

Comparaison de diverses solutions de BHNS et tramway, aux plans conceptuel, technique et économique (sur la base d'expériences notamment françaises et allemandes)

Claude Soulas, GRETTIA
Chaire STIF, 17 04 2013



IFSTTAR

Objectifs de l'exposé

- Terminer par des éléments de comparaison entre **BHNS** et tram (étude de la Société allemande de Recherche pour la Route et les Transports)
- **Diversité des solutions de BHNS** (ex. le BHNS peut être guidé, difficile)
- **Diversité des solutions de tramway** (ex. le tramway peut être sur pneu)
- Relativiser les résultats de comparaison chiffrée en fonction du contexte
- Nombreux points communs entre BHNS et tramway pour la conception des réseaux

On se limite aux transports collectifs de surface, incluant les **TCSP**, Transports Collectifs en Site Propre

Quelques références (non exhaustives)

- GERI IFSTTAR, « Innovations dans les transports guidés urbains et régionaux », Ouvrage collectif fin 2010 (NB systèmes guidés au sens large, inclut BHNS guidés)
- Groupe de travail CERTU-CETE-INRETS sur le BHNS « Bus à Haut Niveau de Service », rapport 2005
- Groupe de travail européen COST (coopération scientifique et technique) sur le BHLS « Bus with High Level of Service », rapport final fin 2011. Pour mémoire ancien COST sur le trolleybus bimode, rapport final 1984
- Société allemande de Recherche pour la Route et les Transports, animation Université de Wuppertal, comparaison BNHS grande capacité / tram, rapport final 2008

Rétrospectives des « nouvelles idées » en matière de transports collectifs urbains : chronologie approximative et paradoxe apparent

- **1970-1980** : invention de « modes nouveaux » automatiques de complexité décroissante : PRT, puis ARAMIS, puis VAL adapté
- **1980-1990** : début de réintroduction du tramway dans certaines villes
- **1990-2000** : mise en avant du concept de « système intermédiaire », en fait trois types différents de nouveaux systèmes guidés sur pneus (de surface)
- **2000-2010 (en particulier 2005)** : définition du concept BHNS « Bus à Haut Niveau de Service »

- Besoin de prendre en compte tous les modes, et sur une période suffisamment longue
- Complexité décroissante au niveau des systèmes mais innovations composants et complexité des interfaces
- Besoin de prudence par rapport aux phénomènes de modes : le bus en site propre longtemps sous-estimé, maintenant parfois surestimé pour le contexte européen / français



Grande variété de solutions de BHNS (même hors BRT autre contexte)

- **BHNS concept « large »** : différentes capacités de véhicule (max 24m), traction thermique ou électrique / trolleybus (ou hybride), guidage ou le plus souvent non guidage, véhicule conventionnel ou spécifique, insertion, cahier des charges, ...
- Diversité d'approches dans les pays européens
- Diversité de réalisations au sein de la France
- Des cas très particuliers, ex bus sur autoroute de Madrid souvent cité, non typique d'un BHNS urbain européen
- **Limite du concept** : privilégier un haut niveau de service sur petit nombre de lignes au lieu d'améliorer un plus grand nombre de lignes (ex Mobilien IdF, Chronobus à Nantes)

TEOR de Rouen : l'un des premiers BHNS en France



Le BUSWAY ou ligne 4 du réseau de Nantes, site conçu évolutif vers le tramway si besoin (actuellement lignes 1, 2 et 3 en tramway) mais difficulté de transition





Grande variété de solutions de tramway

de surface (même hors métro léger autre contexte)

- **Diversification des solutions techniques** : tramway sur pneus, tramway sans caténaire
- **Desserte de territoires différents** : tramway d'interconnexion ou tram-train, tramway régional ou train-tram
- **Tramways modernes en France et à l'étranger**, avec véhicule bidirectionnel (réversible). En France souvent (très) petit nombre de lignes, fortes et en site propre
- **Réseaux anciens à l'étranger** (qq villes d'Allemagne ou Suisse) avec du matériel monodirectionnel, parfois à voie métrique. A Bâle ou Dresde réseaux maillés de 12 lignes, avec faible part relative de site propre. Conception plus proche d'un réseau de bus, coût du tram plus modéré.



