

KARLSRUHE

LA PLACE DU TRAMWAY DANS LES DESSERTES RÉGIONALES

UN EXEMPLE À SUIVRE



Georges MULLER,

né en 1942 à Strasbourg; Ingénieur de l'Ecole Polytechnique de Zurich, a consacré sa carrière à la traction électrique dans les transports urbains, tramways, trolleybus, crémaillères, d'abord en Suisse, puis à Lyon, Lille et Grenoble. Expert auprès de nombreux projets de tramways aux États-Unis, en Amérique du Sud. Responsable depuis 1990 des Études et de la construction du Tramway à la Compagnie des Transports Strasbourgeois.

2059

Historique

Karlsruhe est la deuxième ville de l'État de Bade-Wurtemberg. Fondée au 18^e siècle seulement, gravement bombardée durant la dernière guerre mondiale, Karlsruhe est aujourd'hui une dynamique et élégante cité rhénane dont les activités sont les plus diverses : important trafic portuaire sur le Rhin, industrie chimique, du pneumatique (usines Michelin) ; mais le secteur tertiaire et les activités commerciales ont pris, depuis les années soixante, une place prépondérante. Karlsruhe est le siège de la Haute Cour Fédérale de Justice.

La ville est irriguée par un très important réseau urbain et suburbain de tramways qui, non seulement n'a pratiquement jamais subi d'amputation, mais connaît, depuis les années cinquante, une expansion continue qui place désormais le réseau ferré parmi les plus importants d'Europe.

La ville compte un peu moins de 300 000 habitants, mais le district (Bezirk) dépasse largement le demi-

million. Les tramways et autobus urbains (VBK)⁽¹⁾ sont exploités séparément des tramways suburbains et intercommunaux (AVG)⁽²⁾.

Les premiers tramways urbains à traction hippomobile et à voie normale circulèrent à Karlsruhe le 21 janvier 1877. Quatre années plus tard cependant, le 16 juillet 1881, c'est la traction mécanique par locomotives à vapeur qui est retenue pour assurer la traction des trains sur la première ligne extra-muros en direction de Durlach, construite au pied des contreforts de la Forêt-Noire accessibles, depuis 1888, par un funiculaire conduisant à une tour d'observation (Turmberg).

En 1894, la Société AEG de Berlin rachète les actions des lignes de tramways à chevaux et à vapeur, et propose à la Ville de Karlsruhe l'électrification des lignes existantes et la construction de lignes nouvelles.

(1) VBK : Verkehrsbetriebe Karlsruhe (Transports publics de Karlsruhe).

(2) AVG : Albtalbahnhof Verkehrs Gesellschaft (Société de chemin de fer de la vallée de l'Alb).

La traction électrique débute le 10 février 1900, et en 1917 la ville est desservie par sept lignes urbaines.

Après la Première Guerre mondiale, le réseau étend progressivement ses ramifications vers les communes avoisinantes, Rüppurr (1920), Knielingen (1926), Daxlanden (1928), Rappenwört et Aërodrome (1929), Rintheim (1929).

Le 6 octobre 1890, une société privée, la *Karlsruher Lokalbahn*, met en service une longue ligne transversale à voie métrique de 31 km, qui relie Durmersheim, sud-ouest de l'agglomération, à Spöck, localité située au nord-est.

Ce réseau souffre, en raison de son écartement métrique, de l'impossibilité d'avoir la moindre interconnexion physique avec le réseau urbain, ainsi que de la proximité de la ligne d'intérêt général Mannheim - Karlsruhe - Bâle de la Deutsche Reichsbahn. La branche nord de Spöck est ainsi supprimée le 31 décembre 1921, tandis que la branche sud vers Durmersheim électrifiée en 600 V par étapes, de 1919 à 1930 est progressivement raccourcie à partir de 1936 pour disparaître définitivement en 1955.



Fig. 1. - Les premiers tramways urbains à traction hippomobile et à voie normale circulèrent à Karlsruhe le 21 janvier 1877...

À partir du 1^{er} décembre 1897, un troisième réseau, également à voie métrique, construit par la Westdeutsche Eisenbahn-Gesellschaft et rétrocédé à la Badische Local-Eisenbahn A.G. (BLEAG), commence à lancer progressivement sa trame, à voie unique, vers le sud, dans la vallée de l'Alb pénétrant dans la Forêt Noire.

Ce réseau, appelé communément Albthalbahn (Chemin de fer de la vallée de l'Alb) atteint Ettlingen, ancienne résidence de la margrave de Bade, Augusta Sybilla, en 1897 ; puis Busenbach, Frauenalb et Herrenalb (26,5 km), station thermique réputée, en 1898. Une antenne est également construite et mise en service de Busenbach à Pforzheim de 1899 à 1901.

Très tôt, la forte fréquence et la charge des trains de voyageurs, ainsi que le profil accidenté des lignes, imposent l'électrification de ce réseau. La section Karlsruhe - Ettlingen (8 km) est électrifiée en 600 V, la première, le 1^{er} décembre 1898, ce qui permet de donner satisfaction à la Ville de Karlsruhe qui désire voir disparaître les locomotives à vapeur de ses rues.

Afin de diminuer les chutes de tension en ligne et réduire le nombre

des sous-stations au minimum, la BLEAG décide, en 1908, de confier à l'AEG l'électrification de l'Albtalbahn et de son antenne vers Ittersbach et Pforzheim, en courant monophasé 8 800 V 25 Hz, ce qui est une première en Europe pour ce genre d'exploitation.

L'électrification en monophasé, reprise à partir de Karlsruhe, est réalisée de 1910 à 1911. Cette même année, la section Brötzingen - Pforzheim est revendue à la Ville de Pforzheim.

La section Ittersbach - Brötzingen est désélectrifiée en 1918, puis modernisée et incorporée aux Tramways de Pforzheim qui la réélectrifient en courant continu 1 200 V le 24 mai 1931 (Panoramabahn) et l'exploitent sous cette forme jusqu'au 11 juillet 1968.

Entre Karlsruhe et Bad Herrenalb (26,5 km) et sur la branche Busenbach - Ittersbach (12,6 km), la traction des trains de voyageurs est assurée par quatre locomotives électriques à bogies, type « boîte à sel » et

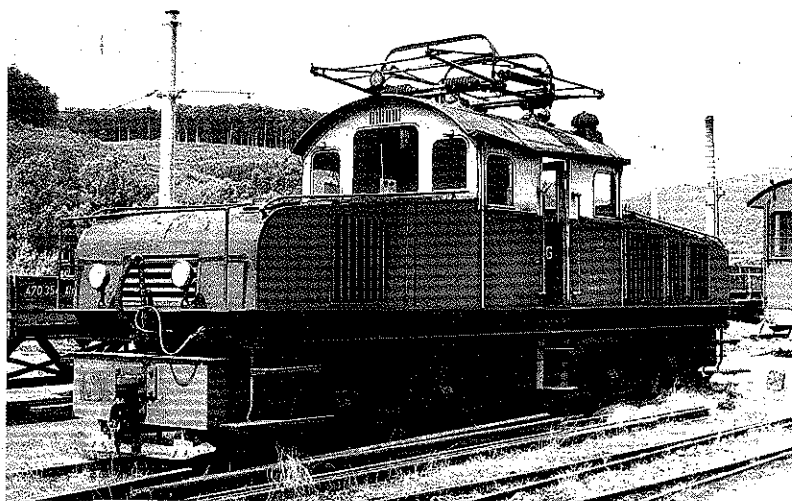


Fig. 2. - Quatre locomotives à bogies, type « boîte à sel »...

