

**Première conférence franco-chinoise
sur
les systèmes de transports urbains durables**

**TRANSPORTS A HAUT NIVEAU DE SERVICE
(THNS)**

session de formation

**THNS et espace public :
aspects techniques de l'insertion urbaine**

**Dominique BERTRAND – François RAMBAUD
(CERTU - France)**

Sommaire

1. les « THNS » en France.....	2
2. Les critères du haut niveau de service.....	4
3. L'infrastructure, au coeur de l'approche système.	5
4. Les points clés en matière d'insertion urbaine.....	8
4.1 En section courante	8
4.2 Au niveau des stations.....	10
4.3 Aux intersections.....	11
Eléments bibliographiques	13

1. les « THNS » en France

Sous le sigle THNS, on regroupe dans une logique de raisonnement par rapport à un objectif - la qualité de l'offre – deux systèmes de transport en commun urbain de surface faisant appel à des matériels différents :

- le *tramway (urbain)*,
- le *bus à haut niveau de service (BHNS)*.

Dans une logique d'extension au périurbain, on peut y rattacher

- les *systèmes ferroviaires légers*, terme que l'on préférera à l'appellation « tram-train ».

En revanche, bien qu'ils répondent très bien généralement aux critères de productivité du haut niveau de service, les *métros* ne sont pas pris en considération ici du fait de l'absence d'interface direct avec l'espace public.

Le renouveau des tramways

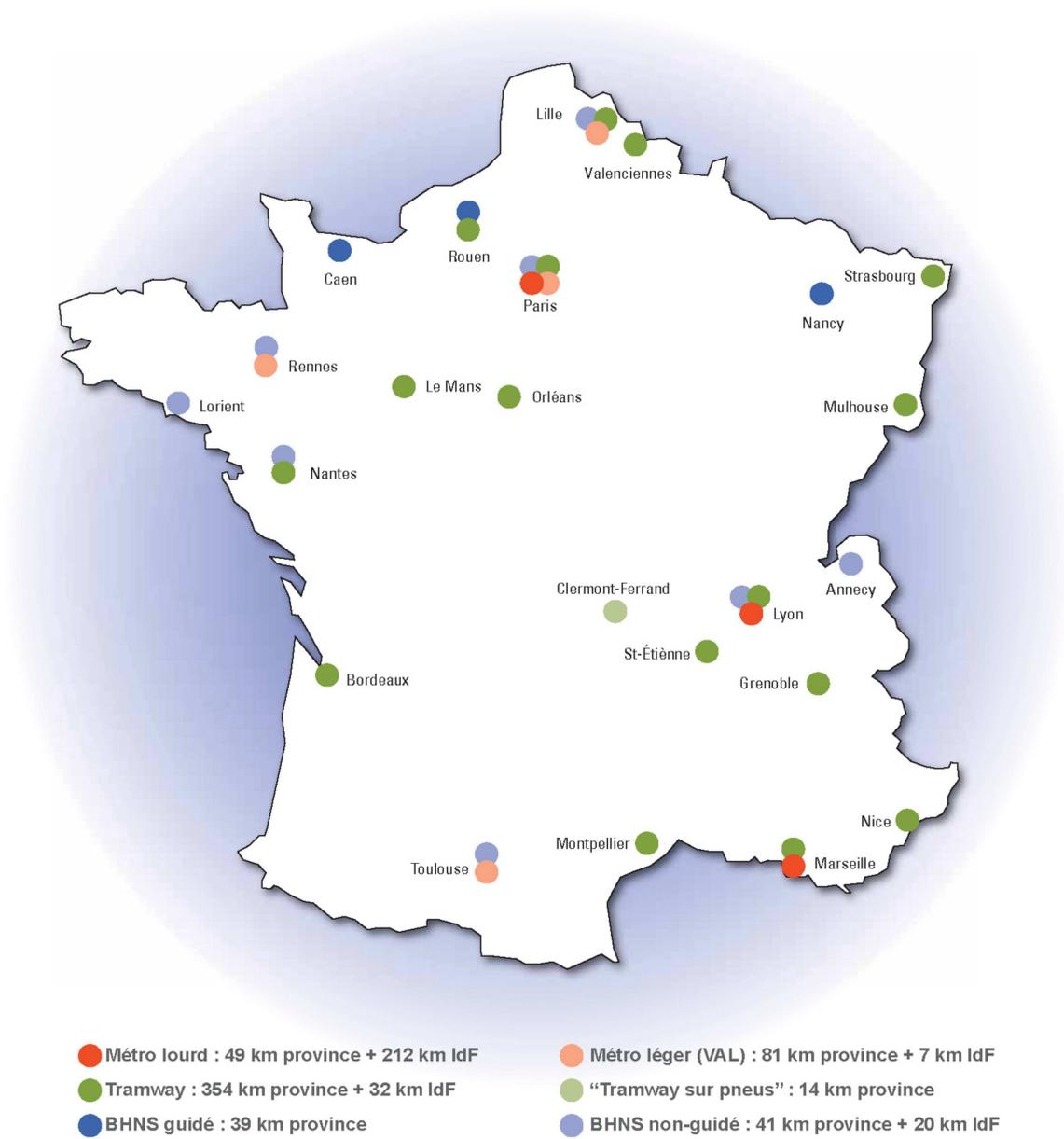
A la différence de beaucoup de pays européens (du Nord et de l'Est notamment), la France a vu disparaître dans la deuxième moitié du 20^è siècle la quasi totalité de ses réseaux de tramway (à l'exception de Saint Etienne et Lille). Après Nantes, Strasbourg et Grenoble dans les années 1980, de nombreuses agglomérations se sont lancées dans la réalisation de projets de tramway, et l'on compte aujourd'hui 17 réseaux d'une ou plusieurs lignes. Cela représente aujourd'hui un linéaire de l'ordre de 400 km appelé à presque doubler d'ici 2013.

