

## COMPTE-RENDU DE MISSION EN ALLEMAGNE

### **KARLSRUHE (ville et périphérie) 11-13 Juin 2003**

---

*Rédacteur : Claude Soulas, INRETS-LTN*

L'objectif principal de la mission était une réunion du projet BAHN.VILLE réalisé dans le cadre de la coopération franco-allemande DEUFRAKO transports urbains. Trois autres objectifs sont venus se greffer :

- réunion à l'Université de Karlsruhe, Institut des transports routiers et ferroviaires, notamment dans le contexte d'un dossier préparatoire pour un éventuel futur projet européen « Towards FUTURE Guided Systems ».
- visite de certains tronçons du réseau tram-train, avec une attention particulière portée aux aspects pôles d'échange, dans le contexte des échanges avec INRETS-Traces, le CODRA et autres partenaires, afin de fournir quelques éléments complémentaires pour la réalisation d'un ouvrage commandé par le CERTU (en marge des nombreuses informations déjà disponibles pour des cas français) ;
- un entretien avec un représentant du bureau d'études TTK « Transport Technologie-Consult Karlsruhe», à propos du réseau thématique LiberRTiN « Light Rail Thematic Network », et à propos de l'aspect pôles d'échanges.

L'objet du présent papier n'est pas de faire le compte-rendu de la réunion BAHN.VILLE qui est effectué par ailleurs dans le cadre de l'organisation du projet, mais est de donner des éléments d'information sur les autres aspects, et de compléter certaines connaissances sur le tram-train de Karlsruhe : depuis une dizaine d'années on trouve des informations intéressantes dans la littérature, mais le réseau est à la fois complexe et en évolution continue, d'où le besoin de certaines précisions. Je signalerai ici uniquement qu'en marge de la réunion BAHN.VILLE, le responsable du service urbanisme de la ville de Karlsruhe est venu présenter le projet « Citypark » concernant une zone d'urbanisation nouvelle dans un secteur central ; et je rapporterai deux de ses propos qui sont significatifs de tendances observées à Karlsruhe :

- à Karlsruhe la priorité est de lier fortement urbanisme et transport ferroviaire. Dans les secteurs où il n'y a pas de ferroviaire eh bien tout simplement on crée du ferroviaire !
- si je me réfère à mon cas personnel, pour venir au travail j'utilise la combinaison vélo plus transport ferroviaire, pour la seule raison que la voiture ne peut pas rivaliser en terme de temps de parcours.

### **1) Aspects généraux du réseau tram-train de Karlsruhe**

Le tram-train de Karlsruhe s'est fait connaître en 1992 par l'ouverture du tronçon Karlsruhe-Bretten qui a connu un succès éclatant. L'augmentation de la fréquentation de la desserte ferroviaire a été très importante, du fait de la mise en œuvre simultanée de plusieurs facteurs d'amélioration de l'offre : suppression de la correspondance grâce à l'interconnexion, amélioration du cadencement, création de quelques arrêts

supplémentaires, nouveau matériel. En Allemagne, les publications spécialisées ont souvent fait état d'une augmentation de fréquentation de 400%, puis de 600% au bout d'une certaine durée, ceci en partant d'un trafic initial qui n'était pas négligeable puisqu'il dépassait les 2000 voyageurs par jour. Mais au-delà de ce chiffre précis qui est une manière de présenter les résultats pour frapper l'opinion (et qui pourrait d'ailleurs maintenant dépasser les 800 % avec les évolutions récentes de fréquentation sur ce tronçon comparées à la fréquentation d'avant l'interconnexion), il est intéressant de retenir deux choses :

- la démonstration de l'impact d'une amélioration significative de l'offre ;
- la réalisation d'un transfert modal de la voiture particulière vers le transport collectif pour une desserte périurbaine (40% des nouveaux voyages effectués proviennent directement de la voiture, sans parler des voyages dus à une augmentation de mobilité qui aurait pu se reporter vers la voiture particulière si la politique des transports avait été autre).