(Photo S. Zalkind)

huit automotrices à bogies, toutes fournies par *Herbrand* et *AEG*, remorquant des voitures à bogies, au nombre de 66 en 1935, pour les voyageurs, auxquelles s'ajoutent 7 fourgons postaux et 178 wagons de types divers.

En 1932, la BLEAG est mise en liquidation, et les deux lignes de l'Albtalbahn sont reprises par la Deutsche Eisenbahn-Betriebsgesellschaft AG (DEBG), société berlinoise exploitant, depuis 1898, de nombreux réseaux d'intérêt local dans le Pays de Bade, et même en Alsace (Rosheim - Saint-Nabor, Ottrott - Obernai - Erstein).

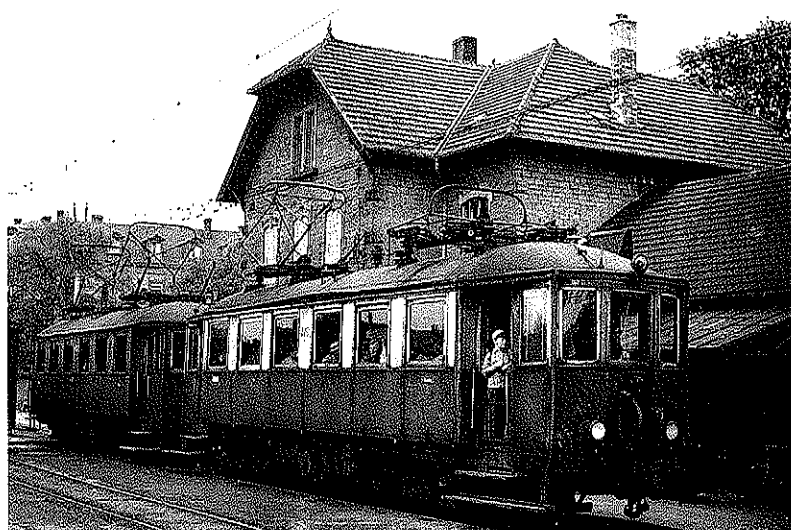
Les tramways de Karlsruhe après 1945

La ville de Karlsruhe a fait l'objet de plusieurs bombardements alliés qui ont très gravement endommagés le centre-ville et ses faubourgs ainsi que les installations du réseau de tramways.

Dès 1950, après remise en état des lignes, il est décidé de conserver intégralement le réseau de tramways urbains, et de moderniser celui-ci afin de le faire participer efficacement au développement de l'agglomération. Les premières extensions de

ligne se succèdent alors, principalement vers la Neureuterstrasse (1953) et Waldstadt Jaegerhaus (1960-1963). Cette dernière extension est citée en exemple, en raison de la mise en service progressive d'une nouvelle section de ligne (3 km) qui devance l'arrivée des habitants dans les maisons construites au milieu des bois.

Les 10 lignes existantes sont mises partout à double voie et leur tracé réaligné afin de garantir aux tramways une circulation rapide indépendante de la circulation générale.



(Photo R. Todt Tous droits réservés)

Fig. 3. - ... et huit automotrices à bogies assurent la desserte en traction électrique de l'Albtalbahn à voie métrique à partir de 1910.

Le réseau urbain, qui est municipal depuis 1903, prend sa nouvelle dénomination VBK-Verkehrsbetriebe Karlsruhe (Transports Publics de Karlsruhe) et entreprend d'investir massivement dans du matériel roulant moderne à grande capacité. De 1954 à 1958, l'industrie ferroviaire livre 23 grandes motrices à bogies et 10 remorques appareillées ; mais dès 1959 apparaissent les premières rames articulées à 2 caisses sur 3 bogies (190 voyageurs) qui seront livrées à 74 exemplaires, la majorité d'entre elles devant être, par la suite, rallongées à 3 caisses sur 4 bogies portant la capacité d'une telle rame à 250 voyageurs.

Les sous-stations de traction sont modernisées et agrandies, la tension d'alimentation du réseau passant progressivement de 600 V à 750 V.

La modernisation de l'Albtalbahn

Au début des années cinquante, les deux lignes interurbaines de l'Albtalbahn sont dans un état général tel que, la DEBG ne pouvant consentir les investissements nécessaires à la sécurité de l'exploitation, le nouvel État de Bade-Wurtemberg ordonne une expertise offrant quatre perspectives :

- modernisation du réseau à voie métrique, avec maintien de la traction à courant monophasé ;



(Photo S. Zeikind)

Fig. 4. - Tramways urbains de Karlsruhe devant la gare principale au milieu des années 1960.



(Photo G. Müller)

Fig. 5. - Dès la fin des années 1960, le réseau urbain de Karlsruhe s'équipe d'automotrices articulées doubles puis triples. Une rame triple de 1969.

- intégration de la section Karlsruhe-Ettlingen dans le réseau urbain, avec mise à voie normale, transformation de l'essentiel du réseau en lignes de trolleybus avec remorque ;
- reprise du réseau par la Deutsche Bundesbahn (DB) et mise à voie normale ;
- intégration dans le réseau des Tramways de Karlsruhe, mise à voie normale et exploitation par matériel tramway.

Entre-temps, la DEBG essaie, avec les moyens financiers limités

dont elle dispose, d'améliorer les moyens d'exploitation et de traction. La voiture à bogies n° 104 est dotée en 1954 d'une cabine de conduite afin de permettre, avec l'automotrice n° 2 et la voiture 112, la formation de rames réversibles pour éviter les manœuvres aux extrémités de la ligne.

La locomotive n° 4 est modernisée à la même époque par BBC, reçoit quatre moteurs de 115 kW et un nouvel appareillage de graduation 8 800 V-25 Hz/10 000 V-50 Hz, afin

de faire des essais de traction à la fréquence industrielle.

Le Badenwerk, fournisseur de l'énergie électrique en Bade, rachète également, en 1955, l'automotrice à bogies n° 22 (De Dietrich-Siemens, 1914) au tramway badois Müllheim-Badenweiler et la fait transformer, par AEG, en motrice bifréquence 25 Hz/50 Hz, tricotant 1 000 V/8 000 V/10 000 V, qui fera l'objet d'importants essais de redresseurs secs, demeurés célèbres dans l'histoire de la traction électrique.