L'émergence des BHNS

En parallèle et en complément à ce déploiement d'un mode ferré lourd qui suppose des investissements importants et un potentiel de clientèle suffisant, la nécessité de développer avec des autobus une offre performante et cohérente avec des demandes moins importantes s'est progressivement imposée. Sur la base de quelques expériences locales et de l'exemple des BRT américains, le concept de BHNS a ainsi été défini sous l'impulsion d'un partenariat entre le CERTU, l'INRETS, le GART et l'UTP. Il prend véritablement corps depuis quelques années à travers quelques réalisations (Evry, Rouen, Nantes, Lorient, région parisienne...) et de nombreux projets.

La perspective des Systèmes Ferroviaires Légers

Dans le prolongement du renouveau des tramways au cœur des villes, l'idée de leur extension aux zones péri-urbaines et de leur interconnexion avec les réseaux ferroviaires s'est naturellement faite jour, en réponse aux problèmes croissants de circulation routière liés aux déplacements entre centres et banlieues, et en lien avec la possible utilisation d'emprises ferroviaires désaffectées ou sous-exploitées. Si les réalisations sont encore peu nombreuses aujourd'hui, les projets sont là aussi assez abondants et variés, pour concrétiser l'émergence prochaine d'un nouveau concept pour lequel l'appellation système ferroviaire léger semble moins réductrice et plus consensuelle que tram train.



carte de France des TCSP au 1^{er} janvier 2008 (source : CERTU)

2. Les critères du haut niveau de service

Les éléments qui concourent à qualifier le haut niveau de service sont

- la *capacité*,
- la *fréquence*,
- la *vitesse commerciale*,

ainsi que deux indicateurs fondamentaux de la qualité de service :

- la *régularité*,
- la *fiabilité*.

A ces critères relevant de la *productivité* du système, il convient d'ajouter

- la *sécurité*.

La *capacité*, qui doit être appréciée sur la base d'un confort suffisant) dépend essentiellement du matériel roulant et des modalités d'exploitation, mais pas de l'infrastructure (sauf indirectement au niveau des stations, où le nombre et la longueur des quais doivent être adaptés à ceux-ci).