Contexte européen : le BHNS différent du BRT (deux concepts qui se recoupent)

- Le BHNS a un débit beaucoup moins élevé que les BRT sud américains pour plusieurs raisons : avenues moins larges, coûts de conduite plus élevés, normes de confort différentes, ...
- Des différences aussi avec BRT nord américains du fait des structures de ville, « Haut Niveau de Service » plutôt que « Rapide »
- En Europe cas particulier des bus sur autoroute A6 à Madrid : 44 lignes périurbaines sur tronçon d'autoroute (sans arrêts) pour correspondance avec métro dans un gigantesque pôle d'échange. Limite de l'approche : partage une voie réservée avec covoiturage, risque à terme de ralentissement des bus aux heures de pointe
- En France importance de la recherche d'innovations (ex. « tentatives » de guidage immatériel) : le CIVIS de Rouen débouche sur TEOR ; cas particuliers des systèmes de Douai et Metz

Plusieurs types de guidage envisagés pour les systèmes sur pneus de surface (appelés il y a quinze ans « systèmes intermédiaires »)

GUIDAGE MÉCANIQUE

- bordures latérales (au dessus du plan de roulement) **Bus guidés, O-Bahn**
- rail central, guidage vertical **GLT / TVR**
- rail central, guidage en V **Translohr**

GUIDAGE « IMMATÉRIEL »

- guidage optique **CIVIS, TEOR**
- filoguidage **expérimentations anciennes**
- guidage électronique **PHILEAS** Eindhoven, Douai **EVEOLE**
(par mémorisation de la trajectoire et recalage par transpondeurs)

Une « graduation » de systèmes, du bus au tramway (avec des succès divers)

	Bus	
SYSTEMES INTERMEDIAIRES (années 1990)	Civis/Teor Phileas (g. immatériel)	BHNS
	TVR (Caen et Nancy)	
	Translohr	TRAMWAY
	Tramway (fer)	

**LE PHILEAS D'EINDHOVEN :
UN SEUL VÉHICULE bi-articulé 24m, les autres
articulés simples d'environ 18m**



Le Translohr de Clermont Ferrand

Première ligne ouverte en octobre 2006

- Tramway sur pneus à petit gabarit en largeur (2,20m) et en hauteur
- Guidage permanent, mêmes fonctionnalités qu'un tramway classique, réversibilité des véhicules, modularité en longueur



Le Translohr de Padoue (Italie)

Ligne ouverte en 2006

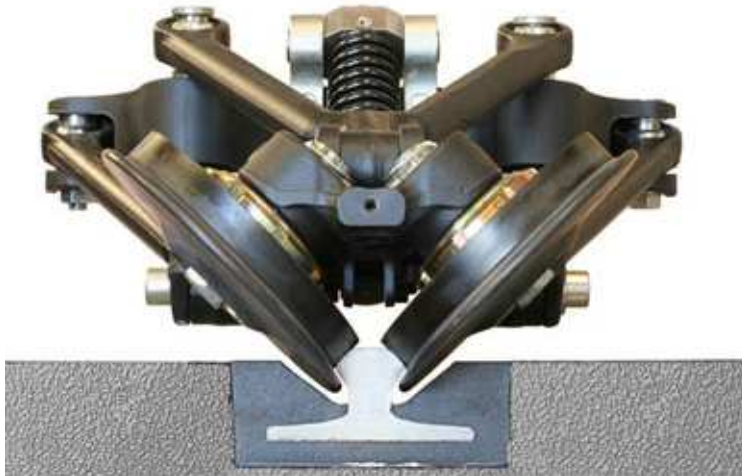
Particularité : autonomie sur batteries (NiMH)