Depuis l'ouverture du premier tronçon en 1992, le réseau de tram-train s'est progressivement étendu, et va continuer à s'étendre. On parle aujourd'hui d'un réseau de l'ordre de 400 km, voire 500km, sans compter les lignes de tramway urbain, ni les dessertes ferroviaires régionales " classiques ". Cet ordre de grandeur est une bonne indication, à condition d'avoir conscience qu'il regroupe des réalités différentes selon les lignes, où le tram-train est assimilé à du S-Bahn. Il y a en effet une difficulté de terminologie. Alors que le concept est né en Allemagne, en l'occurrence à Karlsruhe, contrairement à la France où l'on parle toujours de tramway d'interconnexion ou de son quasi-synonyme tram-train, dans ce pays il n'y a pas de terme précis, mais des dénominations différentes selon le contexte : on parle de véhicule bi-système, de modèle de Karlsruhe, de Stadtbahn (tramway/métro léger) bi-système, ou encore de S-Bahn sur le plan de réseau dans le cas particulier de Karlsruhe. A tel point que le terme *tram-train* jusqu'à présent utilisé uniquement en français et en anglais est apparu récemment dans le titre d'un document allemand publié par l'exploitant AVG. Sur le plan du réseau on trouve ainsi les lignes S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S9 ; ces lignes sont en majorité équipées de matériel d'interconnexion bicourant pouvant cohabiter avec des trains voyageurs grandes lignes ou régionaux et des trains de marchandises, certaines comme S1 et S2 ne sont pas bicourants mais peuvent néanmoins être considérées comme du tram-train par extension, dans la mesure où les véhicules circulent à la fois sur des voies de tramway urbain dans le centre, et sur des voies ferroviaires dans le périurbain. La ligne S3 représente un autre cas particulier : actuellement elle s'arrête à la gare centrale mais il est prévu de la prolonger dans la ville de Karlsruhe. En tout cas, on peut aussi se rendre compte de l'importance du réseau tram-train de Karlsruhe en considérant que la ligne S4 la plus longue (obtenue par le prolongement dans les deux directions du premier tronçon Karlsruhe-Bretten ouvert en 1992), fait maintenant plus de 100 km sans compter la branche S41 :

- au Sud, elle a été prolongée jusque Baden-Baden ;
- au Nord, elle a été prolongée jusqu'à Heilbronn, où le matériel d'interconnexion sert d'ailleurs à réaliser dans ce secteur une desserte de tramway urbain qui n'existait pas jusqu'alors ;
- en 2002, une antenne a été ouverte dans la vallée Murgtalbahn, qui est intitulée S41.

## **2) Quelques aspects liés à l'exploitation**

### 1°) Le temps de parcours

La grande longueur des lignes (notamment la ligne S4 déjà évoquée) fait que la principale faiblesse du tram-train très performant à de nombreux égards pourrait être le temps de parcours, même si personne ne fait l'intégralité de la ligne de bout en bout. Plusieurs choses permettent de remédier à cette difficulté toute relative (découlant du fait que le tram-train permet une desserte du territoire plus fine que le ferroviaire classique) :

a) une vitesse maximale relativement élevée : elle est de 90 km/h sur la première génération et 100 km/h sur la nouvelle génération. Sauf sur les inter-stations très rapprochées, on peut constater que de telles vitesses de 90 ou 95 km/h voire 100 km/h sont effectivement pratiquées en exploitation normale, et qu'il n'est pas question de ralentir pour franchir les passages à niveau ;

b) des capacités élevées d'accélération/freinage, comme sur un tramway urbain ;

c) dans les zones périurbaines, tous les arrêts peu fréquentés sont à la demande. Mais j'ai pu constater que dans la réalité, le véhicule s'arrête bien deux fois sur trois à ces arrêts, et que par ailleurs, la consigne d'exploitation est de ralentir à ces arrêts, avant de savoir s'il faudra s'arrêter ou non.

d) L'existence sur les mêmes lignes de service semi-directs qui ne s'arrêtent pas à certaines stations, mais desservent la majorité des stations.