A la différence du BRT, la *rapidité* n'est pas en France le critère principal pour caractériser un THNS, même si la *vitesse commerciale* est un élément de productivité très important.

En premier lieu, intervient la *régularité*, à la fois par son impact direct sur la clientèle et par ce qu'elle est une condition nécessaire pour

- atteindre une *fréquence* élevée,
- optimiser la *capacité*,
- crédibiliser la *vitesse commerciale*.

Le fait que la *sécurité* soit une caractéristique importante pour les THNS se justifie bien sûr par les enjeux directs en terme de sécurité des personnes (passagers et usagers de l'espace public), mais aussi à travers des enjeux indirects en terme de productivité et d'image.

Il est évident que la multiplication des accidents, même les simples accrochages matériels, voire des quasi-accidents dans le cas des transports ferroviaires (freinage d'urgence), occasionnent des perturbations de l'exploitation qui nuisent à la régularité des dessertes et à la disponibilité du système (retards, interruption de service, immobilisation de matériel, etc.). Une dégradation de ces facteurs nuit à l'attractivité du transport collectif, qui repose autant sur la fiabilité des horaires et des fréquences que sur la vitesse commerciale.

S'agissant de cette dernière, un traitement insuffisant des problèmes de sécurité tendra à la limiter, car il pourra conduire à des restrictions de vitesse en ligne. Il sera aussi source de stress et de défiance chez les conducteurs.

Enfin, l'acceptabilité et l'image de marque du système peuvent être affectés par des accidents à l'impact médiatique fort (et déformateur) quand il s'agit de véhicules de transport collectif et tout particulièrement de véhicules ferroviaires, quand bien même en terme quantitatif ces accidents ne représentent qu'une très faible part du total des accidents de la route.

Il n'y a donc pas en règle générale d'antinomie entre *sécurité* et *productivité*, mais au contraire une convergence d'intérêt avec la recherche de l'accessibilité pour tous, du confort, de la régularité ou de la lisibilité.

Les outils permettant d'y parvenir sont les mêmes au niveau des aménagements (accessibilité physique, lisibilité des lieux) comme des équipements et modalités d'exploitation (simplicité, fiabilité, etc.).

3. L'infrastructure, au coeur de l'approche système.

La sécurité de l'infrastructure, catalyseur de l'approche système

L'espace de circulation du transport collectifs ne doit pas être considéré isolément mais bien comme un sous-système au sein d'un ensemble comprenant :

- les *infrastructures*,
- le *matériel roulant*,
- l'*exploitation*.

Traditionnellement, on distingue au sein du sous-système *infrastructures* les problématiques liées

- à la *section courante*,
- aux *stations*,
- aux *intersections*.

Les spécificité relatives à chacun de ces espaces rend cette décomposition pertinente pour le traitement des questions d'aménagement, à condition de ne pas négliger les interactions entre ces composants.