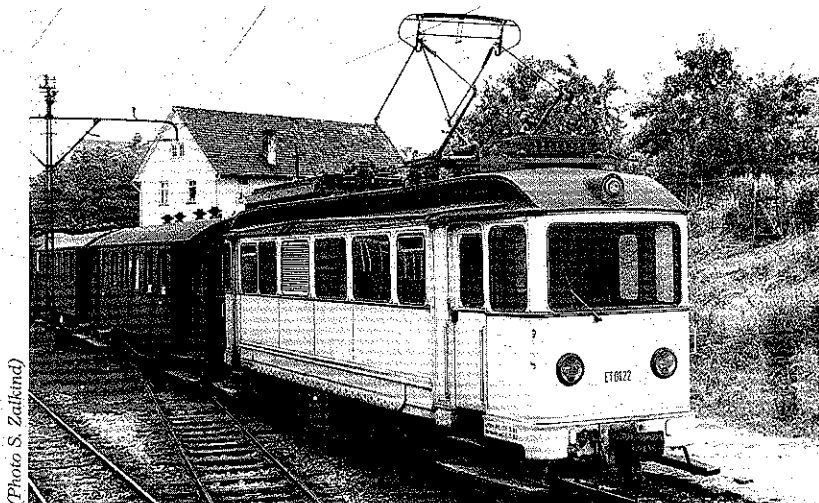
Finalement, sous la pression de la Ville de Karlsruhe, qui souhaite être partie prenante dans l'acheminement des curistes désirant séjourner à Bad Herrenalb, la solution de l'intégration des lignes de l'Albtalbahn aux Tramways de Karlsruhe est retenue.

L'État de Bade-Wurtemberg fait alors usage de son droit, prévu dans la concession de 1898, et rachète l'Albtalbahn à la DEBG. La nouvelle Société *Albtal-Verkehrs-Gesellschaft* (AVG), dont l'actionnaire unique est la Ville de Karlsruhe, est portée sur les fonts baptismaux le 1^{er} avril 1957.

Les travaux de transformation sont estimés à 12,2 millions de Deutsch Mark (DM) (1956), l'État de Bade-Wurtemberg s'engageant à verser une subvention de 500 000 DM et un prêt de 5 millions de DM. Le montant réel de la transformation s'élèvera, en fait, à 20 millions de DM avec une participation financière de l'État de Bade-Wurtemberg, de la Ville de Karlsruhe et des Districts de Karlsruhe et de Calw.

Les travaux débutent le 6 mai 1957 sur la ligne de Herrenalb qui est, provisoirement, exploitée par autobus. La plate-forme est totalement reprise, la voie équipée de rails de 60 kg/m, et la ligne à suspension caténaire entièrement reconstruite avec poteaux en béton centrifugé. Le courant continu d'alimentation est porté à la tension de 750 V.

La reprise de l'exploitation à l'aide de 8 rames à 2 caisses sur 3 bogies et de 7 rames articulées à 3 caisses sur 4 bogies s'opère par étapes successives, à Karlsruhe, à partir du 18 avril 1958, et la ligne de Herrenalb est à nouveau entièrement exploitée par fer à partir du 1^{er} septembre 1961.



(Photo S. Zalkind)

Fig. 6. - Ancienne automotrice à bogies (à bielles) du tramway Müllheim-Badenweiler transformée en automotrice expérimentale tricotant, en service sur l'antenne d'Ittersbach de l'Albtalbahn, encore à voie métrique au début des années 1960.

La ligne d'Ittersbach est remise en service, entre Busenbach et Langensteinbach-Sud le 30 juin 1966, le prolongement jusqu'à Ittersbach intervenant, en raison d'importantes modifications du tracé, le 16 octobre 1975 seulement.

Les trains, formés de deux ou trois rames attelées en unités multiples, n'ont plus leur terminus urbain à l'ancienne gare de Karlsruhe-Abtbalbahnhof, mais font désormais une grande boucle qui les amène, par les voies des tramways urbains, jusqu'au centre de Karlsruhe.

Sur les sections interurbaines, les appareils de voie sont ceux du Chemin de fer fédéral (DB) permettant ainsi l'acheminement direct de wagons de marchandises ou de trains spéciaux occasionnels de la DB, tractés par locomotives diesel jusqu'à Bad Herrenalb. En contrepartie, les rames articulées électriques de l'Albtalbahn sont équipées de bandages et de boudins leur permettant de franchir sans dommage les appareils de voie à gorge des tramways urbains de Karlsruhe.

Le succès du nouveau mode d'exploitation est immédiat et de nouvelles rames doivent être rapidement commandées :

- 3 rames à 2 caisses en 1961 qui sont rallongées à 3 caisses en 1967 ;
- 2 rames à 3 caisses en 1969 ;
- 4 rames à 3 caisses en 1975.

Après transformation des 8 rames à 2 caisses de 1959 en rames à 3 caisses en 1967, l'Albtalbahn (AVG) dispose ainsi, en 1975, de 25 rames unidirectionnelles à 3 caisses sur 4 bogies, couplables en U.M.

Ce parc permet la mise en place d'un graphique particulièrement attractif avec horaire cadencé.

- Karlsruhe-Ettlingen : 30 min en heure creuse, 10 min aux heures de pointe ;
- Karlsruhe-Bad Herrenalb : 60 min en heure creuse, 30 min aux heures de pointe ;
- Busenbach-Ittersbach : 60 min en heure creuse, 30 min aux heures de pointe ;
- Karlsruhe-Busenbach : 30 min en heure creuse, 15 min aux heures de pointe.

La vitesse maximale autorisée est de 60 km/h mais, à partir de 1978,

les dévers des courbes sont systématiquement repris et augmentés de manière à relever la vitesse maximale à 80 km/h sur l'ensemble des deux lignes, ce qui sera effectif lors du renouvellement du parc de matériel roulant qui interviendra dans les années quatre-vingt.

Le trafic annuel des voyageurs a augmenté comme suit (en millions de voyageurs) :

1889 : 1,35	1946 : 6,00
1906 : 2,91	1956 : 6,70
1912 : 3,19	1970 : 6,50

1923 : 2,35	1974 : 6,68
1925 : 4,25	1975 : 6,74
1938 : 3,50	1978 : 7,17

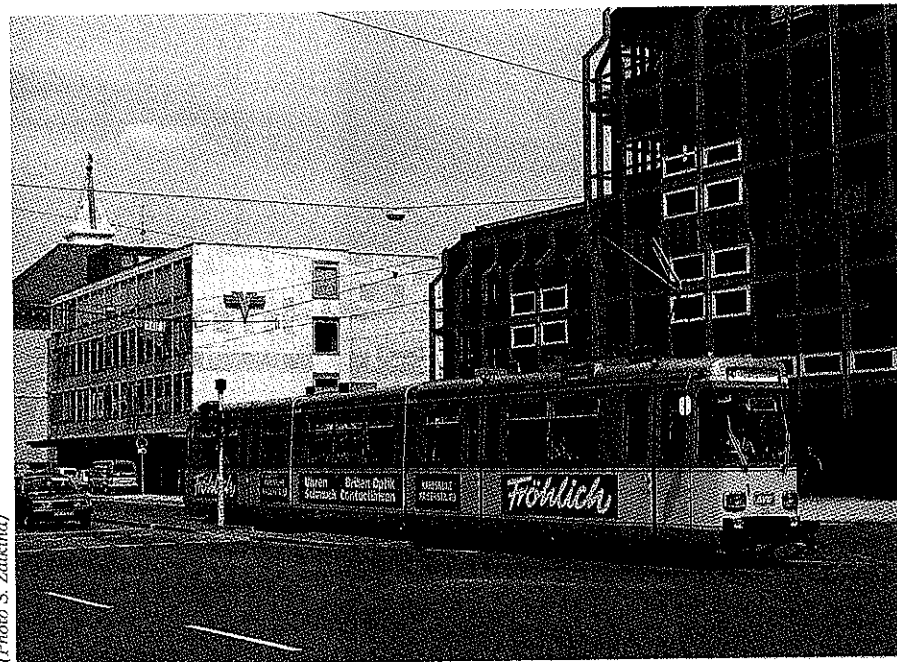
En matière de réglementation, les deux lignes de l'Albtalbahn sont exploitées suivant le régime des tramways entre Karlsruhe et Ettlingen, suivant les règles applicables aux chemins de fer pour le reste du réseau.