Ainsi par exemple, pour desservir Heilbronn-Harmonie/Karlsruhe avec 54 stations, un omnibus met 1 h 51, alors que le semi-direct avec 29 stations desservies met 1 h 31. Il s'agit là d'un exemple sachant que selon les jours de la semaine et les heures, le nombre d'arrêts desservis par les semi-directs et le temps de parcours peuvent varier sensiblement.

e) L'existence parfois de services régionaux directs, cette fois avec des matériels différents du tram-train, qui viennent compléter l'offre tram-train pour des dessertes point à point. Ainsi, par exemple, sur la ligne S5, le trajet Pforzheim-Karlsruhe gare est effectué en 23 mn pour un service direct qui dessert 2 stations intermédiaires, alors que le tram-train omnibus met 43 mn pour le trajet Pforzheim-Karlsruhe avec 22 stations intermédiaires. Mais contrairement au tram-train, ces services directs nécessitent une rupture de charge pour toutes les destinations qui ne sont pas à proximité de la gare.

### 2°) Régularité

L'impression d'ensemble est que la régularité et le respect des horaires sont relativement bons sur le réseau de Karlsruhe malgré le fait que les temps de régulation

soient faibles pour des lignes aussi longues, malgré la cohabitation avec les tramways urbains dans le centre (avec un tronçon très chargé dans la Kaiserstrasse), malgré l'existence de tronçons à voie unique dans certaines zones des dessertes périurbaines. Lors du trajet Heilbronn-Karlsruhe (branche nord de S4/S41) j'ai pu observer un changement de conducteur effectué de manière très rapide (moins de une minute) à Heilbronn Bahnhof, sachant que le temps de régulation de 4mn prévu dans l'horaire n'est pas effectué à cette station trop proche du terminus Heilbronn Harmonie, mais plus loin à Eppingen Bahnhof.

### 3°) Accouplement automatique des rames

Bien qu'il s'agisse d'un matériel à relativement large gabarit (2,65 m), les véhicules bi-articulés ont une longueur assez conséquente (37 m) et sont très souvent couplés en rame double, même pour des dessertes périurbaines à des heures creuses, malgré le cadencement. J'ai ainsi pu constater que le matériel partant à 10 h 23 pour Heilbronn (S4/S41) un jour de semaine est une rame double.

Le samedi matin au retour, je suis parti à 9 h de la gare de Karlsruhe en tram-train vers Baden-Baden, où j'ai pu ensuite récupérer le train de Strasbourg. Il s'agissait là (sur la branche Sud de la ligne S4) d'un véhicule de 37 m non couplé, mais j'ai pu assister à la station suivante « Karlsruhe Albtalbahnhof » à un accouplement automatique pour former une rame double de 74 m. J'ai pu avoir une discussion avec le conducteur qui m'a expliqué :

- pour l'instant, la capacité d'un véhicule simple est encore suffisante, mais tout à l'heure dans l'autre sens, de Baden-Baden à Karlsruhe, il y aura besoin d'une très grande capacité car les gens commenceront à prendre le tram-train pour faire leurs courses ;

- l'accouplement automatique n'est utilisé sur cette ligne S4 que pour faire varier la capacité, mais sur la ligne S3/S31, il est utilisé pour faire un scindage ou regroupement automatique des rames, afin de desservir les deux antennes.

### 3°) Cohabitation avec les trains lourds

Lors d'un parcours en soirée sur la branche nord de S5 Karlsruhe-Pforzheim, sur le trajet aller j'ai pu constater le croisement avec deux trains de marchandises et un train grandes lignes Intercity. Lors du trajet Karlsruhe-Baden-Baden cité précédemment j'ai pu constater le croisement avec un train de marchandises et un ICE.

### 4°) Aspects économiques

Ce point important n'a pas fait l'objet d'une investigation particulière dans le cadre du présent déplacement mais une impression d'ensemble peut être rapportée. Le bilan économique du tram-train semble bon, sans qu'il soit possible de donner des chiffres très précis, à la fois car le mode de calcul du ratio R/D n'est pas le même qu'en

France, et car les exploitants ne sont pas forcément enclins à publier des chiffres très détaillés. Ainsi le ratio R/D serait de l'ordre de 80% pour l'ensemble du réseau de Karlsruhe, si on cherchait à isoler le ratio du seul tram-train (avec les limites d'un tel exercice) il pourrait apparaître bien supérieur, voire peut-être au delà de 100%. Il convient de garder présent à l'esprit qu'en Allemagne pour le calcul des ratios R/D les compensations financières pour les tarifs sociaux sont comptabilisées dans les recettes, ce qui en première approche paraît plus cohérent, dans la mesure où l'on peut considérer qu'il s'agit d'une rémunération pour un service rendu. Ce point pourrait mériter une investigation plus poussée, mais nous retiendrons ici seulement que plusieurs aspects vont dans le bon sens au plan économique :

- la bonne fréquentation ;
- la rotation des véhicules et des conducteurs qui est favorisée par les bonnes performances du système et pas ralentie par des difficultés de circulation ;
- une souplesse d'adaptation des conducteurs, qui acceptent notamment de faire des heures supplémentaires afin de faciliter la réalisation des roulements (qui pourraient devenir compliqués dans un réseau aussi complexe).