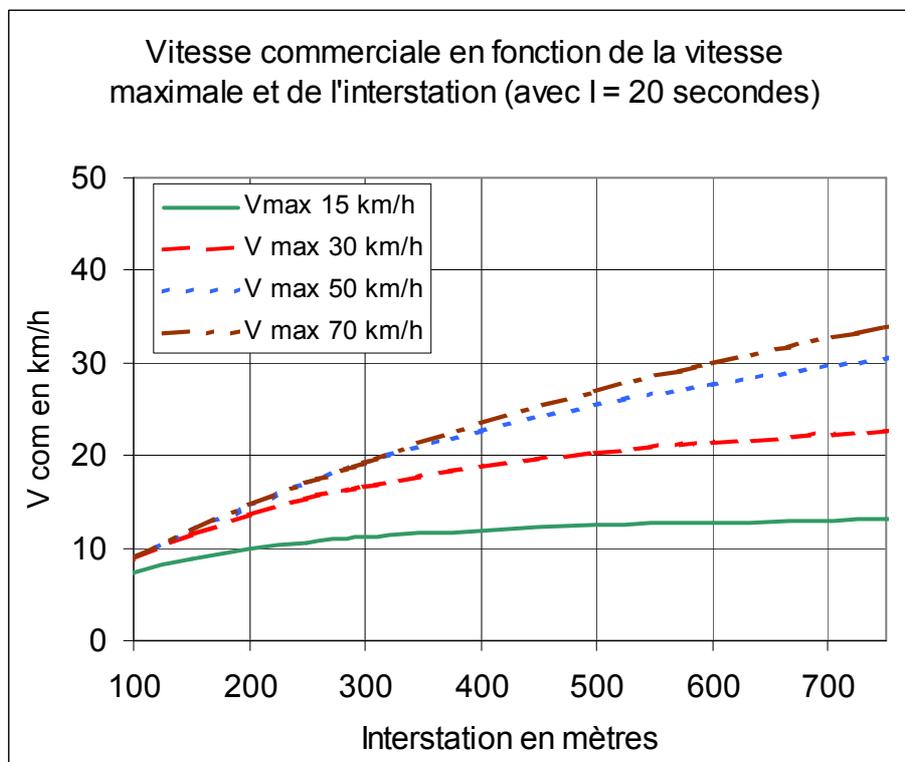
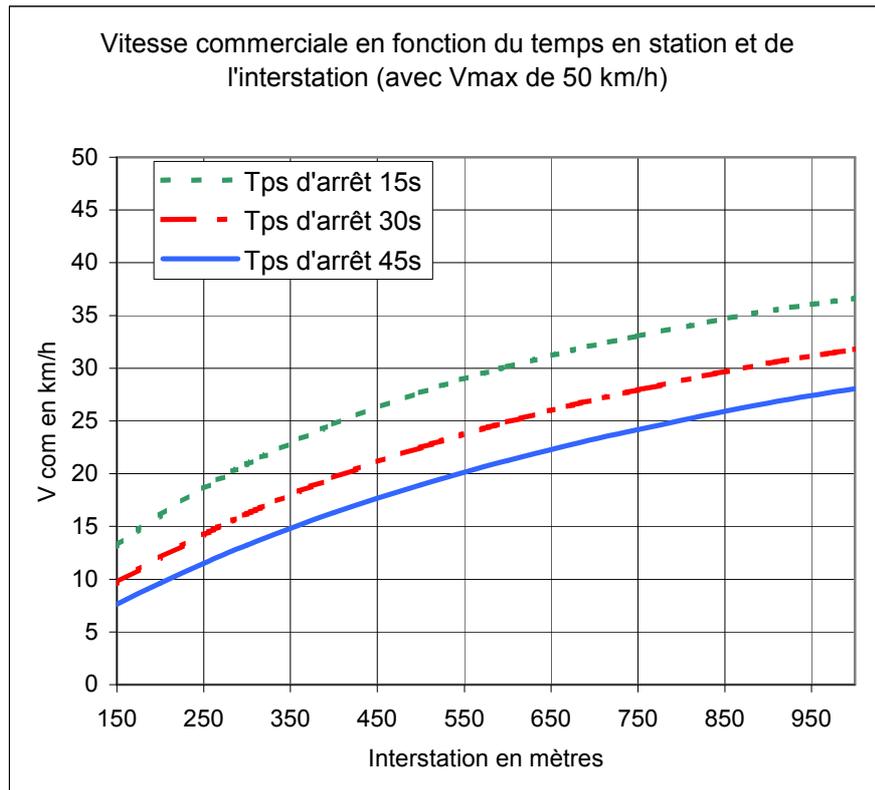
L'entrée par la sécurité est un facteur favorable pour le traitement de l'infrastructure dans cet esprit parce qu'elle constitue un thème transversal, fédérateur des différents intervenants. Cela encourage les acteurs à avoir une approche globale mettant en synergie les composantes du « système » et prenant bien en compte les interfaces entre celles-ci.

