

EN MATIÈRE DE TRANSPORTS URBAINS et REGIONAUX : KARLSRUHE, UN EXEMPLE A MÉDITER...

Dipl.-Ing. Dieter LUDWIG,
directeur des services communaux de transport de la ville de Karlsruhe (VBK)
et gérant de la société de transport Albtal (AVG)

Werner BRAND
membre du comité directeur de Düweg AG, Düsseldorf

Felix WALLOCHNY,
membre de la direction de ABB Henschel, Waggon Union GmbH, Mannheim.

et André GACHE

1933

A l'occasion d'une mission effectuée au début de février 1993 nous avons retrouvé avec beaucoup d'intérêt le réseau de Karlsruhe. Certes le dynamisme du Service de transports de Karlsruhe (VBK) et de la Compagnie de transports de l'Albtalbahn est bien connu, et l'AFAC a encore en mémoire le voyage instructif effectué en 1985 sur ces deux réseaux (voir Chemins de fer n° 372 pages 95 et 96). Depuis plus de vingt ans nous avons suivi leur impressionnante évolution. La mise en service d'un tramway, exploitant sous caténaire à 15 kV-16 2/3 Hz une ligne de la DB et irriguant sans rupture de charge sous caténaire en courant continu 750 V le centre de la ville constitue l'aboutissement d'une opération longuement mûrie et concrétise bien cette évolution.

Au cours de cette mission il nous a entre autres été remis deux textes rédigés en langue française par M. le Directeur Dipl. Ing. Dieter LUDWIG, qui nous a toujours accueillis avec la plus grande cordialité, ainsi que par M. Werner BRAND (DUEWAG) et M. Felix WALLOCHNY (ABB Henschel, Waggon Union GmbH).

Nous vous présentons donc ces deux textes dans leur intégralité car personne ne peut mieux connaître qu'eux cette réalisation dans sa globalité et il nous a paru inutile de les paraphraser.

Toutefois il est des points particuliers d'importance capitale qui semblent évidents à ces auteurs mais qui sont mal connus du lecteur français. Nous nous proposons de les exposer à la suite de ces deux textes en donnant aussi quelques informations sur les projets actuels.

A.G.

1 - Première ligne commune des chemins de fer urbains (tramway bi-mode) et de la Bundesbahn

Dipl.-Ing. Dieter LUDWIG,

1.1 - Le système des chemins de fer urbains de la ville de Karlsruhe

Il n'existe pas de "bons" ou "mauvais" moyens de transport. La bonne formule, en l'occurrence l'autobus, le tramway, le métro ou le train peut varier suivant le cas. En Allemagne, les métros et chemins de fer de banlieue dominent dans les grands centres d'agglomération alors que l'autobus a incontestablement la prédominance dans les régions rurales. Dans la région de Karlsruhe, nous avons opté pour un système de chemins de fer urbains très performant. Le chemin de

fer urbain a été développé à partir du tramway traditionnel des transports publics de banlieue depuis plus d'un siècle. Tous les trams passent par la Kaiserstrasse, la zone piétonne très animée de la "ville éventail" (1). C'est là que sont réunies toutes les activités importantes de la métropole - non seulement les grandes surfaces, commerces de détail, banques, restaurants et cinémas mais aussi un grand nombre de bureaux administratifs avec des postes de travail par milliers, d'innombrables visiteurs et clients. Il n'est donc pas étonnant que ce soit aussi la destination de 60 % des voyageurs. Aux heures de pointe, les trams circulent à raison d'un par minute dans les deux directions, certains d'entre eux avec deux voitures d'attelage. Là où le flux de circulation est aussi dense, le rail est plus performant, moins cher et moins polluant que l'autobus.

A Karlsruhe, le tramway circule essentiellement en site protégé, minimisant de la sorte les encombrements causés par le trafic individuel. Les installations de signalisation sont de mieux en mieux adaptées aux besoins du tramway, c'est-à-dire que celui-ci a automatiquement la priorité aux croisements, partout où la technique de circulation le permet, de manière à compenser le désavantage que représentent les arrêts tous les 400 à 500 mètres.

L'horaire est facile à retenir car toutes les lignes circulent à une cadence régulière. L'autobus n'est pas considéré comme une concurrence mais comme un complément raisonnable du rail. Il dessert les quartiers de la ville où la densité de la population est moins forte. Certains arrêts ont été aménagés pour le transit entre autobus et tramway. Le réseau des tramways de Karlsruhe a fait l'objet d'une extension considérable au cours de ces dernières années ; de nouvelles lignes ont été construites, entre autres en direction de Neureut et vers les cités de Rheinstrand et Oberreut. Grâce aux nouveaux tarifs proposés comme la carte anti-pollution ou la carte "city famille", les transports publics ont gagné en popularité. Le succès n'a pas été long à venir. Entre 1985 et 1991, le nombre de voyageurs est passé de 54,8 à 73,1 millions par an, soit une croissance de 33,4 %.

Rencontre en gare de Karlsruhe
Hbf d'un tramway bi-courant
de l'Albtalbahn et d'une rame
régionale réversible de la DB.

G. Laforgerie

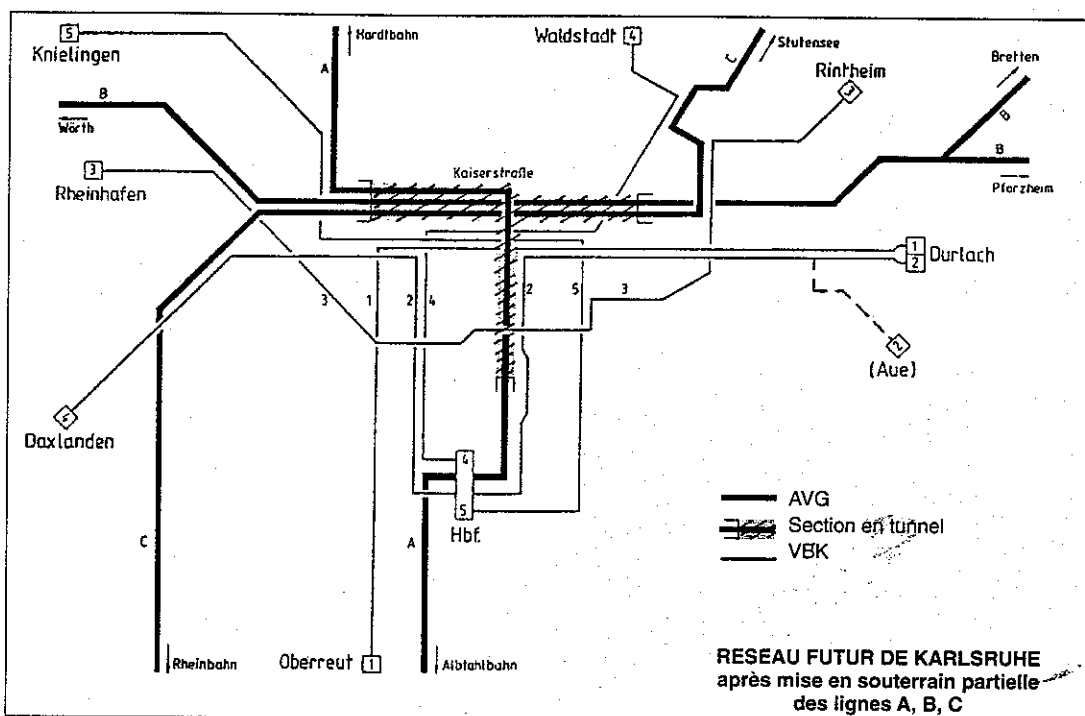


Chemins de fer 1993/5 n° 422

NDLR

(1) Le nom de "ville éventail" provient de la configuration de la ville construite au 18^e siècle autour du château édifié par le Margrave Karl-Wilhelm à partir de 1715 et transformé de 1752 à 1774. L'artère principale "Kaiserstrasse" constitue une tangente tracée au sud de cet éventail. Karlsruhe a une population de 270 000 h. Sa région en rassemble 700 000.