Entre Karlsruhe et Ettlingen, la circulation à vue des rames est la règle générale. Au-delà d'Ettlingen, le block automatique lumineux est



(Photo S. Zalkind)

Fig. 7. - Sur la ligne d'Herrenalb en 1961, 2 des 15 rames articulées livrées en 1958-1959 pour la reprise de l'exploitation en voie normale de l'Albtalbahn ; à gauche, automotrice double (2 caisses sur 3 bogies), à droite, automotrices triples (3 caisses sur 4 bogies).



(Photo S. Zalkind)

Fig. 8. - Automotrice triple de l'Albtalbahn de la série de 1975, ici dans une rue de Karlsruhe.

généralisé et la circulation des rames est sous la responsabilité du PCC de la gare d'Ettlingen qui intervient uniquement en cas de perturbation sur la ligne. Les passages à niveau sont tous dotés de barrières automatiques et les rames font usage, en cas de nécessité, du sifflet à air comprimé normalisé sur les locomotives de la DB.

Avec l'Albtalbahn, cap au nord

Jusqu'après la Seconde Guerre mondiale, la ville de Karlsruhe s'était peu étendue en direction du nord, notamment dans la région dite de la Hardt. Plusieurs projets de construction de lignes de tramway n'avaient jamais abouti, en raison de la faible densité de la population.

Lorsque la commune de Neureut est incorporée à celle de Karlsruhe en 1974, plus rien ne s'oppose, sur le plan administratif, à créer une desserte par tramways afin de se substituer aux services d'autobus existants.

C'est à cette époque que la Ville de Karlsruhe décide d'appliquer, à l'avenir, une politique de grande envergure visant à restreindre, progressivement, la circulation automobile en ville et, surtout, de décourager les personnes travaillant en ville de gagner leur lieu de travail en automobile.

Le projet du tramway de la Hardt est l'occasion de bousculer les habitudes, en créant une liaison ferrée d'un niveau de qualité proposer aux travailleurs une solution alternative permettant de provoquer le réflexe acceptant de renoncer à l'usage quotidien de la chère automobile.

La réalisation du tramway de la Hardt s'est faite par étapes successives. En 1975, la ligne urbaine n° 2 est prolongée, en site propre, jusqu'à Nordweststadt. Lorsqu'il s'avéra que le plan d'urbanisme de la commune de Neureut ne suivrait pas la progression prévue, on se mit à la recherche d'une solution plus économique par rapport au nouveau tracé étudié.

CIRCULATION DES TRAINS DE L'ALBTALBAHN SUR LES VOIES DES TRAMWAYS DE KARLSRUHE (VBK) ET DE LA DEUTSCHE BUNDESBAHN (DB)

Les exigences en matière de configuration des voies sont identiques dans les deux entreprises, adaptées aux conditions de trafic. L'écartement, la charge par essieu et au mètre permettent en principe la circulation des véhicules des chemins de fer urbains sur les voies de la DB.

Les VBK ont posé des rails avec un congé de raccord de la table de roulement du rail de 10 mm. Les rails à gorge utilisés ont une largeur de gorge de 29 ± 1 mm en alignement. Cette valeur passe à $31 \pm$ mm en courbe de 15 m.

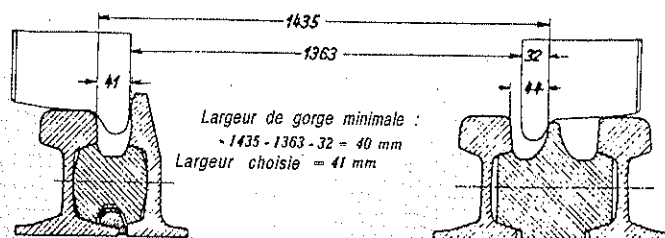


Fig. 1. - Largeur de gorge au cœur et au contre-rail en fonction des masses de l'essieu monté.

Les gorges plates ont 18 mm de profondeur. Elles sont utilisées pour les aiguillages en chaussée.

Dans les gorges plates, la roue roule sur le boudin qui, à l'état neuf, dépasse de 23 mm le cercle de mesure de la roue.

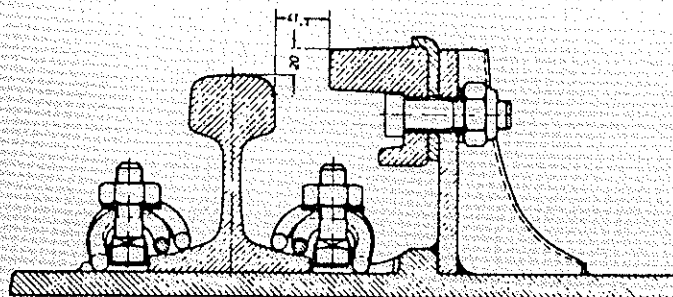


Fig. 2. - Point de fixation du contre-rail pour rails de roulement et contre-rail avec appui en aiguillage de rails S 54.

En utilisant des véhicules à petites roues, il faut apporter la preuve que ceux-ci offrent, lors du franchissement d'appareils de voie, au moins la même sécurité contre le dévoiement et contre l'attaque des pointes de cœur d'aiguille que des véhicules équipés de roues dont le diamètre du cercle de mesure est de 840 mm ou plus.

Afin d'empêcher une attaque latérale des pointes de cœur d'aiguilles par des roues présentant un écartement intérieur plus grand (1 363 mm), il faut respecter sur le contre-rail une largeur de gorge de 41 mm (fig. 1).

Le contre-rail dépasse généralement de 20 mm la face supérieure des rails (fig. 2). Pour la voiture « Stadtbahn » exploitée en commun, cela signifie que l'on ne peut travailler avec l'écartement intérieur des roues de 1 376 mm des voitures des tramways. Il faut plutôt réduire le côté intérieur de la roue - commençant à peu près à la hauteur du cercle de mesure - à l'intérieur d'environ 10 mm sur 1 360 mm d'écartement intérieur de roue (cf. fig. 2). Ces cotes correspondent alors à un essieu monté ferroviaire à boudin plein de 32 mm.

