

Quand le choix se resserre de



Le coût du tramway aurait tendance à baisser, tandis que celui du « vrai » Bus à haut niveau de service (BHNS) prendrait la voie inverse. Au-delà des investissements initiaux, la prise en compte des coûts d'exploitation et de renouvellement rebattrait-elle les cartes, comme le montrent les études les plus récentes ?

Si il existe une concurrence entre le tramway et les autres options de transport urbain en commun en site propre (TCSP), elle est déjà ancienne. Puisqu'elle s'est trouvée alimentée durant les deux ou trois dernières décennies (voir encadré) par des propositions présentées comme alternatives au tram classique en apparaissant à la fois moins coûteuses, voire moins contraignantes... pour l'automobile ! Il s'agissait essentiellement des deux différentes versions de « tramways sur pneus » (TVR de Bombardier et *Translohr* de Lohr-Industries désormais repris par Alstom NTL) dont les coûts d'établissement et d'exploitation et les

performances de capacité comme de fiabilité n'ont pas été à la hauteur des espérances. L'irruption du bus à haut niveau de service (BHNS), en partie issu de la transposition d'expériences sud-américaines, a ensuite modifié les enjeux. Avec, ici aussi, le risque du choix de solutions à mi-chemin moins coûteuses - principalement celle la part des « vrais » sites propres dans les lignes - qui peuvent en quelque sorte « abâtardir » le concept du BHNS. Aussi, l'étude réalisée en octobre 2016 par Jean-Marie Beauvais, Marc Perez et Mathias Cureau, sous l'égide de la Fédération Nationale des Associations d'Usagers des Transports (Fnaut), est venue à point nommé

pour relancer - mais aussi « recaler » - le débat.

Quel mode choisir et pour quel trafic à venir ?

L'étude de la fédération a l'intérêt de situer le débat en termes d'objectifs puisque, selon elle, la mise en service d'un TCSP répondrait à un triple objectif. D'abord, « améliorer l'offre de transport en matière de vitesse, de régularité [et] de confort ». Ensuite, « obtenir un report maximal des automobilistes sur le transport collectif pour réduire les coûts économiques (congestion, voiries nouvelles) et externes des déplacements urbains ». Enfin, « structurer et embellir la ville »⁽¹⁾. En conséquence « il ne s'agit pas

Ⓜ En haut, à gauche, le tramway CAF Urbo 100 tel qu'il circule à Besançon. A droite, le tramway Alstom Crealis Compact, en circulation à Aubagne.

plus en plus



d'innover à tous prix mais de répondre à des besoins de transport ». Autrement dit la question se résume à « quel trafic pour quel mode » ?

L'étude se fonde sur neuf « études de cas ». Avec, d'une part, six lignes de BHNS : TransVal-de-Marne en Ile-de-France, TEOR à Rouen, Busway à Nantes, la ligne T Zen 1 en Ile-de-France, le Mettis de Metz et la ligne G de Strasbourg. D'autre part, trois lignes de tramways : T 3 de Lyon, A de Tours, et A de Besançon. Des lignes dont la longueur va de 5,2 km à Strasbourg jusqu'à 30 km pour le système TEOR. Avec des écarts de fréquentations journalières qui s'étagent de un à dix : de 6000 voyageurs pour le T-Zen 1, à 62 000 voyageurs pour le tram de Tours. Et des coûts d'établissement qui vont de sept millions d'euros/km pour le T-Zen 1 jusqu'à 29,8 millions d'euros/km pour le tramway de Tours(2). Le même grand écart est constaté pour les offres de transport, qui totalisent 1,6 million de

voyages/km pour le T-Zen1 et 12,9 millions de voyages pour le tram de Tours.

A ces données générales s'ajoutent des éléments techniques et économiques spécifiques comme l'emprise au sol des systèmes (en courbe ou en ligne) et les coûts d'exploitation calculé par voyage selon les fréquentations des lignes, les durées de vie des matériels (rénovations de « seconde vie » incluses) qui sont théoriquement fixées à 35 ans pour le tramway et à 12,5 ans pour le BHNS. Cet ensemble de données se trouvent synthétisées par des coûts finaux. Qui démontrent, expériences à l'appui, les écarts économiques entre BHNS et tramway se sont désormais considérablement réduits (voir tableau).

