel des enjeux de l'évaluation socio-économique a posteriori des projets de TCSP	112
6.3.2 Service rendu aux usagers et impacts sur le système global de déplacements	113
6.3.3 Impacts sur l'environnement	114
6.3.4 Impacts sur les espaces urbains	114