D'après la revue *Stadtverkehr*



RESEAU FUTUR DE KARLSRUHE
après mise en souterrain partielle
des lignes A, B, C

1.2 - Correspondances entre la ville et ses environs

Le chemin de fer urbain de Karlsruhe ne s'arrête pas aux confins de la ville mais englobe aussi ses environs. En effet, les transports publics ne doivent pas s'arrêter aux limites communales mais s'orienter suivant le flux de la circulation. C'est ainsi que la ville de Karlsruhe a déjà pris en charge la ligne de l'Albtal vers la fin des années 50 et l'a reliée au réseau de tramway de la ville. Plus tard, la ligne du Hardt, faisant anciennement partie du réseau des chemins de fer fédéraux, a été réactivée pour le transport de voyageurs et prolongée jusqu'à Linkenheim-Hochstetten. D'autres lignes, comme celle de Rheinstetten suivirent. Sur la totalité de ces nouvelles lignes, une sensible augmentation du nombre de voyageurs a été enregistrée par rapport à l'ancien moyen de transport par autobus.

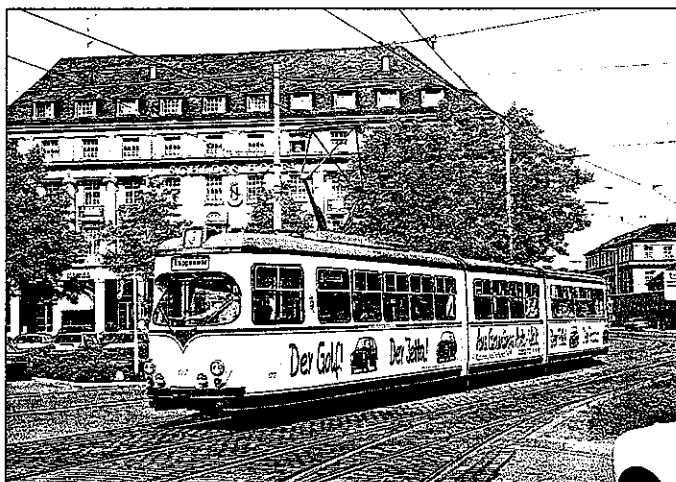
A l'extérieur de cette zone, le chemin de fer urbain devient chemin de fer conventionnel et roule conformément au règlement relatif à la construction et à l'exploitation des chemins de fer (EBO) ; il parcourt de longs trajets à des vitesses relativement élevées. En ville, il circule comme un tramway normal et est soumis au règlement applicable à la construction et à l'exploitation des tramways (BOStrab), avec des arrêts rapprochés, roulant en partie à vitesse réduite. Dans la zone piétonne, la vitesse maximale des trains est de 25 km/h seulement, mais ils conduisent les voyageurs directement à destination. Par exemple, une personne qui habite à Bad Herrenalb, une localité située à 30 km de Karlsruhe dans le nord de la Forêt Noire, peut monter dans le train urbain et descendre directement à côté de la pyramide sur la place du marché de Karlsruhe au bout d'un agréable trajet de quelque 40 minutes.

1.3 - Le chemin de fer urbain sur les lignes de la Bundesbahn

La situation est différente en ce qui concerne les voyageurs des trains locaux de la Bundesbahn, comme ceux de Bretten, Wörth ou Rastatt. Leur destination est également le centre de Karlsruhe où il n'y a pas de gare. Les gares de la Bundesbahn sont toutes situées en périphérie ; les voyageurs doivent donc prendre le tramway pour se rendre au centre. Le parcours entre le quai et l'arrêt du tram, par les escaliers et à travers le hall de la gare est pénible et prend beaucoup de temps. A l'arrêt du tram, il faut ensuite attendre la prochaine correspondance et acheter un nouveau billet. Il n'est donc pas surprenant que le nombre de voyageurs sur les lignes de la Bundesbahn

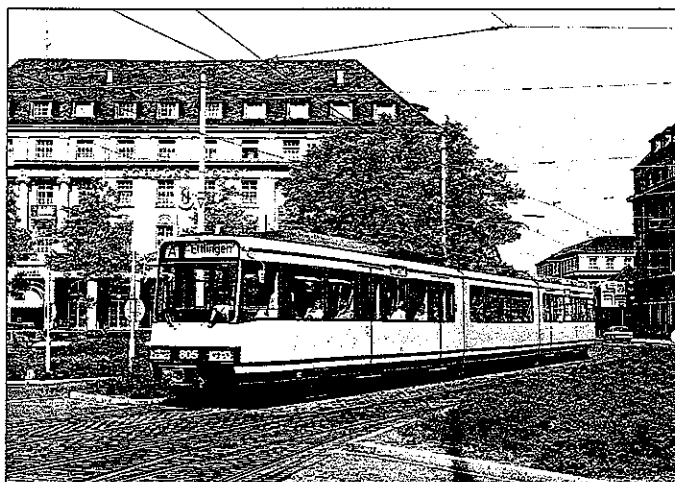
soit beaucoup plus faible que sur les lignes du chemin de fer urbain. Voilà matière à réflexion pour les concepteurs de l'AVG, et de la DB : est-il possible de mettre en place pour les clients de la Bundesbahn des correspondances attractives vers le centre de Karlsruhe ? Du fait que les trains de la Bundesbahn avec leurs motrices diesel et leurs locomotives ne peuvent évidemment pas circuler dans la zone piétonne, pourquoi les trains urbains n'iraient-ils pas prendre en charge les voyageurs pour les amener à destination au centre de la ville ? Plus facile à dire qu'à faire, car il n'existait encore aucune liaison de ce genre entre le réseau de la Bundesbahn et celui des tramways sur l'ensemble du territoire allemand. C'est la raison pour laquelle les représentants de l'AVG, de la DB et de l'industrie, avec l'assistance du ministre fédéral de la recherche et de la technologie, ont longuement réfléchi en vue de trouver une solution possible. Le problème technique le plus difficile à résoudre était la construction d'un véhicule pouvant circuler tout aussi bien sous la caténaire à courant continu du tramway que sous le courant alternatif des chemins de fer fédéraux. Une fois ce problème résolu, une convention de principe a pu être signée en date du 8 novembre 1988 sur la première ligne commune pour tramways et chemins de fer fédéraux, notamment celle de la ligne de banlieue Karlsruhe-Bretten.