Incidence de l'infrastructure sur le niveau de service

Le traitement de l'infrastructure aura un impact direct et fort sur la régularité du système et la vitesse commerciale, à travers les conditions de circulation offertes au transport collectif. A ce niveau les principales causes d'irrégularité sont :

- les conflits d'usage en section courante :
 - o la circulation perturbée,
 - o l'occupation du site dédié au transport collectif ,
- le fonctionnement du système en station :
 - o conditions d'accès aux quais et dimensionnement insuffisant de ceux-ci,
 - o dysfonctionnement au niveau de l'interface quais – véhicules,
 - o temps perdu par le vente de tickets par le conducteur,
- les conditions de circulation dans les carrefours :
 - o difficultés d'approche et de franchissement liés aux encombrements,
 - o mauvaise prise en compte de la priorité du TC.

Le nombre de stations et leur espacement ont une incidence importante sur la vitesse commerciale , d'autant plus significative qu'on est dans des plages de vitesse élevée. Mais il est important de garder à l'esprit que la vitesse commerciale comme la régularité sont avant tout impactées par les temps d'arrêt en carrefours et en stations.



L'insertion urbaine du THNS

Par essence, l'espace public est un lieu d'usages et de formes multiples et variés, qu'il est difficile de concilier, et largement conditionné par les aléas des comportements humains. Globalement, à travers l'infrastructure, c'est donc le partage de l'espace public entre ses différents utilisateurs et leur cohabitation qu'il faut gérer au mieux.

Le traitement de l'*insertion urbaine du transport collectif* peut alors être définie comme l'optimisation de l'*interface entre ce système et les autres usages de la voirie et plus globalement de l'espace public*.

On aura à prendre en compte à ce niveau :

- les cheminements des piétons,
- la circulation des cyclistes,
- la circulation des véhicules motorisés,
- le stationnement et les livraisons,
- les activités riveraines,
- le fonctionnement des services urbains,
- l'entretien des espaces et des réseaux divers.

D'une manière générale, les réflexions devraient tendre à privilégier pour les BHNS un traitement identique à celui du tramway, en cohérence avec le niveau de service recherché.

Au niveau réglementaire, ceci suppose des évolutions du code de la route et de la signalisation pour lever l'ambiguïté inhérente au statut « routier » du véhicule « bus », et clarifier les règles de priorité qui en découlent, par rapport aux piétons notamment.

Ceci doit aussi être replacé dans le contexte global de la promotion des modes doux et de la modération de l'automobile liée à une approche centrée sur le développement durable.

Si ceci est plutôt favorable au transport collectif dans le rapport à l'automobile, il conduit à examiner avec encore plus d'attention la problématique des conflits avec les piétons et les vélos, dont les droits tendent à être renforcés au travers de modifications du code de la route (désignées symboliquement comme la création d'un « *code de la rue* »).

Il convient enfin de tenir compte de la généralisation des dispositions en faveur d'une accessibilité totale des espaces publics et de systèmes de transport à toutes les catégories de personnes à mobilité réduite (instaurée par une loi de 2005).

4. Les points clés en matière d'insertion urbaine

4.1 En section courante

A ce niveau, les questions à traiter concernent essentiellement

- le partage de l'espace (définition du profil en travers)
- la séparation éventuelle du transport collectif (notions de *site propre*, *partagé*, *banal*)
- la « protection » de ces sites (propre ou partagé) vis à vis des modes non admis (matérialisation, signalisation).

En règle générale, ces problèmes se posent a priori moins pour les systèmes ferroviaires légers circulant hors des emprises routières que pour les tramways et BHNS.

Le site propre pour les transports collectifs

Il est essentiel de clarifier les conditions de partage de la voirie, à travers les notions de site propre (réservé), partagé, ...

- Le *site propre* : dédié aux THNS, ils devrait leur être strictement réservé, ceux-ci bénéficiant alors d'une priorité quasi absolue par rapport à tous les autres usagers, tant dans les règles qu'au travers des aménagements, de la signalisation et des équipements.

- Le *site partagé* : la cohabitation des TC avec certains autres usagers (taxis, vélos) semble acceptable dans certaines conditions de contexte et de densités des circulations en cause. Le traitement des conflits avec les usages transversaux et aux intersections sera la plupart du temps différent du cas de site propre.