(SUITE)

En cas de franchissement du cœur d'aiguille, le point de contact de la roue passe de la patte de lièvre à la pointe de cœur d'aiguille. On a un transit favorable, du point de vue de la dynamique du roulement et de la technique du guidage, quand le bandage de roue repose sur la patte de lièvre suffisamment longtemps pour que la pointe de cœur d'aiguille atteigne la hauteur nécessaire. On en déduit par mesure une largeur minimale de la surface de roulement. L'annexe 6 de l'EBO *

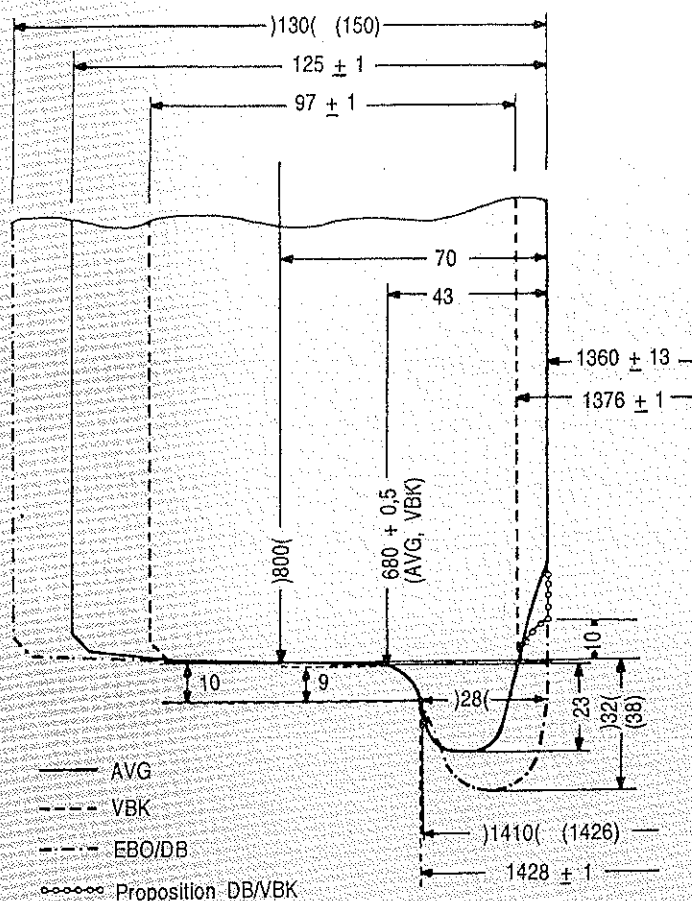


Fig. 3. - Profils de roues.

indique 130 mm comme cote de largeur minimale pour les roues ferroviaires. Les roues des voitures « Stadtbahn » exploitées en commun doivent présenter cette cote, plus une réserve pour tenir compte de l'usure, afin de pouvoir éviter l'attaque des pointes de cœur d'aiguille.

Ces mesures garantissent un franchissement sûr d'appareils de voie ferroviaires par les véhicules BO-STRAB **.

(D'après un document AVG)

* EBO : réglementation technique des chemins de fer

** BO-STRAB : réglementation technique des tramways

Afin de coller au plus près aux nouvelles habitations, il fut proposé à la DB d'utiliser en pool une section de sa ligne à voie unique Karlsruhe-Leopoldshafen sur laquelle le trafic voyageurs avait été supprimé en 1967.

Après de longues discussions, on aboutit à la convention suivante entre les parties :

- la section de ligne demeurerait propriété de la DB ;
- les installations de sécurité et de signalisation seraient mises en œuvre et exploitées par la Ville de Karlsruhe ;
- la Ville de Karlsruhe prend à sa charge la rénovation des voies, l'électrification en 750 V et la construction de stations nouvelles ;
- la Ville de Karlsruhe assure, à l'aide de son exploitant de tramways, les VBK, le transport des voyageurs sur la section de ligne intéressée et verse à la DB un droit de passage ;
- l'exploitation de la nouvelle ligne doit respecter le règlement des chemins de fer.

Toutes ces considérations incitent les Tramways de Karlsruhe à exploiter cette nouvelle ligne, non pas comme une ligne urbaine ordinaire, mais avec les mêmes moyens que ceux de l'Albtalbahnhof. Il est alors décidé de réunir la nouvelle Hardtbahn et l'Albtalbahnhof en vue d'une seule longue ligne exploitée de bout en bout avec la même matériel.

La ligne de la Hardt a été mise en service par étapes.

- 5 octobre 1979 : Karlsruhe Albtalbahnhof - Neureut, 11 km ;
- 13 décembre 1986 : Neureut - Leopoldshafen, 5 km ;
- 3 juin 1989 : Leopoldshafen - Hochstetten, 4,5 km.

À ce moment, l'Albtalbahnhof (AVG) exploite en propre les sections de lignes suivantes :

- Karlsruhe Albtalbahnhof - Busenbach - Bad Herrenalb 25,8 km
- (Karlsruhe - Busenbach)-Ittersbach Rathaus 14,8 km
- Karlsruhe - Neureut - Leopoldshafen-Hochstetten 19,9 km
- Embranchement Centre de recherche nucléaire 2,3 km

ce qui représente un réseau de 62,8 km

La encore la transformation de l'exploitation mixte train + autobus en ligne de tramway a entraîné un accroissement énorme du trafic.

(Photo F. Souze)



Fig. 9. - Avec l'Albtalbahn, cap au nord ! Quittant la voie de la DB, une rame de l'AVG arrive au terminus de Neureut en 1982 (ce type de matériel est maintenant affecté au réseau urbain).

Les dessertes sont assurées de bout en bout vers Hochstetten, par des rames provenant alternativement de Bad Herrenalb ou d'Ittersbach, toutes les 30 minutes en heure creuse, toutes les 20 minutes aux heures d'affluence. Le trajet de Bad Herrenalb à Hochstetten mesure 46 km et est effectué en 88 minutes, soit à la vitesse moyenne de 31,5 km.

Le matériel roulant de 1958 est alors affecté aux lignes urbaines et remplacé par une nouvelle génération de 50 rames articulées unidirectionnelles, type Stadtbahn, au

gabarit de 2,65 m, dotées d'aménagements, touchant au confort, assez peu répandus sur ce type de matériel.

Vingt rames ont été munies, par transformations successives, d'une caisse médiane aménagée de façon particulièrement soignée. Les baies latérales sont prolongées sur une partie de la toiture, leur conférant l'aspect de voitures « panoramiques ». Dotées de l'air conditionné, ces rames, offrant 130 places assises, ont un roulement particulièrement doux et silencieux. Hormis leur hauteur de

(Photo G. Müller)



Fig. 10. - Matériel de nouvelle génération, type Stadtbahn, ici en version d'origine à 2 caisses (GT6-80C).

plancher, ces rames, circulant généralement en UM, rame triple B'2'2'B' + rame double B'2'B', sont les plus attrayantes dans leur genre ; on retrouve également les rames Stadtbahn à 2 caisses sur les 2 lignes transversales 1 et 2 du réseau urbain.

Vers un futur réseau régional de tramways

Le succès de la ligne de la Hardt, où le trafic dépasse très vite les estimations les plus optimistes et où l'urbanisation s'accélère le long de la ligne, amène la Ville de Karlsruhe et le District à reconsidérer d'un regard neuf les extensions envisagées pour le réseau tramway.

Celles-ci, qui concernent essentiellement des liaisons nouvelles avec des communes de plus en plus éloignées du centre ville, pourraient voir leur coût d'établissement considérablement diminué si une partie du tracé pouvait être commun avec celui des voies de chemin de fer existantes.

L'expérience de la ligne de la Hardt ayant démontré que les problèmes techniques (bandages et boudins de roues) et sécuritaires (signalisation par block automatique lumineux, liaisons radio sol-train, gestion de la section à voie unique) avaient été résolus à la satisfaction générale, le problème se posait dorénavant de concevoir un nouveau matériel apte à utiliser les voies ferrées de la DB électrifiées en 15 kV 16 2/3 Hz ; les principaux problèmes à résoudre étaient, en fait, à la fois d'ordre mécanique et électrique :

- quelles normes adopter pour la résistance à la compression des caisses ?