		VBK Ville de Karlsruhe		AVK Albtalbahnhof	
	Année	1991	1992	1991	1992
Réseau de transport	Voies ferrées (km)	53,8	56,9	56,8	80,5
	Autobus (km)	156,1	156,8	188,3	205,4
	Nombre de lignes	33	34	16	19
Véhicules ferroviaires	Voitures Métro léger	47	51	19	19
	Voitures tramways (matériel articulé)	72	70	18	18
	dont à 6 essieux	22	20	-	-
	dont à 8 essieux	48	48	18	18
	Matériel de service	10	10	2	2
Véhicules routiers	Locomotives diesel	-	-	3	3
	Autobus	96	99	19	21
	dont minibus	19	21	-	-
	dont Bus standard	76	77	11	10
	dont Autocars	1	1	8	11
Prestations	Camions	-	-	26	22
	Voyageurs transportés en service commercial (millions)	73,07	76,71	20,38	23,41
	Voyageurs transportés en services exceptionnels (millions)	0,03	0,02	0,07	0,07
	Trafic marchandises rail en milliers/t	-	-	38	32
	Trafic marchandises route en milliers/t	-	-	103	89
	km/trains en millions/km	5,79	6,16	2,12	2,59
	km/bus en millions/km	4,20	4,50	2,39	2,45
Personnel		900	923	300	318



Centre ville de Karlsruhe (près de la gare centrale) : tramway 750 V continu de la ligne 3 en direction de Rappenwör (VBK) et, fonctionnant sous la même tension, rame bi-mode de la ligne A vers Ettlingen (AVG).

G. Rannou



Grötzingen, le tramway bi-mode a circulé dès le départ toutes les 20 minutes.

1.4 - La conception de base du chemin de fer urbain Karlsruhe-Bretten

Le tramway bi-mode roule sur la ligne existante de la Bundesbahn entre Bretten et la gare de Grötzingen. De Grötzingen à la gare de Durlach, il roule sur une ligne à double voie construite dans ce but parallèlement à la ligne de la DB qui est très chargée sur cette section. A partir de la gare de Durlach, le tramway circule sur le réseau urbain. Dans la zone piétonne jusqu'à la place du marché il roule sur les rails du tram. De là, il continue en direction de la gare principale en passant par la rue Ettlinger et ensuite vers la gare de l'Albtal. En fin de semaine, plusieurs trains poursuivent jusqu'à Bad Herrenalb, un site de détente proche dans la vallée de l'Alb. Le tramway bi-mode remplace les trains locaux de la Bundesbahn. Il a l'avantage de circuler beaucoup plus fréquemment et régulièrement. Mais avant tout, il amène les voyageurs directement au centre de la ville. On crée ainsi un système semblable au réseau du chemin de fer de banlieue - tirant le plus possible parti de l'infrastructure déjà en place - en évitant néanmoins les énormes frais d'investissement du "vrai" chemin de fer de banlieue.

Dans un premier temps, une cadence horaire a été prévue pour les correspondances entre Bretten et Karlsruhe ; aux heures de pointe, le train circule au moins deux fois par heure. Lorsque les travaux de modernisation du poste d'aiguillage dans la gare de Wössingen et de construction des installations de signalisation dans la gare de Jöhlingen seront terminés et que d'autres véhicules bicourant auront été achetés, il sera possible de prévoir un horaire à cadence plus rapprochée. Sur la nouvelle ligne à double voie de

Sur la ligne de Durlach, huit arrêts supplémentaires ont été aménagés entre Durlach et le terminus de Bretten-Gölshausen, dont quatre à Bretten même. La ville de Bretten bénéficie donc d'une vraie correspondance urbaine sur rail avec sept arrêts. Pour les véhicules du tramway bi-mode dont les distances de freinage sont courtes et l'accélération relativement forte, mais qui permettent avant tout un échange rapide des voyageurs grâce à leurs quatre portières doubles, les arrêts supplémentaires ne représentent pas, de loin, une aussi grande perte de temps que pour les automotrices diesel ou les trains qui assurèrent auparavant le trafic de banlieue. Grâce à ces arrêts supplémentaires, l'accessibilité des zones résidentielles, des écoles et d'un grand nombre d'entreprises a été grandement améliorée. A titre d'exemple, il n'y a plus que deux pas entre le nouvel arrêt "centre ville" et la place du marché de Bretten.

1.5 - Financement

Divers investissements se sont avérés nécessaires pour la mise en place de cette nouvelle exploitation entre Bretten et Karlsruhe, entre autres un poste de jonction près de la gare de Durlach, une section à double voie jusqu'à Grötzingen, l'électrification de la ligne de la Bundesbahn ainsi que des arrêts supplémentaires. Le coût global de ces mesures se chiffre à 70 millions de DM, dont 60 % ont été subventionnés par l'Etat fédéral et 25 % par le Land de Bade-Wurtemberg, conformément à la loi sur le financement des transports communaux. Les derniers 15 % représentent la contribution des communes desservies de Karlsruhe, Walzbachtal et Bretten, la subdivision administrative territoriale de Karlsruhe assumant la moitié de la quote-part des communes de Walzbachtal et Bretten. Pour l'exploitation, il a fallu faire l'acquisition de 10 véhicules bicourant. Ces véhicules n'étant pas subventionnés, les collectivités territoriales ont assuré le financement de la totalité des coûts, soit 43 millions de DM. Le déficit courant d'exploitation est pris en charge par la ville de Karlsruhe sur son territoire et par l'administration territoriale à l'extérieur.

L'AVG, en qualité d'exploitant, encaisse les recettes du chemin de fer urbain. En contrepartie, elle paie une redevance à l'administration de la Bundesbahn pour l'utilisation de ses lignes, anticipant de la sorte la séparation des décomptes de frais pour l'utilisation des voies et l'exploitation des trains. En outre, la DB encaisse les recettes provenant du transport de marchandises et du trafic de messageries.

Avec la Bundesbahn, nous avons la conviction que notre nouvelle solution dont l'attrait est incontestable rencontrera un accueil très favorable et que ce projet commun des collectivités territoriales communales et de la Bundesbahn sera jugé apte à servir de modèle pour la régionalisation du trafic voyageurs sur rail pour le service à courte distance.

Vu d'une rame 800 de l'Albtalbahn, le croisement à Wilfendingen Singen d'une autre rame 800 engagée sur une liaison régionale de la ligne DB de Karlsruhe à Pforzheim.