La fréquence avant tout

Cette étude conclut que l'attractivité d'un mode est globalement liée à sa fréquence, elle-même limitée par la capacité technique du système. Pour un méga-bus de type bi-articulé, cette dernière peut aller jusqu'à 2400 voyageurs/heure et par sens, voire plus si la ligne est établie en véritable site propre sur l'essentiel de sa longueur. Mais dans ce cas, les coûts d'infrastructures peuvent varier de un à quatre ou à cinq (un million d'euros jusqu'à quatre ou cinq millions d'euros/km) entre la simple option de type voie réservée par bandes de peinture et le vrai site propre intégral ou totalement protégé. En sachant également que pour atteindre une capacité de 3000 voyageurs par heure et par sens, il suffit d'un tramway de 220 places passant toutes les quatre minutes, alors

que la même offre proposée en BHNS avec un articulé de 110 places nécessite un passage toutes les deux minutes. Un pari difficile à tenir sans aboutir à des « trains de bus » se suivant à la queue leu-leu sur la chaussée, comme on le voyait dans le centre de Tours ... avant la mise en service du tramway !

Paradoxalement, pour baisser ses coûts, le tramway aurait intérêt à réduire les capacités initiales des rames, une réalité aujourd'hui concrétisée par les matériels de Besançon et d'Aubagne qui, quoique moins capacitaires que les tramways classiques, offrent toutefois les mêmes qualités en matière de durée de vie. D'autant que, si besoin est, la modularité de ces tramways leur donne l'atout d'une capacité accrue dans l'avenir. Alors que pour le BHNS la seule solution consiste dans l'augmentation de la flotte et des personnels de conduite. Restent les coûts d'infrastructures, dont le coût d'investissement avec un amortissement qui reste plus élevé pour le tramway, mais désormais pas dans des proportions extrêmes comme le constate l'étude de la Fnaut. A condition cependant que dans l'analyse des coûts réels du côté du BHNS, on s'appuie sur la réalisation de vrais sites propres comparables à ceux d'un tramway et que, du côté du tramway, on ne prenne en compte dans l'investissement que les seuls coûts réels d'infrastructures de transport. Donc hors de ceux des aménagements urbains connexes, voire des modernisations ou des remises à niveau de réseaux (eau, gaz, électricité, assainissement) qui se trou-

(1) Cette démarche spécifique est née en France avec le retour du tramway ce qui a fait considérer qu'à ce point de vue le choix du métro ne fait qu'« enterrer le problème ».

(2) Dans cet ensemble, le T 3 lyonnais qui utilise une emprise ferroviaire existante limite ses coûts d'infrastructures à seulement 13,4 millions d'euros/km, alors que le tram de Besançon qui pourtant comporte une section suburbaine établie à voie unique atteint 18 millions d'euros/km. Tandis que le BHNS « Mettis » de Metz limite son investissement d'infrastructures à 13 millions d'euros/km.

(3) Ce sentiment de visibilité, voire de « pollution visuelle » semble moins aigu chez les édiles et les décideurs quand il s'agit des publicités et des panneaux routiers qui envahissent littéralement l'espace urbain ...

vent le plus souvent opportunément et allègrement imputés par les édiles locaux au projet de transport. Même si, de toutes façons, ils auraient du être réalisés à court ou moyen terme...

A ces investissements d'établissement il convient d'ajouter dans les coûts d'exploitation ultérieurs comme ceux de la maintenance ou de la modernisation des infrastructures. Pour les voies du tramway, ils sont totalement imputés au compte du seul TCSP, alors que pour le BHNS, ils peuvent dans la plupart des cas peu ou prou entrer dans le budget général de la voirie urbaine.

Des « précautions » à prendre avant de choisir entre le BHNS et le tramway

L'étude se conclut par une série de « précautions » qui sont demandées aux décideurs amenés à choisir entre les deux systèmes, entre le tram et le BHNS. D'abord, il convient de « prévoir la fréquentation en tenant compte du fait que le trafic futur peut être beaucoup plus important que le trafic attendu lors de la mise en service, notamment si l'urbanisation est prévue le long du tracé ». Ensuite, il faut aussi « prévoir la fréquentation en tenant compte du fait que l'effet tramway est plus fort que l'effet BHNS ». Enfin, il faut « tenir compte des seuils de capacité des différentes formes de BHNS [essentiellement liés à la part du « vrai » site propre dans l'ensemble du tracé] ».