- véhicules bicourant 750 V/ 15 kV 16 2/3 Hz ou véhicule bimode avec groupe d'autonomie embarqué par batterie ou moteur diesel.

Adapter la construction mécanique des caisses aux normes appliquées pour la construction du matériel ferroviaire ordinaire eût tué l'affaire dans l'œuf, puisque l'économie du projet était intéressante en raison de la faible tare du matériel tramway et de ses performances.



Fig. 11. - Automotrice Stadtbahn transformée en rame triple par adjonction d'une caisse médiane panoramique (GT8-80C).

Plutôt que d'imaginer des scénarios catastrophes en cas de collision train-tram, la DB et l'AVG se mirent d'accord pour évaluer les systèmes de sécurité à embarquer sur les futures rames interréseaux.

Une solution satisfaisante fut trouvée du fait que les rames AVG circuleraient exclusivement, en dehors de leur propre réseau, sur des lignes équipées du block automatique lumineux et que leurs performances en freinage sont bien supérieures à celles d'une rame grand réseau. L'installation des radiotéléphones de l'AVG et de la DB résoudraient les problèmes de communication.

Quant aux équipements de traction, c'est finalement la formule tout électrique bicourant qui est retenue. La solution par batteries a été éliminée en raison du poids très élevé des accumulateurs nécessaires pour satisfaire au cahier des charges.

Le Matériel roulant interréseaux

Le nouveau matériel roulant, étudié par l'AVG, construit par Düwag et équipé par ABB, dérive étroitement des rames Stadtbahn type GT6-80 C à 2 caisses et type GT8-80 C à 3 caisses, construites pour les lignes de l'Albtal et de la Hardt de 1983 à 1989.

Chaque rame, constituée de 3 caisses articulées sur 4 bogies, est réversible et de la configuration B'2'2'B'. Les accès se font par les 2 caisses d'extrémité. Certaines rames sont équipées de toilettes.

À l'équipement électrique par hacheur de courant, utilisé sur le réseau 750 V, s'ajoute un transformateur et un pont redresseur semi-commandé, d'un poids supplémentaire de 5,5 t, disposés en toiture.

Le passage du réseau 750 V au réseau 15 kV 16 2/3 Hz, et vice-versa, se fait automatiquement et à pleine vitesse, les deux secteurs étant séparés par une section neutre longue de 160 m environ, le choix du mode d'alimentation étant soumis à la réaction d'un relais à ten-

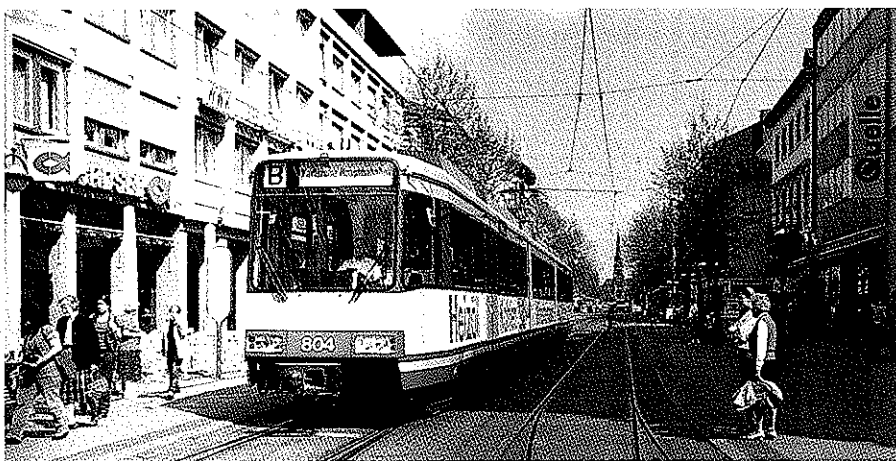


Fig. 12. - Le nouveau matériel interréseaux (GT8-100C/2) circule aussi bien sur les voies du réseau de Karlsruhe...



Fig. 13. - ... que sur celles de la DB.

sion nulle et d'un palpeur de tension ; le conducteur n'a aucune manœuvre à effectuer.

La première rame de ce nouveau type GT8-100 C2 a subi tous les tests nécessaires à son homologation par la DB en vérifiant, en particulier, l'absence de toute perturbation sur les réseaux de signalisation et de télécommunication.

Quarante rames ont été acquises de 1991 à 1995, d'autres sont en construction ; trois rames ont été munies de WC chimiques.

À la conquête des grandes lignes

La Kraichgaubahn Karlsruhe-Bretten

Afin de recueillir un maximum d'informations sur le nouveau matériel, il est décidé d'affecter les premières rames, à l'horaire 1991/1992, sur la section de ligne DB électrifiée Karlsruhe - Pforzheim (31 km), où les nouvelles rames AVG assurent, pour le compte de la DB, la majorité des trains omnibus, s'intercalant sans difficulté dans la trame des trains de voyageurs rapides et de marchandises, malgré leur vitesse limitée à 80 km/h compensée par

d'excellentes performances au démarrage et au freinage.

Aucun incident ne venant perturber le service, on a pu envisager avec sérénité l'exploitation de la ligne à voie unique Karlsruhe - Bretten, section de la ligne DB Karlsruhe - Heilbronn. Les travaux d'électrification touchant à leur fin et le raccordement entre les voies de la DB et les voies des tramways urbains étant achevé, la nouvelle desserte est inaugurée solennellement le 25 septembre 1992.

La ligne, dénommée Kraichgaubahn, comporte un raccordement de 2 km environ, à double voie, entre les voies de la ligne urbaine, à proximité de Durlach, et la gare de Grötzingen. C'est sur ce raccordement, qui longe les voies de la ligne DB Karlsruhe - Pforzheim, que s'effectue le passage du 750 V continu au 15 kV 16 2/3 Hz monophasé.

De Grötzingen à Bretten, la ligne est à voie unique et connaît un profil en long et en travers assez tourmenté dans les contreforts de la Forêt-Noire.

Outre l'électrification de cette section de ligne, les travaux ont porté sur la réalisation d'une zone de croisement entre Grötzingen et Wössingen, et de huit haltes nouvelles réparties entre Durlach et Bretten ; celles-ci sont munies d'un bouton d'appel qui permet aux voyageurs d'actionner un

signal lumineux avancé demandant au conducteur de la rame de marquer l'arrêt.

Ces nouvelles haltes, qui desservent au plus près les nouvelles zones d'habitation ou les groupes scolaires, sont toutes équipées de parcs de stationnement pour voitures et pour vélos ; beaucoup sont desservies par des lignes d'autobus de rabattement.

Les fréquences, à l'heure durant la journée et à 30 minutes durant les heures de pointe, ont dû être rapidement étoffées à 20 minutes entre Karlsruhe et Grötzingen Oberastrasse, et 20/25 minutes jusqu'à Bretten, le cadencement redevenant horaire en soirée. Quelques autorails accélérés de la DB, ayant comme origine la Gare Centrale de Karlsruhe, assurent le service de bout en bout jusqu'à Heilbronn.