G. Laforgerie

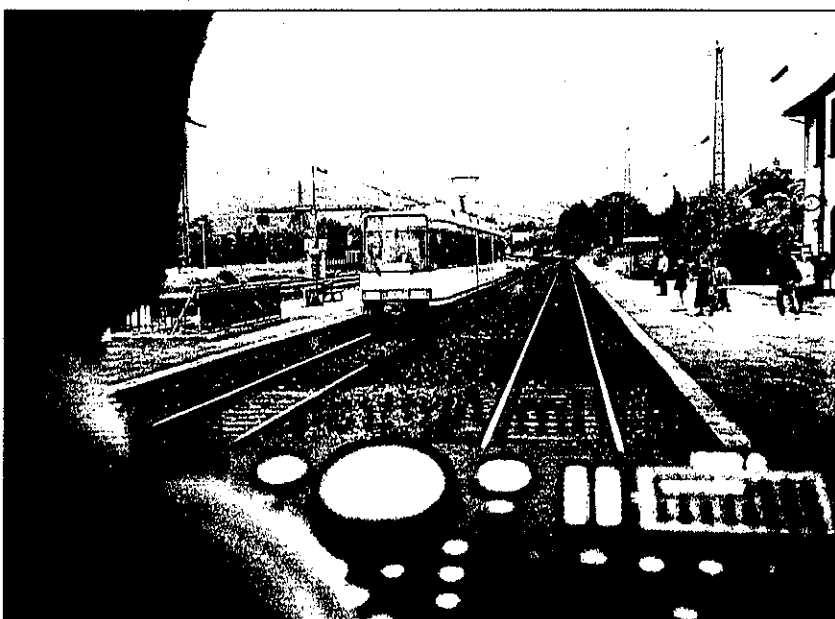
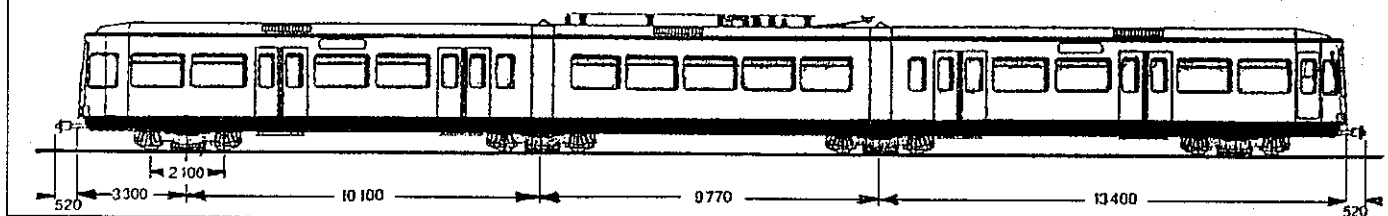


DIAGRAMME D'UN ÉLÉMENT GT8-100C 2S. Duewag-ABB-Henschel



2 Le chemin de fer urbain bicourant : une technique innovatrice qui permet d'ouvrir de nouvelles perspectives.

Werner BRAND et Felix WALLOCHNY

Trois générations après que le tramway attelé à des chevaux eut cédé la place au tramway électrique en 1900, les transports publics urbains vivent une seconde révolution technique dans la "ville éventail". L'inauguration de la ligne de chemin de fer urbain entre Karlsruhe et Bretten est en même temps la première d'un moyen de transport qui revêt d'ores et déjà un caractère exemplaire pour le développement des transports publics de voyageurs pour le service à courte distance dans un grand nombre de villes et régions.

Pour la première fois il est possible, sans changer de moyen de locomotion, de se rendre de la périphérie directement au centre d'une ville - sur les lignes de la Bundesbahn, du chemin de fer urbain et du tramway.

Le noyau de cette nouvelle conception visant à rendre plus attrayants les services publics de transport à courtes distance est constitué par le chemin de fer urbain bicourant développé par Duewag et ABB Henschel en collaboration avec la compagnie de transport de l'Albtal et la Deutsche Bundesbahn. Grâce à leur matériel électrique absolument inédit, les automotrices à huit essieux circulent aussi bien sous une tension à courant continu de 750 volts, tension normalisée du trafic urbain, que sous les 15 000 volts à courant alternatif de la Bundesbahn.

Une fois terminée l'étude de faisabilité exigée par le ministère de la technologie et du développement, les premiers essais furent effectués sur un prototype bicourant. En 1990/91, Duewag et ABB Henschel livrèrent la première série de dix voitures du type GT8-100C/2S pour le chemin de fer urbain. Depuis le mois de juin 1991, ces voitures ont été mises en essai entre Karlsruhe et Pforzheim. Dorénavant, elles assureront le trafic sur la ligne du Kraichgau. 20 autres voitures bicourant du type GT8-100C/2S ont déjà été commandées pour l'extension du réseau en direction de Pforzheim et Wörth.

2.1 - L'automotrice bicourant - un rejeton de la "famille de Karlsruhe"

La conception du nouveau chemin de fer urbain bicourant est dérivée des types de véhicules déjà utilisés à Karlsruhe. Dès 1983, les services de transports de Karlsruhe et la compagnie de transports de l'Albtal ont mis en service 40 automotrices à courant continu à six essieux et 20 à huit essieux de la famille "des chemins de fer urbains de Karlsruhe", dont dix du deuxième type conçues en "voitures panoramiques" sur la ligne de l'Albtal où le paysage est plein de charme.

Contrairement aux anciens véhicules, le nouveau type est une automotrice bidirectionnelle, équipée de deux postes de conduite et de 4 portières louvoyantes coulissantes sur les deux côtés car les voies de la Bundesbahn n'ont pas de boucles de retournement.

Par ailleurs, au moyen de quelques modifications techniques, les voitures du chemin de fer urbain ont été conçues pour une vitesse maximale de 90 kilomètres-heure et ont été équipées de profils de bandage adaptés aux voies de la Bundesbahn et à celles des tramways. Encore une innovation : les automotrices de Karlsruhe sont les premiers véhicules urbains à être dotés de deux systèmes de sécurité différents - en l'occurrence le système Indusi de la Bundesbahn et le système IMU avec arrêt automatique des services de transports de la ville de Karlsruhe et de la compagnie de transports de l'Albtal - ainsi que de deux installations de liaisons radio.

Mais ce qui est particulièrement important pour les voyageurs c'est que les nouvelles voitures sont beaucoup plus confortables que celles des anciens chemins de fer de banlieue. Les voitures grand confort ont une longueur de 37 mètres environ et peuvent transporter 215 personnes. La configuration permettant 100 places assises est entièrement nouvelle en ce sens que les sièges ont été disposés en partie les uns en face des autres et en partie les uns derrière les autres.

2.2 - Technique intelligente en "format compact"

Pour le service sur les lignes de la Bundesbahn avec caténaire, les automotrices bicourant ont été munies d'un transformateur avec hacheur monté en amont de l'équipement standard à courant continu 750 volts utilisés depuis 1983 dans les véhicules de la "famille de Karlsruhe". A la transition du réseau de chemin de fer urbain et de celui à 15 kilovolts de la Bundesbahn et vice-versa, l'alimentation s'adapte automatiquement et sans perte de temps.

Dans la pratique, cela veut dire que lorsque l'automotrice du tramway bi-mode arrive sur les voies de la Bundesbahn à Karlsruhe-Durlach, l'électronique de bord détecte la section neutre entre les deux modes d'alimentation des caténaires et ouvre automatiquement le disjoncteur. Dès que la nouvelle tension de

Vu d'une rame 800 de l'Albtalbahn en service entre Karlsruhe et Pforzheim, le croisement à Grötzingen d'un train IR de la DB avec une locomotive 120.

G. Laforgerie





Compartiment voyageurs d'une rame 800 à 3 caisses de l'Albtalbahnhof : quel confort !

G. Laforgerie

service a été détectée, le système sélectionne la position de commutation correspondante et referme le disjoncteur. Le conducteur peut surveiller cette opération sur des pictogrammes - il reconnaît immédiatement le système d'alimentation qui est appliqué à l'aide d'un voltmètre et de voyants.