Plus généralement, au point de vue de l'analyse économique des deux systèmes, il convient aussi « de tenir compte des coûts globaux [calculés] sur toute la durée de vie du projet ». Donc pas la seule valeur de l'investissement initial pour les infrastructures et les matériels roulants, mais aussi les coûts de fonctionnement du

LES COÛTS GLOBAUX DU TRAMWAY ET DU BHNS

Capacité des lignes	36 000 voyages/jour *	54 000 voyages/jour**
Coût global annuel :		
Tramway	27,8 M €	35,7 M €
BHNS	25,5 M €	33,3 M €
Coût par voyage :		
Tramway	2,78 €	2,38 €
BHNS	2,52 €	2,22 €
Ecart	9 %	7 %

* T3 de Lyon (32 000 voyageurs/jour) ou ligne A de Besançon (40 000) pour le tramway et « Busway » de Nantes (36 000) pour le BHNS

** Ligne A de Tours pour le tramway (62 000 voyageurs/jour) et TVM Ile-de-France (55 000) ou TEOR de Rouen (52 000) pour le BHNS.



ⓘ Le tramway léger Translohr "Prime".

système durant toute sa durée de vie escomptée.

Autant de « précautions » qui mettent au cœur du projet les besoins réels en transports, la prospective permettant un bon dimensionnement pour l'avenir si on y associe projets urbains et de transports.

Dans cette intéressante analyse, il reste toutefois un absent de taille, le trolleybus, même si en France, à la différence du reste de l'Europe, il n'a plus beaucoup voix au chapitre sinon à Lyon et à Saint-Etienne. Alors que ses qualités de (très) longue expérience dans des villes très différentes, la réalité de ses relativement faibles coûts d'établissement comme d'exploitation sont indiscutables, elles semblent en France éclipsées par un sentiment d'obsolescence comme le subissait le tramway avant son retour en force. S'ajoutent des

considérations « esthétiques » qui ciblent essentiellement la visibilité des installations d'alimentation électrique⁽³⁾. Pourtant, plus que le BHNS, le vrai challenger du tramway pourrait être aussi le trolleybus moderne en site propre. Un véhicule dont la durée technique de vie se situe entre celle du BHNS et du tram, et qui a l'avantage d'être tout aussi « tout électrique » que ce dernier puisqu'il peut associer son alimentation traditionnelle par perche à celle en stations comme celle avec les batteries...

MICHEL CHLASTACZ

TRENTE-CINQ ANNÉES DE DÉBATS ET DE NOU

Débat qui en réalité, sous des formes diverses et avec la proposition de technologies qui l'étaient alors toutes autant, avait débuté au début des années 80. Il demeure toujours car touche aux choix de modes de transports collectifs en site propre (TCSP) avec la recherche d'un « mode intermédiaire » entre le métro - trop lourd, trop coûteux et parfois surdimensionné - et le bus qui ne s'avère pas assez capacitaire.

Au début des années 80, il s'ajoutait le fait qu'en France le tramway avait quasiment disparu⁽⁴⁾ et apparaissait un mode obsolète en l'ignorance des expériences de tramways modernes des pays voisins. Aussi, on a vu fleurir une série de modes nouveaux et automatiques aux coûts d'établissement élevés - comme le VAL et Aramis⁽²⁾ en même temps que le tramway commençait timidement à réapparaître d'abord à Nantes, puis à Grenoble et en Ile-de-France (Saint-Denis-Bobigny).

Durant les années 1990-2000, la recherche de modes intermédiaires s'est déplacée dans un nouveau créneau situé entre bus et tramway - jugé trop coûteux - avec l'idée de véhicules sur pneus guidés par rail central. Comme le TVR (Caen, Nancy) et le Translohr (Clermont-Ferrand, puis T5 et T6 en Ile-de-France), systèmes précédés par le O Bus allemand guidé par

Les embarras du choix

Parmi les modèles proposés en France, voici deux exemples types de tramways (déjà en exploitation) face à deux illustrations, plus ou moins perfectionnées, de Bus à Haut Niveau de Service – BHNS (Le Mans et Metz). Si le tramway a, semble-t-il, largement gagné la bataille en France, le tarissement des financements publics impose une autre approche potentiellement plus favorable au BHNS.