**Pack batteries embarquées
Autonomie 535 mètres avec
une inter-station**

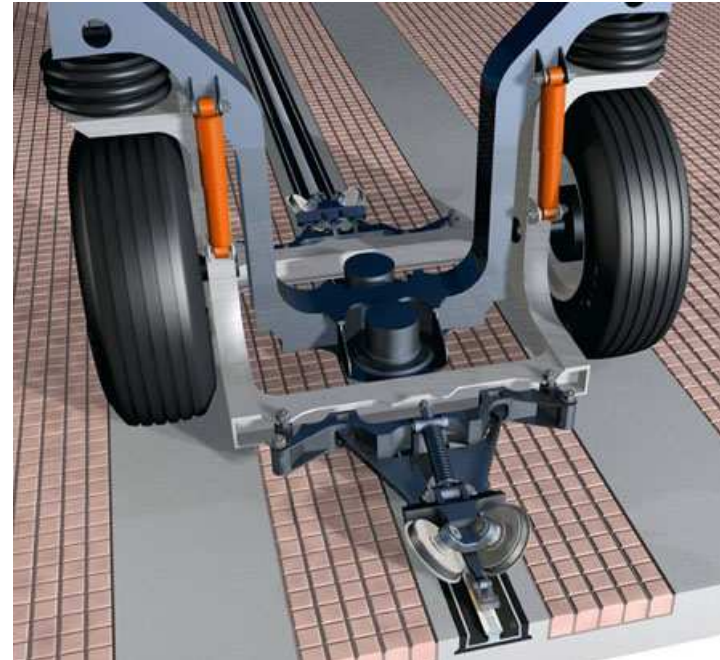


Guidage en V du Translohr

Deux paires de galets obliques pincent un monorail central



Source : Lohr Industrie



Un exemple parmi d'autres de concept pragmatique adapté à certains contextes

- Le tramway d'interconnexion (tram-train) de Karlsruhe au carrefour de plusieurs systèmes : tram, train léger, réseau type RER/S-Bahn
- à Karlsruhe réseau de 600 km, ailleurs réseaux moins ambitieux (voire parfois une seule ligne)





Exemple de Karlsruhe : souplesse du mode

ferroviaire ou guidé, indépendamment de l'idée de tram-train

- Nouveau matériel bi-système pour fonctionner sur deux réseaux différents (origine du concept « tram-train »)
- Créations d'arrêts supplémentaires
- Déviation ponctuelle de l'itinéraire pour meilleure desserte
- Plusieurs types de service, arrêts à la demande
- Variation de longueur des rames en exploitation, desserte d'antennes
- Investissements progressifs : voie unique évoluant vers voie double
- Stratégies d'intermodalité : bus, vélo, très peu VP

En 1992 augmentation de fréquentation de 600%, en partant d'un chiffre déjà significatif (passe de 2 200 à 14 000 voy/jour sur tronçon Karlsruhe-Bretten)

LA SOUPLESSE : un critère à relativiser, plusieurs aspects

- Souplesse du pneu : aussi tram sur pneus (pentes 13%, courbes à faible rayon avec prudence)
- Souplesse de l'itinéraire : le BHNS peut être considéré comme un bus qui doit perdre en souplesse pour gagner en efficacité
- Souplesse en cas de perturbations : maillage du réseau
- Investissements progressifs : avantage plutôt bus mais exemples également pour tram
- Souplesse capacitive (évolution) : à partir d'un certain seuil : avantage tram

Complémentarité des modes de transport urbain et périurbain / **brève référence à l'Allemagne**

- **Trains régionaux / Matériels très diversifiés**
- **RER / S-Bahn au moins 12 agglos**
- **Métro classique / 4 agglos**
- **Métro léger « Light Rail » / Stadtbahn 15 agglos**
- **Tramway / Strassenbahn, 55 agglos (natures de réseaux différents)**
- **Trolleybus / Que trois petits réseaux**
- **Autobus, / Pas démarche BHNS comme en France mais minimum de qualité de service sur tous les lignes, et ligne forte de bus bi-articulés à Hambourg**

LE VÉHICULE BI-ARTICULÉ 24m EN DÉMONSTRATION À WUPPERTAL



Comparaison du bus grande capacité (biarticulé, 25m) avec le tramway / Société allemande de recherche pour la route et les transports, publi 2008

- Sur la base d'une ligne type de 20 km en site propre
 - Coûts globaux sur une période de 30 ans : investissement plus exploitation
-

Pour des débits modérés (2000 p/h/sens en pointe) :