La réservation d'une partie du profil en travers pour la circulation des THNS ne pose généralement pas de problème dès lors qu'on dispose d'au moins 20 mètres d'emprise.

Quelle implantation pour le site propre ou partagé

La question du type de site est indissociable du positionnement de celui-ci dans l'emprise, qui doit être abordée en même temps. Dans l'absolu les possibilités sont multiples (latéral, axial, bilatéral) pour implanter un site propre ou partagé dans le profil en travers

Il convient cependant de privilégier le site axial bidirectionnel, qui permet de minimiser les conflits avec les usages riverains et facilite la gestion des carrefours ; cohérent avec le principe de mettre au centre de l'emprise les usagers les plus rapides, il impose cependant des précautions dans le traitement des stations (modifications ponctuelles du profil en travers).

A l'inverse le site latéral bidirectionnel pose des problèmes de lisibilité pour l'utilisateur routier dans les carrefours et induit un déséquilibre dans la relation entre stations et quartiers desservis. Il peut cependant être intéressant dans certaines configurations avec peu d'accès riverains et de carrefours.

Les dispositifs séparateurs

La protection du site propre est un élément essentiel pour l'efficacité du système comme au plan de la sécurité. La question du dispositif séparateur doit être traitée en même temps que la détermination du profil en travers. Son choix est souvent un compromis basé sur la détermination d'un degré de franchissabilité en se posant les questions :

- par qui (quel usager)
- dans quelle condition (à quelle vitesse le cas échéant)

En effet, il est souvent nécessaire de permettre une franchissabilité exceptionnelle (à très faible vitesse) pour gérer les situations dégradées (pannes, travaux) ou permettre des usages secondaires (livraisons, nettoyage, etc.).

La circulation en site banal

Cette solution est parfois rendue nécessaire par les contraintes d'emprise, sachant qu'il vaut mieux l'envisager et la gérer correctement que de découper l'espace en dimensionnant tous les composants du profil au minimum.

La mixité totale (site banal dans les deux sens) est compatible avec un *certain* niveau de service, sur des linéaires limités et moyennant des modalités d'exploitation appropriées : il faut chercher à instaurer une séparation temporelle entre TC et autres usagers.

Pour cela on gère les carrefours de façon à vider le site à l'approche du véhicule de TC et lui permettre ensuite de circuler devant les autres véhicules.

Les solutions intermédiaires

L'application du principe précédent pour la gestion des flux conduit à envisager lorsque l'emprise le permet une solution intermédiaire consistant à aménager un site propre unidirectionnel en amont des carrefours, le TC pouvant circuler en site banal à l'aval.

Une autre solution mixte envisageable en cas d'emprise réduite consiste à prévoir un site propre à voie unique, dont le sens de circulation réversible peut être choisi en fonction des charges de trafic ; cette configuration est bien adaptée aux axes pénétrants où les trafics sont pendulaires.

Toutes ces solutions de circulation en mixité partielle ou totale ne sont bien entendues admissibles sur une ligne de transport à haut niveau de service que si elles ne concernent au total qu'un faible linéaire de celle-ci ; elles sont en général plus facilement envisageables sur les parties terminales du tracé correspondant par exemple à des zones résidentielles de banlieue ; au centre ville, il faut plutôt en cas d'emprise contrainte privilégier un report total du trafic automobile par l'aménagement de zones piétonnes.

4.2 Au niveau des stations

Pour les systèmes THNS qui ont vocation à faire parti du réseau structurant et à attirer une forte clientèle, le positionnement des stations par rapport aux générateurs de clientèle est essentiel.