### **3) Intermodalité et pôles d'échange**

Suivant le point de vue selon lequel on se place on peut dire que le réseau de Karlsruhe est intéressant pour ses pôles d'échange, ou bien pour la stratégie des non-pôles d'échanges en association avec une non intermodalité, ou bien encore pour la dissémination d'un très grand nombre de mini-pôles d'échange associés à un très vaste réseau de transport ferroviaire périurbain.

D'une certaine manière l'interconnexion peut en effet être considérée à double titre comme une « non-intermodalité » :

- elle supprime le besoin d'intermodalité entre le réseau urbain et le réseau périurbain ;
- jusqu'à un certain point elle supprime le besoin d'intermodalité entre TC et VP. Une stratégie parfois présentée par les promoteurs du tram-train (notamment lors d'une présentation en marge de la réunion DEUFRAKO de mars 1996) est la suivante : si on a un peu d'argent, plutôt que de l'utiliser pour faire un parc relais au terminus de la ligne, il est plus rentable d'utiliser cet argent pour prolonger la ligne (ou la desserte) de quelques kilomètres pour aller chercher d'autres gens directement là où ils habitent.

En fait dans le réseau de Karlsruhe on constate les trois intermodalités suivantes, qui se traduisent par trois composantes dans les nombreux mini-pôles d'échanges associés au tram-train :

#### **1°) les autobus ou cars périurbains**

Un important réseau d'autobus périurbains permet d'assurer une intermodalité à un certain nombre de stations, qui sont bien repérées sur le plan de réseau par le signe BUS. J'ai pu constater que ces arrêts de bus sont à la fois bien aménagés et bien situés par rapport à la sortie de la station, en minimisant la distance à pied et donc le temps de correspondance. Cette règle de base se traduit par des aménagements variables

selon les cas, en fonction de l'importance de la station de correspondance ou du pôle d'échange et en fonction du fait qu'il s'agisse ou non de terminus pour les bus :

- souvent il n'y a qu'une seule ligne de bus en correspondance et donc un seul quai ;
- parfois il y a plusieurs quais perpendiculaires ou obliques par rapport à la voie ferrée (voir figure 5) ;
- pour les pôles d'échanges les plus importants (par exemple gare de Heilbronn, gare de Karlsruhe) il y a des quais parallèles aux quais du tram-train, à proximité immédiate, où plusieurs bus peuvent stationner l'un derrière l'autre pour des correspondances soit véritablement quai à quai, soit avec traversée à pied des voies bus ou tram-train (voir figures 2 et 12).

## 2°) les vélos

Dans le réseau de Karlsruhe (comme dans d'autres en Allemagne ou ailleurs) il s'agit du mode de rabattement par excellence, et j'ai pu constater qu'il a été très bien pris en compte par les aménageurs :

- de même que pour les bus une attention particulière a été portée à l'installation des parkings vélos aussi proches que possible des voies ferroviaires ;
- le dimensionnement en capacité n'est pas trop restreint : souvent il y a bien plus de places de stationnement vélo que de places de stationnement voiture
- au plan qualitatif on distingue trois niveaux :

a) les box ou consignes vélos qui constituent l'équipement haut de gamme. Ils sont présents en nombre limité (voir figures 3 et 9) ;

b) le stationnement standard abrité sous auvent, généralement avec des éléments de fixation (voir figure 4) ;

c) le stationnement à l'air libre est rare, mais peut ponctuellement venir compléter les équipements précédents si ceux ci sont saturés (voir figure 3).