- Sous certaines hypothèses le biarticulé thermique peut économiser 1/3 des coûts, avec véhicules de même capacité (cas défavorable au tramway)
- Les coûts sont pratiquement les mêmes si on compare biarticulé électrique (trolley) et tramway plus capacitif, de 40m, avec intervalle plus élevé

Aspects non monétarisés : emprise au sol plus faible pour tramway

Hypothèses choisies pour la comparaison

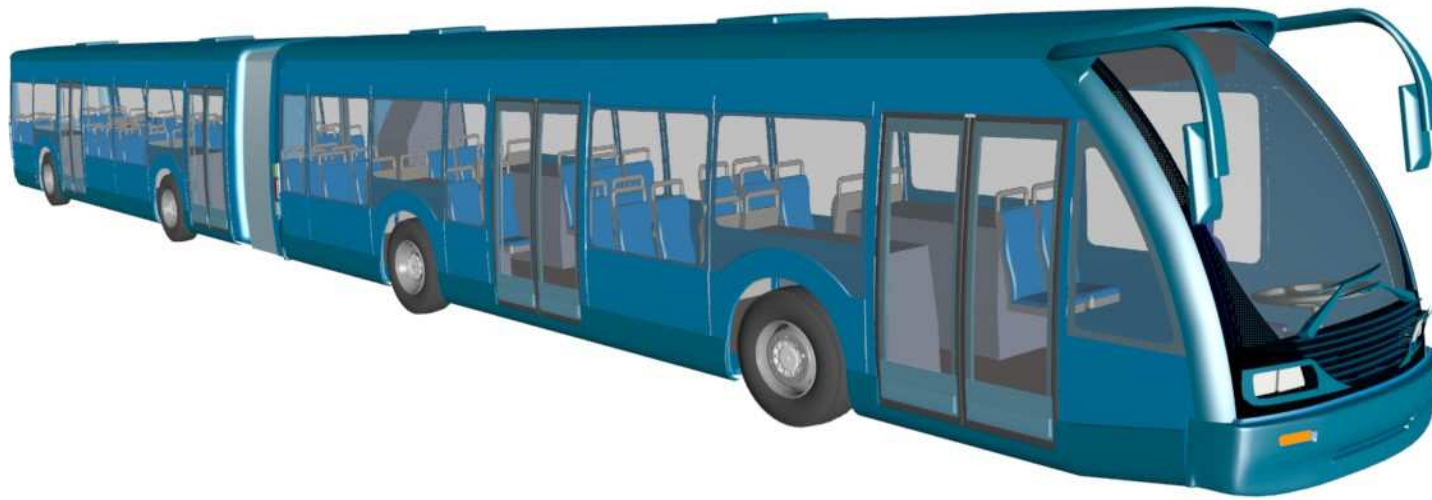
	Bus bi-articulé	Tramway
Etudes et planification	15 ME	32 ME
Acquisitions foncières	12	12
Génie civil	10-30	30
Voie	10	28
Alimentation en énergie électrique		16
Stations	10	10
Réaménagement voirie	70-80	80
Information / billettique /...	16	16
Priorité aux feux	12	12
Matériel roulant	16	80
Dépot	10	25

Déterminants du coût

- Capacité
- Durée de vie
- Traction électrique (électromobilité)
- Accessibilité PMR (planchers bas, interfaces)
- Design
- Effets d'échelle
- Stratégies industrielles

LA CAPACITÉ VARIABLE : SOLUTION FUTURISTE ?

ILLUSTRATION HÜBNER



En conclusion : des points communs pour la conception des réseaux

- Importance fondamentale de la longueur d'interstation pour la qualité de service et le bilan économique (investissement et exploitation). Ex. tangentielle sud d'Amsterdam : interstation moyenne de 1,9 km (1 km en zone urbanisée), vitesse commerciale 35 km/h. Exemple de site pouvant au besoin évoluer vers tramway
- Importance des rabattements non-motorisés. Projet PREDIT PORT-VERT www.predit.prd.fr/predit4/derniersrapports.html
- Problème de la sinuosité des tracés

En France le BHNS est pour partie une conséquence du succès du tramway, sa prise en compte pourrait maintenant également contribuer à faire évoluer le tramway vers des projets moins coûteux