Le BHNS made in Van Hool, le modèle Exqui.City, baptisé Mettis pour l'agglomération de Metz.

AVANTAGES TECHNOLOGIQUES

rails de béton latéraux. Expériences pas totalement satisfaisantes ... Avant que de 2000 à 2010 n'arrive le Bus à Haut Niveau de Service, qui renouvelle l'image du mode de transport urbain le plus répandu. Avant le Busway nantais, les premières applications françaises du concept ont été le système Civis, puis le TEOR à Rouen assortis d'une technologie de « guidage immatérielle » d'accostage des véhicules en stations, une expérience tentée également sans succès avec la technologie Phileas à Douai. La compétition BHNS- tramway continue, puisque le coût du tramway classique a significativement baissé même avant que des versions plus légères dites « compactes » et encore moins coûteuses n'apparaissent à Besançon et à Aubagne. Alors que, parallèlement, les BHNS se sophistiquent de plus en plus afin de gagner en efficacité pour se rapprocher le plus possible des performances des tramways ... et augmentent leurs coûts !

(1) Ne subsistaient que les axes Lille-Roubaix-Tourcoing dans l'agglomération lilloise et deux lignes isolées, à Marseille et à Saint-Etienne.
 (2) Ce système automatique était fondé sur des cabines de petite capacité qui s'associaient et se dissociaient en fonction des itinéraires. Il a été expérimenté sur une voie d'essais installée sur la Petite parisienne.

Un « vrai » Bus à haut niveau de service (BHNS) offrant un haut niveau de prestations (capacité/débit horaire, confort de roulement) impose vite des budgets élevés : plateforme dédiée en site propre intégral, priorité aux feux, aménagement des quais, véhicules. Ce n'est donc pas forcément sur le prix que la différence sera décisive. D'autant que CAF, associé à Vinci, a développé des solutions visant à rendre l'investissement tramway plus compétitif financièrement. Plus que le prix, ce sont des questions de tracés (passage sinueux, déclivités) et de préservation patrimoniale (difficultés à intégrer les lignes aériennes de contact) qui ont finalement fait pencher la ba-

lance en faveur du BHNS à Metz. Les détracteurs du Bus à haut niveau de service HNS évoquent la durée de vie moindre des véhicules (50% de celle d'un tramway fer). Vrai. Mais il faut rapporter cela... au prix du matériel roulant ! Même le Van Hool Exqui.City en version Mettis est 50% moins cher que le tramway CAF Urbos 3 de Besançon, pourtant ultra compétitif dans l'univers ferroviaire. Le Mans qui exploite un BHNS issu d'un modèle courant, relève que « sur la durée de vie du bus, on a un avantage économique », et cela malgré le surcoût à l'investissement lié aux véhicules fonctionnant au méthane. Le Mettis ayant une capacité par véhicule supérieure à celle des tramways Alston Citadis Compact

Politiques & institutions

et CAF Urbos 3 « tri-caisses », cela rend également le prix par passager plus favorable au BHNS. En outre, les constructeurs de tramways se font discrets sur le coût de la régénération à mi-vie du matériel. Il convient aussi de comparer le poste « pneumatiques » d'un BHNS aux coûts de rectifications de bandages à faire pour les essieux de tramways. Plus le parcours sera sinueux, ou pentu (exigeant des sablages fréquents), plus les roues fer seront à rectifier fréquemment. La qualité de l'acier des rails est aussi déterminante pour les coûts d'exploitation. Le tour à rectifier impose également un investissement en génie civil considérable pour la fosse en atelier. Le Mans, ayant les expériences comparées entre tramway et BHNS, relève qu'en coût/km, le second est moins coûteux à l'exploitation.

Le bruit, un facteur sensible

Mais le tramway, s'il est conçu sur un axe à fort potentiel de voyageurs, offre l'avantage de la modularité : CAF, comme Alstom, ont la possibilité d'ajouter des voitures aux rames. Argument renforcé par la facilité de circulation à bord et à quai. Argument largement mis en avant par CAF avec l'Urbos 3 qui dispose d'un plancher bas, et plat, sur toute la longueur de la rame. Les tramways ayant en outre l'avantage de disposer de portes coulissantes des deux côtés. A l'inverse, un BHNS tel que le Mettis est déjà au maximum de ses capacités (à moins d'augmenter les fréquences de passage aux arrêts). Le Mans a opté pour le BHNS Tempo, entre autres, en raison d'un « potentiel de passagers connu et fixé du fait d'un environnement urbain figé ».