## 3°) l'automobile et les mini parcs relais

Selon les indications que l'on m'a données à TTK, il existe un seul parc relais de capacité relativement importante, en l'occurrence celui de Wörth Bahnhof, vers l'extrémité ouest (mais quelques stations avant le terminus) de la ligne S5. Il est réalisé sur trois niveaux et comporte environ 250 places (voir figures 7 et 8). Bien que l'espace le plus proche de la sortie de la gare soit réservé pour le stationnement des bus, il est bien positionné par rapport aux voies dans la mesure où il dispose d'une passerelle d'accès spécifique (voir figure 7). Au rez-de-chaussée il y a quelques box pour deux roues (voir figure 9).

Tous les autres parcs relais bien indiqués P+R sur les plans de réseau sont en fait des mini parc relais ne dépassant pas les 20 à 30 places, voire moins (on m'a cité le P+R de Remchingen connu pour n'avoir que 10 places).

Lors des trajets que j'ai effectués sur le réseau de tram-train, plus particulièrement sur les lignes S4 et S5 que j'ai pu parcourir dans leur quasi-intégralité, j'ai pu constater que ces mini parcs relais, bien que de capacité réduite, n'étaient occupés que très partiellement ; souvent plus de la moitié des places étaient disponibles, alors qu'il s'agissait d'un jour de semaine. En fait la discussion chez TTK m'a appris que lors de ma visite (entre le 11 et le 13 juin) les vacances scolaires de la pentecôte n'étaient pas terminées. Pendant les périodes scolaires les taux d'occupation sont bien plus

importants, et selon TTK il y a des phénomènes de saturation qui montrent que certains mini-parcs relais pourraient très bien être agrandis pour augmenter la clientèle P+R, mais les collectivités locales n'ont pas forcément envie de dépenser plus d'argent pour cela (et/ou il y a des problèmes d'espace).

#### **4) Echanges avec l'Université de Karlsruhe et TTK**

a) Dossier préparatoire à un futur projet intégré européen "towards FUTURE guided systems".

Depuis des échanges qui avaient eu lieu lors de la journée du 30 avril à Bruxelles "Railway Research Information Day", l'Université de Karlsruhe / Institut pour les transports routiers et ferroviaires / département ferroviaire (dont le Directeur est le professeur Honecker) a coordonné la préparation d'un projet qui devait être déposé le 10 juin. Il s'agit d'une pré-étude de 8 mois qui devrait servir à mieux définir les objectifs d'un éventuel futur projet intégré, concernant les innovations en matière de transports guidés à l'horizon 2030. Comme il s'agit de s'intéresser aux transports guidés au sens large et pas seulement aux transports ferroviaires, le premier dossier proposé par les Allemands inclue aussi les compatibilités entre ferroviaire classique et sustentation magnétique, et à notre demande il peut s'élargir aux transports guidés sur pneu pour lesquels actuellement c'est surtout la France qui est en pointe.

Au départ la liste des participants potentiels comprend neuf pays européens différents, avec une forte représentation des pays germaniques et nordiques. Le pré-dossier a été préparé dans un délai très court, et pour la France mon nom a été rajouté à la dernière minute sur proposition d'un partenaire allemand (d'où mon souhait de profiter de ce déplacement pour avoir un contact direct avec l'université de Karlsruhe), mais si le projet débouche ils sont ouverts à rajouter des partenaires industriels français si ceux-ci le souhaitent.

Je suis à la disposition de ceux qui souhaiteraient en savoir plus sur ce dossier pas encore très précis, mais on devrait savoir à partir de fin juillet si la pré-étude proposée a ou non été retenue par Bruxelles.

En dehors de ce dossier préparatoire à un éventuel projet européen, qui inclue beaucoup d'aspects généralistes, la discussion a porté sur d'autres points techniques comme la réduction du bruit ferroviaire, pour lesquels mes interlocuteurs ont acquis une expérience dans le cadre de programmes financés par le BMBF, ministère fédéral allemand de la recherche ; ils pourraient maintenant être intéressés pour travailler dans le cadre du programme franco-allemand DEUFRAKO, pour lequel ils m'ont demandé des renseignements.