Le Nouveau Réseau de la communauté tarifaire KVV

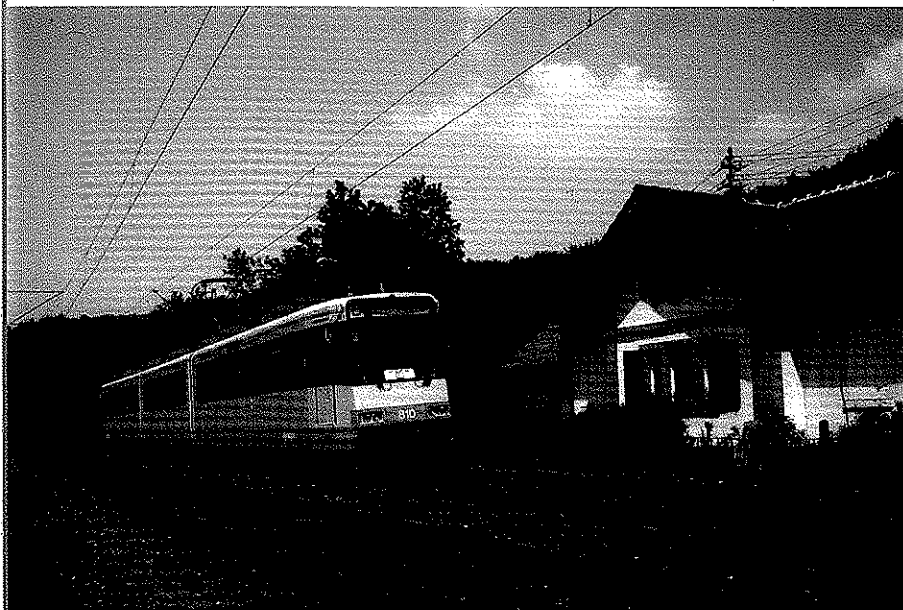
Depuis le 29 mai 1994, à l'instar d'autres agglomérations allemandes, les transports publics de la région sont regroupés dans une communauté tarifaire, le Karlsruher Verkehrsverbund (KVV), ce qui a provoqué une restructuration des lignes régionales d'autobus afin de supprimer les services routiers parallèles aux voies ferrées.

À la même date, pour utiliser au mieux les 40 rames bicourant existantes – dont quatre ont été achetées par la DB – et les autres rames Stadtbahn à courant continu, les dessertes ferrées régionales ont été réorganisées comme suit :

- ligne S : exploitation par rames tramway (Stadtbahn),
- ligne R : exploitation par rames de banlieue classique (Regiobahn),

Le nouveau réseau régional devient ainsi :

- S 1 Bad Herrenalb - Karlsruhe centre - Hochstetten (46 km), rames 750 V, exploitation AVG,
- S 11 Ittersbach - Karlsruhe centre - Hochstetten (44 km), rames 750 V, exploitation AVG,
- S 3 Karlsruhe DB - Bruchsal (21 km), rames bicourant 750 V/15 kV, exploitation AVG,



(Photo G. Müller)

Fig. 14. - La rame 810 (GT8-100C/2), ici sur la DB entre Karlsruhe et Pforzheim, est équipée de WC chimiques.



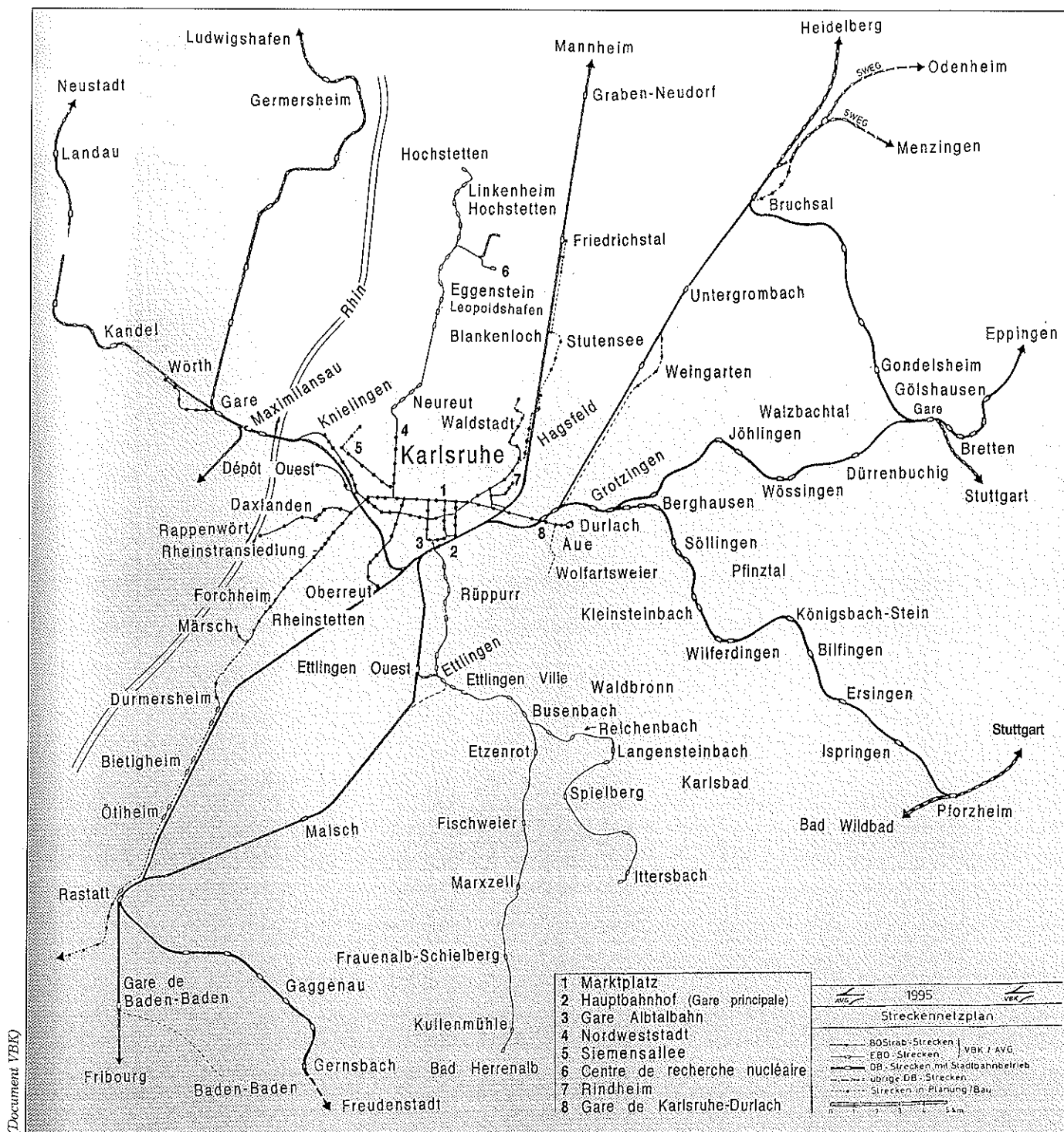


Fig. 16. - Plan du réseau (caractéristiques des différentes lignes).

BOSrab-Strecken : Ligne soumise à la réglementation technique des tramways.

EBO-Strecken : Ligne soumise à la réglementation technique des chemins de fer.

DB-Strecken mit Stadtbahnbetrieb : Ligne DB parcourue par des rames Stadtbahn.

übrige DB-Strecken : autres lignes DB.

Strecken in Planung/Bau : Lignes en projet ou en construction.