La question du bruit n'est pas à négliger non plus. En virages serrés (rayon < 24m en exploitation) un

+/- LE BHNS VS. MODES GUIDÉS

- 😊 coût d'investissement moindre
- 😊 flexibilité à l'exploitation
- 😊 capacités équivalentes en passagers
- 😊 choix du mode d'énergie
- 😊 pentes franchissables supérieures
- 😊 rayons de giration compétitifs
- 😞 durée de vie moindre des véhicules
- 😞 sensibilité à l'orniérage
- 😞 accessibilité PMR/UFR à surveiller

+/- LES TRAMWAYS CLASSE 20 M VS. BHNS

- 😊 confort de roulement pour les passagers
- 😊 mise à quai parfaites et constantes
- 😊 durée de vie du matériel
- 😊 évolutivité des capacités
- 😊 emprise au sol réduite en largeur
- 😊 temps de transfert aux arrêts
- 😞 coût global
- 😞 exploitation complexe
- 😞 incompatible avec certains tracés

BHNS sera moins bruyant qu'un tramway, surtout s'il est de type hybride ou électrique (par exemple à Linz en Autriche avec un Van Hool Exqui.City 24 m à alimentation électrique bifilaire). A l'inverse, en ligne droite, ou dans les virages à grand rayon de courbure, un tram fera moins de bruit.

Plutôt que de mauvais prétextes (« la métropole voisine en a un, j'en veux un pour ma ville ! »), le choix entre un tramway et un BHNS doit se faire sur des critères de topographie, d'environnement urbain et d'exploitation. L'avantage de l'architecture autobus est aussi évident en termes de formation. Cinq jours suffisent à habiller un conducteur de Mettis par exemple, et une journée pour la conversion du 12 m au 18 m articulé. Un tramway sera forcément plus exigeant, d'autant qu'il s'agit d'un mode guidé soumis aux prescriptions du STRMTG1. L'atout maître du BHNS est sa flexibilité en exploitation.



TRAMWAY CAF URBOS 100 CONFIGURATION BESANÇON

Longueur : 2 caisses : 18 m ; 3 caisses : 22 ou 24 m
Largeur de caisse : 2,3 m ; 2,4 m ou 2,65 m
Largeur de voie : 1 m (métrique) ou 1,435 m (UIC)
Rayon minimum de giration : NC

Nombre de bogie par rame : 2

Bogie moteur : 2 avec 1 moteur par roue

Nombre de caisses par rame : de 3 à 9

Seuil de porte : 350 mm

Largeur utile au couloir entre bogies : NC

Portes : 1 porte coulissante simple aux extrémités, 2 doubles portes au centre, côté gauche et droit.

Capacités : 129 passagers

Alimentation : par ligne aérienne de contact 750V courant continu,

Options : super-capacités.

TRAMWAY ALSTOM CITADIS COMPACT

Longueur hors-tout : 22 ou 24 m

Largeur de caisse : 2,4 m ou 2,65 m

Largeur de voie : 1,435 m (gabarit UIC)

Rayon minimum de giration : 20 m (en dépôt)

Nombre de bogie par rame : 2

Bogie moteurs : 2 avec 2 moteurs par bogie à aimant permanent et refroidissement par air.

Nombre de caisses par rame : 3 (extensible jusqu'à 5 voitures avec 3 bogies)

Seuil de porte : 350 mm

Largeur utile au couloir entre bogies : 740 mm

Portes : 4 doubles portes coulissantes de chaque côté

Capacités (à 4pax/m²) : de 27 à 35 assis, de 85 à 112 debout, soit de 120 à 139 personnes (avec 1 ou 2 UFR) suivant longueur et largeur.

Alimentation : ligne aérienne de contact sous 750V courant continu,
Options : recharge par induction au sol, super-capacités ou batteries de traction.



Le BHNS Crealis conçu par Iveco Bus, ici en exploitation au Mans.