De multiples dispositifs de sécurité ont été prévus pour empêcher les erreurs de fonctionnement. C'est ainsi qu'une section neutre de 170 mètres sans tension a été aménagée entre les tronçons équipés de systèmes d'électrification différents. C'est la raison pour laquelle, même pour les rames circulant en UM il n'y a pas de phénomènes de courants vagabonds. En cas d'une anomalie dans le système, le conducteur n'a pas besoin d'intervenir. Si le disjoncteur ne s'ouvre pas dans les trois secondes après avoir atteint la section de transition hors tension, le pantographe est automatiquement abaissé. Ce n'est que lorsque le disjoncteur est ouvert que le pantographe peut être relevé.

La nouvelle construction spéciale du hacheur - que les ingénieurs de ABB Henschel ont réduit à un format extrêmement compact - une mesure absolument indispensable en raison de l'espace très restreint dans les véhicules - représente une étape déterminante dans la technique du trafic à courte distance. L'équipement accessoire à 15 kilovolts a été disposé très judicieusement sur le toit et sous le plancher de la voiture intermédiaire, si bien qu'il ne constitue pas un encombrement supplémentaire à l'intérieur. Tous les véhicules sont conçus pour qu'ils puissent être réduits en automotrices "normales" à six essieux après élimination de la partie médiane, si bien qu'ils peuvent aussi être utilisés pour le service intérieur de la ville.

2.3 - Homologation en service journalier

Avant l'homologation finale de ces nouveaux véhicules pour le service sur le réseau de la Bundesbahn, de multiples courses d'essai et de réception ont été accomplies aux environs de Karlsruhe. En fin d'année 1991, maint conducteur de locomotive se sera frotté les yeux en voyant tout à coup venir à sa rencontre une automotrice de chemin de fer urbain entre les trains intervalles, les trains directs et les trains de marchandises, parfois même tirant derrière elle une voiture de mesure de l'institut de recherches de Minden de la Bundesbahn.

Sur ces parcours, les experts de la Bundesbahn ne

CARACTERISTIQUES des AUTOMOTRICES BI-MODE de KARLSRUHE série 801-810

Type		GT8-100C/25 ⁽¹⁾ pour voie normale 1435 mm	
Disposition des essieux		B'2'2'B'	
Longueur hors attelages	mm	37610	
Largeur hors tout	mm	2650	
Hauteur de la caisse	mm	3405	
Empattement des bogies	mm	2100	
Masse à vide	t	58,6	
Paces assises		100	
Places debout (0,25m ² par personne)		115	
Accélération maximale au démarrage	m/s ²	0,9	
Décélération maximale en service	m/s ²	1,6	
Vitesse maximale	km/h	90	
Puissance des moteurs	{ kW	2 x 245 à 1720 tr/mm	
	ch	2 x 333 à 1720 tr/mm	
Rapport de démultiplication		5,11	
Alimentation de la caténaire	{	Continu 750 V + 20 % - 30 %	
		Alternatif 16 2/3 Hz - 15 kV + 20 % - 30 %	
Equipelement courant continu	{	2 Hacheurs 750 V 350A -	
		Refroidissement par fluide caloporteur	
Equipelement courant alternatif	{	Transformateur 750 kVA et pont-redresseur semi commandé	

Circuit de commande à micro-processeur (MICAS) -

Batterie Cd/Ni 24V-240 Ah.

Réseaux de bord { alternatif 50 Hz - 280/220 V - 18 kVA
continu 28 V 7 kW

Masse totale de l'équipement à courant alternatif 15 kV : 5,5 tonnes.

Freinage : { Compresseur pneumatique à vis 600 l/mm - 10 bars
Frein combiné à récupération et rhéostatique sous 750 V, rhéostatique sous 15 kV
Frein électro-pneumatique - Patins électro-magnétiques
Frein à ressort accumulateur commandé par microprocesseur (KBGM-P)

Bogies moteurs : { type monomoteur Duewag
Royaumes élastiques Bochum

(1) GT8 : Gelenktriebwagen mit 8 Achsen 2S : Deux systèmes (automotrices articulées à 8 essieux)

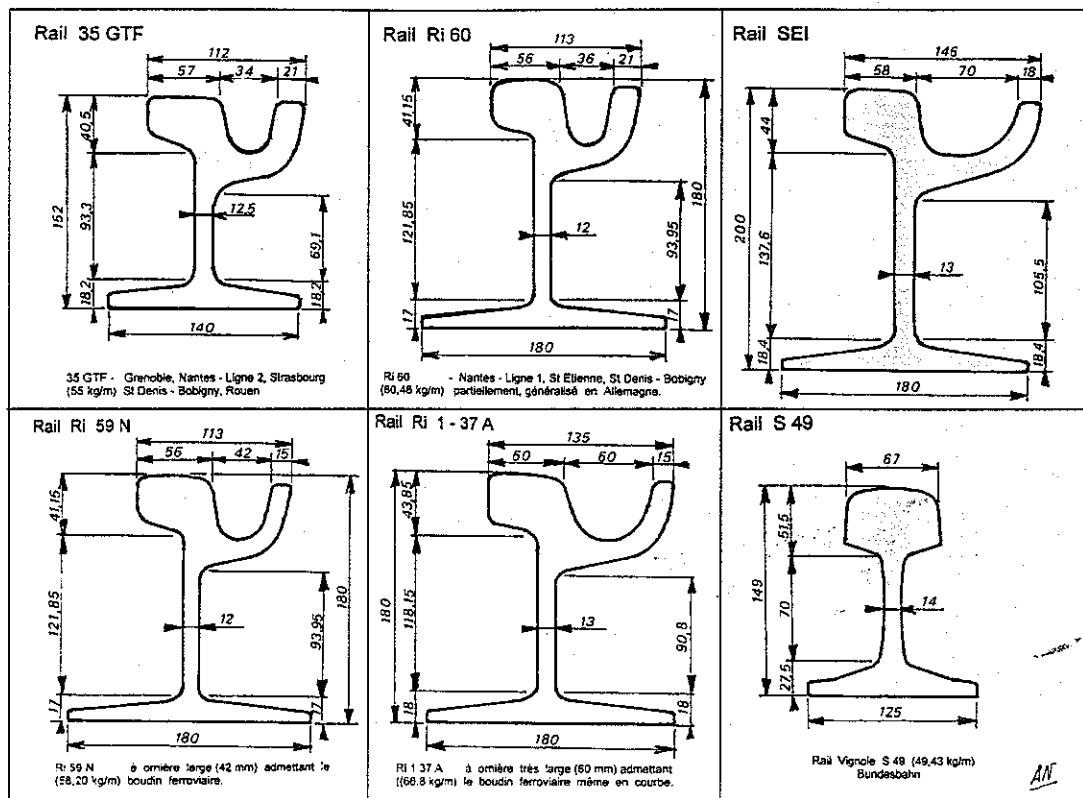
Nota : Les voitures 809 et 810 sont équipées de toilettes.

se sont pas contentés de contrôler la résistance mécanique de la caisse, la tenue de ligne ou la technique de freinage mais encore l'éventuelle interférence des nouveaux équipements sur les installations de signalisation et de radio-télécommunication.