- S 4 Karlsruhe AVG - Bretten (28 km), rames bicourant 750 V/15 kV, exploitation AVG,

- S 7 Karlsruhe DB - Rastatt-Baden-Baden (33 km), rames bicourant 750 V/15 kV, exploitation DB,

- S 8 Karlsruhe DB - Wörth (14 km), rames bicourant 750 V/15 kV, exploitation DB,

- S 9 Bretten - Bruchsal (15 km), rames bicourant 750 V/15 kV, exploitation DB,

- R 2 Karlsruhe DB - Waghäusel (30 km), rames régionales DB, exploitation DB,

- R 3 Karlsruhe DB - Bad Schönborn (33 km), rames régionales DB, exploitation DB,

- R 31 Bruchsal - Odenheim (15 km), autorails AVG, exploitation AVG,

- R 32 Bruchsal - Menzingen (20 km), autorails AVG, exploitation AVG,

- R 4 Karlsruhe DB - Bretten - Eppingen (48 km), autorails DB, exploitation DB,

- R 5 Karlsruhe DB - Renchingen - Pforzheim (31 km) rames régionales DB, exploitation DB,

- R 8 Karlsruhe DB - Wörth-Kandel - Landau (40 km), autorails DB, exploitation DB,

- R 9 Bruchsal - Germersheim (27 km), autorails DB, exploitation DB,

- R 91 Bretten - Bruchsal - Bad Schönborn (27 km), matériel DB, exploitation DB.

Les lignes R 31 Bruchsal - Odenheim et R 32 Bruchsal - Menzingen ont été rachetées par l'AVG en 1994, pour un Mark symbolique, à la Süd-Westdeutsche Eisenbahn Gesellschaft (SWEG) ; toutes deux sont en cours d'électrification en 750 V et seront, à l'achèvement des travaux, exploitées en antennes de la ligne S 3 à l'aide d'automotrices bicourant de l'AVG.

Développements prévus

Divers projets sont actuellement à l'étude et devraient connaître assez rapidement un début de réalisation.

L'exploitation de rames de tramway bicourant utilisant les voies ferrées de la DB va s'intensifier et nécessiter très rapidement des commandes supplémentaires. Ces rames nouvelles, semblables aux actuelles, seront cependant équipées de toilettes, et certaines d'entre elles auront la caisse médiane aménagée en voiture-bar.

Les projets les plus proches et les plus spectaculaires sont :

- électrification en 750 V des lignes régionales R 31/R 32 (ex - SWEG) et raccordement à la ligne S 3 par création d'une ligne tramway dans les rues de Bruchsal ;

- reconstruction d'une ligne de tramway à double voie entre la gare et le centre de Baden-Baden (S 7) ; ce tramway avait été remplacé par des trolleybus en 1949-1950... ;



Fig. 17. - Mémorable excursion en Suisse, en septembre 1992, pour les rames AVG 808 et 810 en UM, ici en gare CFF de Nyon.

- construction d'une ligne de tramway dans la traversée de Wörth (S 8) ;

- extension de l'électrification en 15 kV de Bretten-Gölshausen jusqu'à Heilbronn (44 km) et prolongement dans les rues de Heilbronn en mode tramway (S 4) ;

- prolongement de la ligne 1 au-delà de son terminus de Rheinstetten jusqu'à Rastatt (et au-delà) par emprunt d'une nouvelle plateforme à double voie prévue le long des voies DB ;

- prolongement de la ligne 4 urbaine vers le nord en direction de Stutensee et Friedrichstal ;

- reprise, en 1995, de l'exploitation par rames tramway sur la ligne DB Karlsruhe-Pforzheim ;

- électrification de l'antenne DB de Pforzheim - Bad Wildbad et prolongement en voirie réservée dans le centre de cette cité thermale.

À plus long terme, il est étudié de rétablir un service voyageurs par tramways en direction de Lauterbourg (Alsace).

Le succès du nouveau développement du réseau de Karlsruhe a un retentissement universel. Il est dû, en grande partie, à la clairvoyance des élus locaux ainsi qu'à l'imagination et à la ténacité du directeur des réseaux VBK-AVG Dieter Ludwig.

En Allemagne, de nombreux projets similaires sont en train de mûrir : Sarrebruck sera la première ville à imiter Karlsruhe, la décision finale ayant été prise fin 1994. D'autres exemples suivront.

Une mémorable excursion a conduit, du 14 au 19 septembre 1992,

les rames bicourant AVG 808 et 810 de Karlsruhe à Genève avec retour par la ligne du BLS. Les exploitants ferroviaires suisses, en particulier les CFF, la BLS et le Martigny-Orsières, ont suivi ces essais avec le plus grand intérêt.

La preuve étant faite que des rames de tramways type AVG peuvent parfaitement s'inscrire dans les sillons des trains ordinaires, avec un coût d'exploitation bien inférieur, le débat est lancé désormais pour une vision nouvelle du mode d'exploitation des lignes régionales ; on pense, en particulier, à certaines lignes des cantons de Berne, Vaud et Lucerne, par exemple la célèbre ligne du Seetal construite en accotement d'une route à grande circulation.

Plus concrètement, les CFF viennent de remplacer les lourdes rames 1 500 V de la ligne Genève - La Plaine par cinq rames articulées dérivées du Tramway du Sud-Ouest Lausannois, avec petit groupe thermo-électrique de secours.

En Grande-Bretagne, le nouveau tramway de Manchester (Metrolink) se rapproche quelque peu de l'exemple de Karlsruhe, mais il n'y a pas de partage des mêmes voies entre Metrolink et le British Rail.

L'exemple de Karlsruhe est certainement appelé à faire école, vu l'efficacité et l'économie du système. Il devrait, dans de nombreux cas, pouvoir faire totalement reconsidérer la manière d'exploiter des transports périurbains et régionaux, avec des investissements limités.

À quand le premier pas en France ?



UN METRO POUR LE GRAND TOULOUSE

26 juin 1993 :

La mise en service de la première ligne de métro représente, pour l'agglomération toulousaine, un événement de tout premier plan. Au terme de huit années d'études et de grands travaux, le métro change la vie des Toulousains et confirme au Grand Toulouse son rang de métropole.

Le livre s'ouvre par un regard sur l'histoire des transports en commun à Toulouse, grâce aux photographies de la collection de Jean Dieuzaide. Puis, autour des étonnants clichés de Patrice Nin, les auteurs retracent l'épopée du « chantier du siècle ».

L'ouvrage donne également leur juste place à la technologie du VAL, aux solutions originales mises en œuvre à l'occasion de sa réalisation toulousaine, comme à l'attention exceptionnelle portée à l'architecture des stations et à l'apport de l'Art contemporain au nouvel espace urbain et social du métro.

Un volume relié sous jaquette illustrée en quadrichromie,
format 245 x 310, 128 pages. Prix de vente public : 198 F
en vente chez votre Libraire ou Librairie
PRIVAT - BP 828 - 31080 Toulouse Cedex

Préface de
LÉON ECKHOUTTE
GUY HERSANT
PIERRE RICHARD

Introduction de
DOMINIQUE BAUDIS

HUGUES BEILIN
avec la collaboration de
PIERRE REY

*Sous la coordination
éditoriale de*
PIERRE VIDAL

Photographies
PATRICE NIN
avec le concours de
JEAN DIEUZAIDE

ÉDITIONS
Privat