BHNS VAN HOOL EXQUI.CITY

CONFIGURATION METTIS

Longueur hors-tout : 23,82 m

Largeur hors-tout : 2,55 m

Hauteur : 3,35 m

Rayon minimum de giration : 12,4 m (en exploitation)

Nombre d'essieux : 4 dont 2 directionnels

Pont moteurs : 2

Nombre de caisse : 3

Seuil de porte : 320 mm

Largeur utile au couloir : N.C

Portes : 4 doubles portes coulissantes côté droit

Capacités : 40 places assises, 2 UFR avec rampe, capacité maximale 155 passagers

Alimentation : hybridation diesel-électrique moteur Diesel Euro V EEV MAN Do836 LOH61, génératrice électrique Siemens 1FV5168, moteur électrique de traction Siemens PEM 1DB2024.

Options : traction 100% électrique (batterie ou bifilaire), moteur thermique (gazole Euro VI ou GNV).

BHNS IVECO BUS CREALIS

CONFIGURATION TEMPO LE MANS

Longueur hors-tout : 18,39 m

Largeur hors-tout : 2,55 m

Hauteur hors-tout : 3,301 m

Seuils de portes : 320 mm à l'AV, 330 mm au milieu, 340 mm à l'AR

Rayon minimum de giration : 11,975 m (en exploitation)

Largeur utile au couloir : N.C

Portes : 4 doubles portes coulissantes côté droit

Capacités : 35 ou 40 places assises, 1 UFR + 1 PMR, capacité maximale 155 ou 157 passagers

Alimentation : moteur thermique GNV à allumage commandé Iveco/FPT Cursor 8 CNG Euro VI de 330ch et 1300Nm de couple. Boîte automatique Voith 4 rapports ou ZF 6 vitesses. Options : traction électrique bifilaire (d'origine Skoda Electric), moteur thermique gazole Euro VI, hybridation diesel-électrique BAE Systems.

Une manifestation, une intervention de services d'urgence sur le parcours, et le BHNS peut être dévié (tant que son gabarit le permet). Un tramway exigera une interruption de service et... le recours aux autobus de substitution ! Pour l'aménagement des dépôts, la prudence est de mise avec un BHNS : il faut s'assurer que celui-ci sera bien compatible avec la longueur des futurs matériels. Détail insolite : une des difficultés rencontrées par Metz avec le Mettis fut de trouver... un centre de contrôle technique pouvant accueillir ses Van Hool Exqui.City de 24 m !

Un enjeu d'image et de communication

Pour un site propre intégral ou un tramway, les nuisances aux riverains ne sont pas négligeables pendant la phase de travaux. Mais il est faux de dire que seul le tramway est attractif : il l'est par la politique associée de rénovation « de façade à façade ». Le Mettis montre qu'un véritable BHNS bien conçu peut aussi être un succès en fréquentation. La dynamique

sur le réseau de Metz en est un exemple : +19% entre 2013 et 2014 ; +9% entre 2014 et 2015 et + 7% entre 2015 et 2016. Les 2 lignes Mettis accueillant 39% du trafic voyageurs. La tendance est clairement orientée à la hausse en termes de fréquentation : la moyenne journée période scolaire est passée de 25 000 passagers à l'inauguration à 34 000 en novembre 2015 et des pics ont été enregistrés en novembre 2016 à 38 000 passagers/jour. Des niveaux dignes d'un tramway « fer ». La ligne Tempo du Mans, exemple intéressant puisque cette agglomération a aussi un tramway, rencontre également un réel succès moyennant un investissement très raisonnable (pas de dévoiement de réseaux) : +40% de fréquentation les week-ends, +21,8% en semaine, cela un an après la mise en service. La ligne Tempo accueille 6000 passagers jours en moyenne contre 4500 sur l'ancienne ligne 16 Allonnes/Le Mans gare SNCF. Le tout pour un investissement de sept millions d'euros/km (plateforme béton - pour éviter l'ornièrage -, priorité aux feux systématique, aménagement de carrefours). Notez aussi le rôle important de cabinets d'assistance à maîtrise d'ouvrage : Transamo semble nettement plus familier des BHNS que Systra, à la culture plus ferroviaire. ■

JEAN-PHILIPPE PASTRE