Cependant, l'homologation finale des automotrices a été acquise en service journalier. L'électrification de la ligne du Kraichgau n'étant pas encore terminée lors de la livraison des véhicules, les services de transports de Karlsruhe et la Bundesbahn étaient convenus de procéder à une mise en service provisoire entre Karlsruhe et Pforzheim, ligne sur laquelle les automotrices du chemin de fer urbain prirent la relève des trains locaux le 2 juin 1991. Les voyageurs avaient avant tout fait l'éloge de la plateforme d'accès particulièrement aisée, des grandes surfaces vitrées, des sièges confortables, des excellentes caractéristiques de marche des véhicules ainsi que de leur intérieur clair et agréable. Résultat : une augmentation spontanée du nombre de voyageurs.

Il n'est donc pas étonnant que d'autres villes s'intéressent au modèle de Karlsruhe. Duewag et ABB Henschel sont en train de préparer une variante de l'automotrice bicourant. Cette dernière, équipée d'une batterie à haute énergie à sulfate de sodium, permettra d'utiliser en traction électrique les lignes sans caténaire de la Bundesbahn.

★ ★ ★



3 - Comment assurer la compatibilité entre un tramway urbain et sa circulation sur une ligne ferroviaire aux normes UIC ?

André GACHE

Il pourrait paraître inutile - tellement c'est évident - de rappeler que les tramways et les trains de banlieue ont comme caractéristiques communes qu'ils sont équipés de roues métalliques et roulent sur des rails.

Chacun sait aussi que les voies et les roues de l'un et de l'autre sont différentes :

- pour le tramway : dans les villes rails à gorge - dits aussi rails Broca - avec des types de pose dissimulés sous le revêtement de la chaussée mais aussi rails à patin - dits aussi rails Vignole si on désire ainsi équiper les portions de ligne implantées sur plate-forme indépendante, ou en site propre,
- pour les trains : rails Vignole dans la majorité des cas avec la possibilité de rencontrer des rails Broca en quelques points singuliers (dépôts et ateliers, usines...).

La voie tramway à l'opposé de la voie chemin de fer peut être établie sans inconvénients majeurs pour des écartements différents à l'intérieur d'un même pays. Le revêtement de la chaussée peut dissimuler une pose avec traverses bois enterrées ou sur ballast ou une pose avec traverses béton, monobloc ou bi-bloc, posées sur ballast ou sur béton. Encore aujourd'hui, dans la majorité des cas à l'étranger, l'écartement entre les rails est maintenu par des tringles métalliques d'écartement disposées tous les 1,50 m environ et fixées dans l'âme du rail Broca qui doit être alors assez haute. Il n'entre pas dans notre intention de faire l'inventaire de toutes ces poses qui ont chacune leurs qualités et leurs défauts et se pérennisent souvent par habitude en fonction de critères extrêmement variables parmi lesquels l'attachement sentimental joue un rôle non négligeable.

La voie tramway peut être amenée à présenter des courbes de très faible rayon (18 m dans les dépôts, 30 m en pleine voie).

La masse linéique des rails Broca n'a cessé de croître au fil des années pour atteindre aujourd'hui des valeurs comprises entre 55 kg (rail français 35 G) et 67 kg (rail allemand Ri 1-37a).

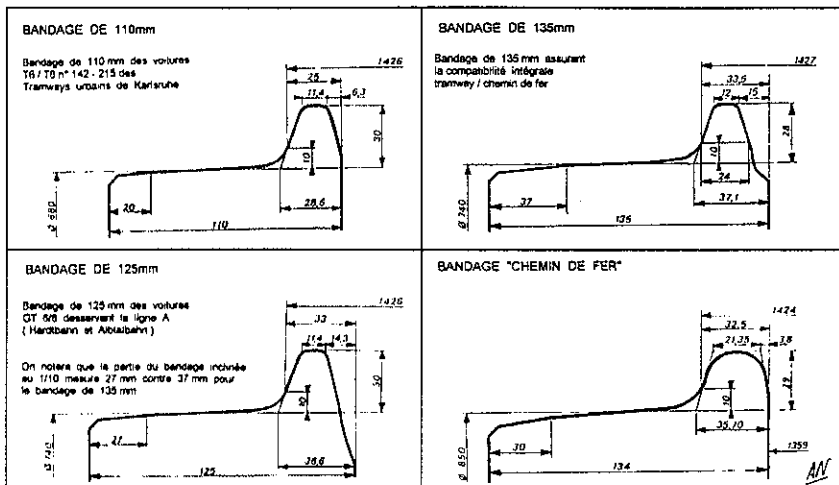
La hauteur totale du rail 35G est de 152 mm avec un patin de 140 mm : il est parfaitement adapté à tous les revêtements de chaussée moderne ou à leur pavement et à une pose sur traverses sans tringle d'écartement.

La hauteur totale des rails allemands Ri 60, Ri 59N, Ri 1-37a ou luxembourgeois NP4 est de 180 mm avec un patin de 180 mm.

Devant être implanté en chaussée, souvent au milieu de la circulation, le rail Broca pour tramway doit présenter une largeur de gorge - ou orniture - qui n'excède pas normalement 36 mm (rail Ri 60) et se réduit même à 34 mm (rail 35G) afin de permettre la circulation des bicyclettes.

Si la profondeur de la gorge de ces rails (40 ou 47 mm) serait suffisante pour le passage du boudin d'une roue ferroviaire, la largeur de l'orniture ne le permet pas.

Le boudin d'une roue ferroviaire exige une orniture de 42 mm, condition remplie par le rail Ri 59N qui peut,



Extrait de Stadtbahn Magazin

D'après STADTBahn MAGAZIN - le magazine du Métro léger -, édition spéciale pour la 43^e foire internationale de SARREBRUCK (septembre 1993)

Il n'est plus possible de surmonter les embouteillages, surtout si l'on considère que la Bahnhofstrasse doit être transformée en zone piétonne dans le cadre du réaménagement du centre-ville.

Comment sortir de l'impasse ?

Environ 20 % du trafic automobile pourrait emprunter les transports en commun, mais cela signifierait que la capacité des transports en commun de banlieue devrait augmenter de 65 % pour le double du nombre de voyageurs.

Aujourd'hui 31 millions de Sarrebrückois empruntent les lignes de la Saartal. La croissance de 1 million de voyageurs chaque année ne peut être surmontée avec le seul système de bus actuel. Déjà 109 bus des lignes de la Saartal empruntent tous les matins, aux heures de pointe, la Bahnhofstrasse : Un bus toutes les 30 secondes !

Il est certain que le problème ne peut être résolu avec les moyens existants. Seul un système ferroviaire peut apporter la solution : un Métro léger pour Sarrebrück et sa région ...

Le Comité de surveillance des lignes de la Saartal et le Conseil municipal ont approuvé le plan établi selon le modèle de Karlsruhe ...

Le Métro léger sera le "tramway" du centre-ville, il roulera sur son propre réseau ferroviaire et sera, là où ceci s'avérera nécessaire, jumelé au bus comme système de desserte. Il empruntera les rails de la Bundesbahn pour quitter la ville. Grâce à sa technique bi-courant (750 V en courant continu ou 15 kV en courant alternatif) et son écartement de 1435 mm, le Métro léger est en mesure d'utiliser à la fois le réseau urbain et celui de la DB dont les lignes électrifiées s'étendent sur 160 km dans un rayon de 20 km autour de Sarrebrück.