Les questions que le concepteur devra se poser sont ainsi :

- La localisation des stations dont l'inter-distance doit être en moyenne de 500 m environ ; cependant, dans le milieu très dense de forte charge on aura intérêt à rapprocher les stations pour éviter leurs congestions.
- Les procédures de billettique, qui ne devront pas rallonger les temps d'arrêt; le fait que le chauffeur ait en charge la vente des tickets unitaires de transport pourrait dégrader fortement la prise en compte prioritaire aux carrefours suivants.
- La qualité des interfaces quai / véhicule, avec l'obtention de faibles lacunes par du plancher bas et des conditions optimales d'accostage sur un quai qui soit rectiligne. Le tramway offre l'avantage d'être parfaitement guidé ; pour le bus s'il n'est pas guidé, un alignement rectiligne du véhicule avant l'arrêt, ainsi qu'un déport du quai vers l'intérieur de la voie pour permettre un bon accostage sont souhaitables.
- Un espace d'attente suffisamment confortable pour ne pas dégrader les flux de sortie et d'entrée des passagers (2 personnes par m² utile pour deux services consécutifs de manière à avoir une capacité de très forte charge lors d'une dégradation d'un service).
- La qualité et la fluidité en toute sécurité des accès aux stations, en minimisant le plus possible les cheminements piétons ; cet aspect est toujours relativement complexe et nécessite une bonne connaissance du fonctionnement de chaque lieu.
- Une structure de chaussée qui vise l'absence d'ornierage pour les systèmes bus ; aujourd'hui les solutions « béton » semblent les meilleures pour les gros trafics.
- La sécurisation des accès piétons : cela passe par le traitement des traversées de sites et de voirie et l'implantation du mobilier urbain, le choix des matériaux de revêtement, etc.
- L'implantation des quais : le tramway permet un choix central ou latéral des quais, en fonction de l'espace disponible et de la configuration; le mode bus est beaucoup moins flexible sur cet aspect (en l'état actuel de la réglementation qui imposent des portes à droites). Les dimensions préconisées au vue des charges observées sont
 - en quais latéraux : de 3 à 4 mètres,
 - en quai axial (tramways): de 4 à 5 mètres.

La proximité de carrefours influe sur la conception des stations, notamment pour ce qui concerne les cheminements piétons et les traversées en lien avec la station.

4.3 Aux intersections

On englobe dans les intersections

- les *carrefours routiers* dans lesquels circulent les tramways et bus,
- les *traversées routières de voies ferrées* empruntées par des tram trains
- les *traversées piétonnes isolées* de sites parcourus par des THNS.

A ce niveau les questions concernent aussi bien les aménagements géométriques que les modalités de gestion des conflits (règles de priorité, signalisation lumineuse et statique, marquage, etc.), et en particulier la prise en compte préférentielle des transports guidés.

Les principes essentiels communs à tous ces types d'intersections concernent

- la recherche de simplicité et de lisibilité pour tous les usagers, tant en terme d'aménagement que de fonctionnement,
- la réduction des vitesses automobiles,
- la réduction globale des surfaces circulables pour limiter les zones de conflit potentiel.

Là encore il ne faut pas négliger les interactions entre carrefours et stations proches. Ceci joue essentiellement sur la conception et l'exploitation de systèmes de priorité en carrefours, qui doivent intégrer le temps d'arrêt en station et/ou permettre de se baser sur le démarrage du véhicule quittant la station.

Concernant les carrefours routiers, les préconisations seront cependant différentes en fonction du type d'intersection :

- carrefour en croix sans signalisation lumineuse de trafic
- carrefour avec signalisation lumineuse de trafic
- carrefour à sens giratoire

les carrefours en croix sans signalisation lumineuse

Ces carrefours ne posent généralement pas trop de problème dès lors qu'on respecte bien les principes généraux évoqués ci-dessus concernant la lisibilité et la simplicité. Il convient en particulier que la géométrie et les règles de priorité entre tous les usagers soient cohérentes avec la priorité dévolue au THNS.

Les carrefours gérés par signalisation lumineuse de trafic

La gestion dynamique des conflits permet a priori de bien prendre en compte la priorité des THNS moyennant leur détection en amont ; ceci renvoie au traitement de la section courante et le cas échéant à la prise en compte des stations, pour fiabiliser les temps d'approche (cf. exposé ad hoc).