J'ai obtenu des renseignements sur les travaux qu'ils ont effectué sur le procédé innovant de pose de voie EDILON/INFUNDO, qui inclut notamment des matériaux à base de liège. Depuis quelque temps ce procédé commence à être utilisé par quelques tramways classiques sur fer, par ailleurs il a également été retenu pour la pose du rail de guidage du tramway sur pneu Translohr où il offre d'autres avantages que la réduction du bruit, moyennement un coût relativement élevé.

Les mesures effectuées sur des voies ferroviaires par l'Université de Karlsruhe montrent que le procédé EDILON permet une réduction du bruit par rapport à une

pose classique, ceci dans toutes les plages de fréquence sauf une plage autour de 500Hz. Ils effectuent donc des travaux pour mieux comprendre les phénomènes et si possible chercher à améliorer les résultats dans la plage autour des 500Hz, même si les résultats obtenus dans toutes les autres plages de fréquence sont déjà appréciables.

b) Réseau thématique européen LiberRTiN « Light Rail Thematic Network »

A titre de rappel : l'objectif de Libertin est d'étudier les possibilités d'harmonisation des cahiers des charges des tramways au niveau européen, afin entre autre de baisser les coûts. Le groupe est constitué de plusieurs organismes et consultants, le pilote est TTK de Karlsruhe, ils ont cherché à s'entourer d'un réseau d'experts extérieurs qui sont sollicités soit pour simplement donner des avis sur les documents établis sans se déplacer, soit participer à certaines réunions.

Les discussions avec TTK ont permis de préciser dans quelles mesures des interlocuteurs de l'INRETS et du CERTU pourront être experts vis à vis de certains items comme « loading parameters » ou « disabled people » (à la dernière réunion LiberRTiN des 10 et 11 juin à Amsterdam un seul représentant de l'INRETS était présent, pour l'item "derailment and ride quality").

c) Autres échanges avec TTK

La discussion a permis d'aborder certains aspects du réseau tram-train de Karlsruhe et les pôles d'échanges : quelques éléments ponctuels ont été inclus dans les paragraphes 1 et 2 précédents, afin de préciser des observations faites pendant la visite et de prendre en compte des évolutions prévues.

**5) ANNEXE** : ci-après seize photos illustrant des aspects intermodalité et pôles d'échange

Figure 1. Petite station de tram-train à « Leingarten Mitte » avec quatre places de stationnement voiture. A noter que cette même localité de Leingarten est desservie par trois autres arrêts : Ost, Bahnhof et West



Figure 2. Intermodalité tram-train/bus en gare de Heilbronn , avec quais parallèles.



Figure 3. Un des rares exemples de stationnement de vélos sans abri couvert.



Figure 4. Exemple de stationnement de vélos sous abri couvert, à proximité immédiate des voies du tram-train. Au fond en bleu derrière l'abri : box (ou consignes) à vélos.



Figure 5. Intermodalité tram-train / bus à la gare de Bretten : plusieurs quais parallèles à proximité immédiate des voies de tram-train (on voit un bus au fond derrière l'arbre).



Figure 6. En gare de Pforzheim : intermodalité tram-train / bus, et taxis.



Figure 7 . Exemple unique de parc relais de taille conséquente associé au réseau de Karlsruhe : en gare de WÖRTH. Vue de la passerelle d'accès direct aux voies.



Figure 8. Autre vue du parc relais à étages de WÖRTH, cette fois du côté de l'accès routier.



Figure 9. Encore le parc relais de WÖRTH : vue de l'intérieur avec box à deux-roues.



Figure 10. Encore en gare de WÖRTH : inter modalité tram-train / bus, à proximité des voies.



Figure 11. Entrée de la gare de WÖRTH côté accès routier, inter modalité tram-train/bus à droite.



Figure 12. Correspondances tram-train/bus à la gare de Karlsruhe, avec quais parallèles et dédoublement des voies tramway et tram-train.



Figure 13. L'un des parcs à vélos de la gare de Karlsruhe, côté tram-train.



Figure 14. Autre parc à vélos de la gare de Karlsruhe, côté bus (bus rouges visibles derrière).



Figure 15. intermodalité tram-train/bus à la gare de Baden Baden, avec plusieurs arrêts de bus l'un derrière l'autre dans le même alignement.



Figure 16. Autre vue de l'intermodalité tram-train/bus en gare de Baden Baden, montrant la proximité du bâtiment gare à droite.