Environ 650 000 citadins pourront en profiter dans la zone de concentration urbaine de la Sarre

Le projet peut être réalisé relativement vite.

Les coûts d'investissement et de construction sont moins élevés qu'en cas de construction neuve.

Le Métro léger peut être relié de manière optimale au City-bahn.

Première phase d'aménagement prévue : Lebach, Hausweiler, Hauptbahnhof, Rathaus, Mainzer Strasse et de là, vers Brebach ou Schaifbrücke avec liaison au réseau de la DB en direction de St Ingbert ou Sarreguemines.

Un premier tronçon de 4,5 km de Métro léger partant du centre-ville permettrait d'exploiter une ligne de 26,5 km jusqu'à Sarreguemines ... Il coûterait 120 millions de DM (420 millions de francs), 70 millions étant à imputer à l'infrastructure neuve, 40 millions à l'achat de 10 rames et 10 millions à l'aménagement des ateliers ...

Le projet du Métro léger 2000 permettrait d'aménager une ligne de 115 km dont 46 km en construction neuve. C'est l'objectif pour prendre en charge 20 % du trafic automobile et doubler le nombre de passagers des transports en commun de Sarrebrück ...

à la rigueur, permettre le passage des bicyclettes. Il est cependant préférable de choisir le rail Ri 1/37a qui, avec son ornière de 60 mm donne de l'aisance au passage des roues ferroviaires dans les courbes mais prohibe la circulation des bicyclettes autrement que dans les croisements à angle droit.

Il est bien évident que les roues des tramways qui circulent uniquement sur leur réseau peuvent avoir des bandages d'une largeur totale de 100 à 110 mm (elles étaient autrefois très inférieures) qui sont bien adaptés au passage sur les appareils de voie spécifiques en rails à gorge qui doivent en tenir compte.

Karlsruhe a adopté des bandages de 110 mm sur ses tramways urbains des types T6 et T8 et des bandages de 125 mm, qui autorisent les mêmes facilités de circulation, sur ses motrices articulées à 6 ou 8 essieux (type GT 6/8-80C) utilisées sur la ligne du Hardt. Ils permettent d'insérer dans ces roues des dispositifs d'absorption des vibrations (roues Bochum).

Passage sur les voies DB

La voie DB est une voie classique équipée de rails Vignole S49 d'une masse linéique de 49,43 kg/m dont la table de roulement se raccorde aux flancs du champignon par un congé de 13 mm de rayon identique à celui des rails allemands Broca Ri 59N et Ri 1/37a du côté de l'ornière.

Toutes les roues de Karlsruhe ayant des tables de

roulement raccordées au boudin par un congé de 13 mm de rayon également le guidage est donc parfait dans tous les cas.

Le point qui pose problème est évidemment le passage de la lacune de cœur des appareils de voie unifiés de la DB :

- d'une part cette lacune est plus large que celle des appareils de voie tramway,
- d'autre part le contre-rail opposé à la pointe de cœur est placé à une distance du rail qui permettrait au boudin de la roue de heurter cette pointe et même d'engager la roue dans la direction pour laquelle l'aiguillage n'est pas disposé.

Ce problème s'était posé à Cologne sur le réseau du chemin de fer Cologne-Bonn (KBE) dont une partie de la ligne transversale de Wesseling au Port du Rhin assure un trafic de trains de lignite et un trafic de chemin de fer suburbain dont les voitures circulent sur des rails Broca à Cologne et à Bonn. Il a été fait appel à deux appareils de voie à cœur mobile et à un appareil de voie à pattes de lièvre mobiles de construction autrichienne Voest Alpine. Mais ce sont des solutions onéreuses admissibles seulement pour des liaisons ponctuelles.

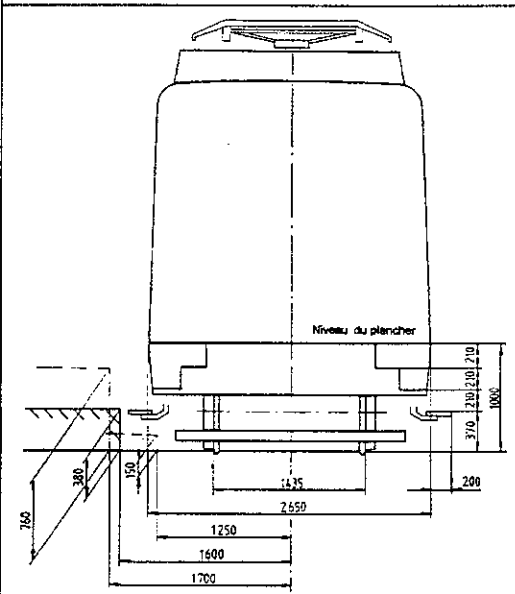
Karlsruhe a résolu élégamment le problème en par :

- un bandage de 135 mm de largeur totale avec un épaulement de 8 mm sur le côté interne de la roue ; il assure le guidage dans le contre-rail avant que le boudin ne vienne en contact avec lui, et maintient ainsi convenablement orienté le boudin dans la lacune de cœur.
- une table de roulement inclinée au 1/40 suivie d'une partie inclinée au 1/10 sur une longueur de 37 mm au lieu de 27 mm. Cette dernière disposition impose évidemment que, sur les rails Broca, la roue ne puisse jamais venir en contact avec le revêtement de la chaussée (notamment par suite d'un affaissement de la voie).

Une solution identique, quoique plus sommaire, a été appliquée depuis fort longtemps à Francfort pour résoudre un problème similaire à celui du KBE ; dans ce cas la partie interne de la roue porte un bourrelet circulaire remplissant le même office que l'épaulement de Karlsruhe mais sa largeur réduite conduit à une usure plus rapide.

Il convient de préciser que, comme il est d'usage sur les réseaux de tramways utilisant des appareils de voie franchis en roulant à fond d'ornière au niveau du cœur, le sommet du boudin des roues comporte une partie horizontale permettant de faciliter ce roulement.

EMMARCHEMENT D'UNE VOITURE BIMODE



Rame 800 de l'AVG (Karlsruhe) à Sarreguemines : des marchepieds abaissés en bonne position par rapport au quai de la gare SNCF.

G. Rannou





Il va de soi que la circulation d'un matériel tramways sur voie chemin de fer n'est envisageable que si celle-ci est en excellent état (voie soudée, alignement soigné, bonne fixation des rails) car les imperfections sont rapidement ressenties par des véhicules légers. C'est une constatation qui avait été faite dès le début de l'utilisation des autorails.

Influence du courant alternatif à 16 $\frac{2}{3}$ Hz sur l'équipement électrique

Un mot doit être ajouté à ce qui a été dit au sujet de la réalisation d'un équipement à courant à 16 $\frac{2}{3}$ Hz. On a certes mis en évidence sa compacité et la qualité de ses dispositions fonctionnelles.