En application des principes généraux de simplicité, on recherche systématiquement à minimiser le nombre de phases des cycles de feux, à limiter les temps d'attente et à concevoir la géométrie pour limiter le nombre de lignes de feux. S'il est envisageable de laisser circuler en même temps que le THNS des mouvements compatibles avec celui-ci, on cherche avant tout à minimiser le temps d'ouverture des lignes de feux THNS, en particulier par la fermeture sur détection de passage en sortie, pour conserver le plus de temps utile possible pour les autres usagers.

Les carrefours à sens giratoires

La France compte beaucoup de carrefours (à sens) giratoires géré en priorité à l'anneau, et la question de leur traversée par les THNS est rendue complexe par le fait que, par définition pour ce type de carrefour :

- tous les véhicules entrants contournent l'îlot central par la droite,
- aucun usager entrant ne conserve de priorité.

Le premier point n'est généralement pas possible pour les tramways, et posent des problèmes de confort, voire de sécurité, pour les bus, alors que le second est contradictoire avec le principe de forte priorité dévolue au THNS. Ceci a conduit à envisager un franchissement radial du carrefour par le THNS, qui est la règle générale pour le tramway, et à la mise en place de signalisation spécifique pour imposer l'arrêt des autres usagers au passage des tramways. Pour ceci, des préconisations assez détaillées ont été élaborées concernant la conception géométrique et la signalisation associée, qu'il s'agit maintenant d'étendre aux cas des véhicules de TC routiers (BHNS).

Il est à noter que cette configuration se révèle statistiquement plus accidentogène que les carrefours classiques en présence de tramway sur les réseaux actuels.

Les traversées piétonnes isolées

Dans tous les projet comme sur les réseaux existants, une attention particulière est apportée à la sécurisation des traversées piétonnes et à la prise en compte des personnes à mobilité réduite, en particulier celles des aveugles et mal-voyants. Cela renvoie aux questions de :

- l'identification des sites propres et des traversées,
- de gestion dynamique éventuelle des traversées.

En amont des problèmes matériels (marquage ou non des traversées, dispositifs physiques d'alerte, répétition sonore des signaux visuels, etc.) se posent des questions d'ordre réglementaire sur le statut des sites propres pour les THNS routiers (leur caractère ouvert à la circulation publique ou non n'étant pas formellement défini dans le code de la route actuel). Une révision de celui-ci est par ailleurs envisagée concernant la question des traversées piétonnes des voies routières en général.

Les intersections avec les voies ferrées (cas des systèmes ferroviaires légers)

En France, la création de nouveaux passages à niveau est réglementairement interdite et on travaille au contraire plutôt à la suppression des plus dangereux parmi ceux qui existent (15000); cependant, l'application systématique de cette règle dans le cas des projets de tram-trains ne serait pas compatible avec leur équilibre financier. De plus le milieu traversé (par définition urbain ou péri-urbain dans le cas des SFL) et les fréquences de circulation conduisent à soigner l'aménagement et à imaginer de nouveaux modes de gestion de ces PN pour limiter la gêne aux usagers et les effets de coupure urbaine, en préservant des vitesses commerciales suffisantes par rapport au niveau de service visé.

Les principes en cours d'élaboration à l'occasion de projets en cours visent à améliorer la perception de ces points singuliers par les usagers routiers, à modérer leur vitesse et à minimiser les temps d'attente en optimisant les temps de fermeture des PN.

Éléments bibliographiques

- Guides d'aménagement de voirie pour les transports collectifs (CERTU – 2000)
- Bus à Haut niveau de service, concept et recommandations (CERTU – 2005)
- Matérialisation du Gabarit Limite d'Obstacle des transports guidés urbains - état des lieux et analyse des pratiques (CERTU – 2006)
- Giratoires et tramways (CERTU/STRMTG – 2007)
- Carrefours à feux à îlot central (CERTU – 2008)
- *Partage de la voirie / Profils en travers* (CERTU – à paraître début 2009)
- Systèmes ferroviaires légers, intersections avec les voies routières : tome I terminologie, réglementation (CERTU- à paraître début 2009)

Sites internet :

www.certu.fr

www.strmtg.equipement.gouv.fr