Les constructeurs allemands sont très familiarisés avec le courant alternatif à fréquence spéciale 50 : 3 soit 16,33 Hz. Ils n'ont donc pas mis en relief la difficulté supplémentaire qui leur a été ainsi imposée en ce qui concerne l'encombrement et la masse par rapport à une alimentation en 50 Hz. En effet, l'induction dans le transformateur est proportionnelle à la fréquence, et à puissance apparente égale, le transformateur exige 3 fois plus de fer en 16 $\frac{2}{3}$ Hz qu'en 50 Hz ; il est donc plus lourd.

C'est d'ailleurs pour cette raison que, chaque fois qu'on le peut, on cherche à augmenter la fréquence pour diminuer les masses. Les fréquences de 400 Hz sont, dans ce but, très utilisées en aviation ou, plus couramment, pour alimenter les éclairages fluorescents des véhicules ferroviaires.

Cette remarque ne peut que mettre en valeur la réalisation de Karlsruhe.

L'avenir

La réussite de la formule du tramway bi-mode et bicourant a confirmé la justesse de vue de ses promoteurs. Il fallait concevoir, vouloir, persuader, refuser le découragement, obtenir la collaboration de la DB qui a accepté l'innovation et s'est montrée réceptive.

L'extension de ce réseau hybride est soit acquise, soit en cours de négociations favorables :

- Desserte de Pforzheim par une ligne DB (ligne B)
- Desserte de Rastatt et, à terme, de Baden-Baden (ligne C)
- Desserte de Stutensee (ligne C)
- Desserte de Wörth au-delà de Knielingen sur la rive gauche du Rhin. Dans ce but le pont qui a été inauguré en 1991 est prévu pour recevoir une

seconde voie (ligne B). Le tramway bi-mode emprunterait les voies DB jusqu'aux abords de la localité puis la desservirait en ligne urbaine. Ultérieurement la ligne pourrait être prolongée jusqu'à Landau près de la frontière française.

Par ailleurs la densité de la circulation des tramways dans l'artère principale piétonnière Kaiserstrasse (un tramway par minute aux heures de pointe) ne permettra pas d'absorber l'augmentation prévisible du trafic. Reprenant des études amorcées en 1987 il est indispensable d'entreprendre la mise en souterrain de 3 lignes (A, B, C) de tramways bi-mode dans cette artère et peut-être de la ligne A dans la Karlstrasse en direction de l'Albtal. Le projet actuel concerne environ 2,9 km y compris les trémies d'accès ; il est prévu deux tunnels parallèles à voie unique d'un diamètre de 6,10 m qui autoriseraient d'une part une progression du chantier tunnel par tunnel et d'autre part une implantation des quais à 9,60 m seulement de la surface sur laquelle ne circuleraient plus que les lignes urbaines. Le projet complet de 320 millions de DM réclamerait 6 à 8 années de travaux.

Il était par ailleurs prévisible que l'expérience de Karlsruhe attire l'attention d'autres villes.

La première concernée doit être Sarrebrück qui réintroduirait le tramway d'emblée sous forme bi-mode avec, aussi, la DB pour partenaire. En janvier 1993

En gare de Sarreguemines, le 12 septembre 1993, la rame 810 de l'AVG en partance pour Sarrebrück.

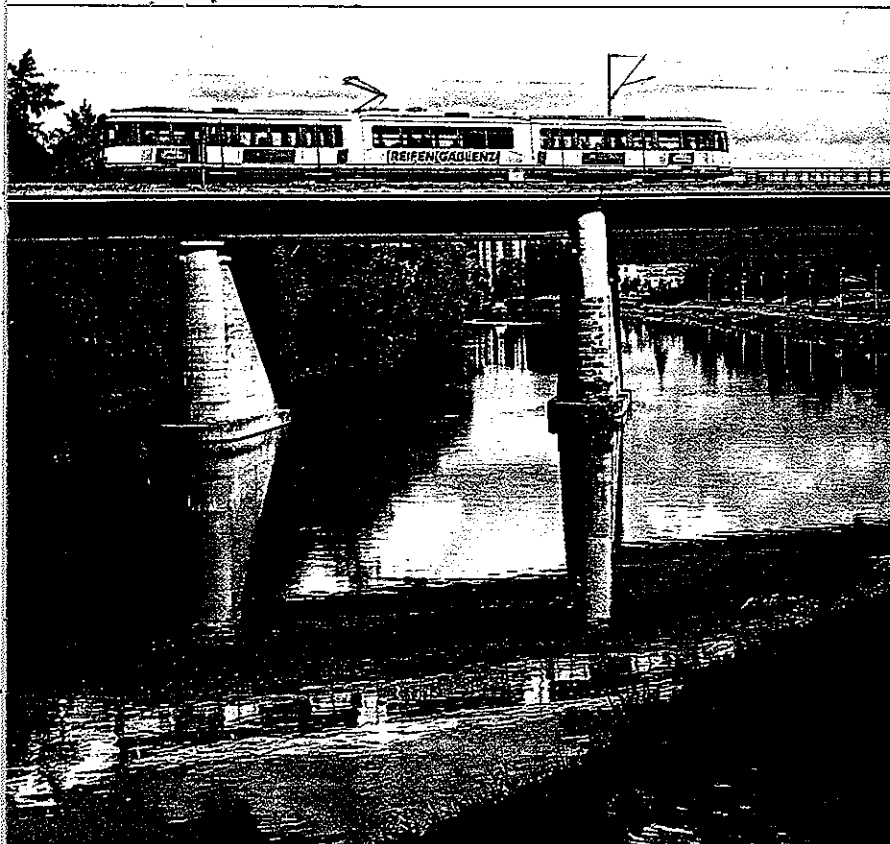
L'essai et la présentation de ce matériel aux populations de Sarrebrück et de ses environs se sont déroulés dans l'apparente indifférence des officiels français lors de sa venue à Sarreguemines.

G. Rannou

Rame bicourant 809 des transports urbains de Karlsruhe (AVG) en essais sur les lignes de la DB : vue en gare de Stuttgart Hbf en juillet 1993.

G. Rannou





La rame tri-caisses 810 de l'AVK en présentation sur les lignes régionales DB de Sarrebruck franchit la Sarre, frontière franco-allemande entre les gares de Hanweiler (DB) et Sarreguemines (SNCF).

G. Rannou

Nous tenons à remercier M. le Directeur Dieter LUDWIG, M. le Directeur Georg DRECHSLER et M. STAMMLER pour l'accueil qu'ils ont bien voulu nous réserver ainsi que pour l'empressement qu'ils ont manifesté pour nous fournir tous les renseignements souhaités.

Une arrivée en gare de Sarreguemines, le 12 septembre 1993.

G. Rannou

s'est fondée à cet effet une Société pour la réalisation d'un réseau de 115 km en phase finale. En même temps a été lancé un appel d'offres international pour la fourniture de 25 automotrices du type de celles de Karlsruhe mais sans doute avec une motorisation triphasée asynchrone et avec une voiture centrale à plancher surbaissé (configuration actuelle de Nantes), parfaitement compatible avec le gabarit des parties basses de la DB qui ne sont pas encombrées par notre antique "crocodile".

Les 16 premières voitures doivent être commandées cette année. En premier lieu est prévue la desserte de Sarreguemines : ce tramway bi-mode assurerait donc un trafic international ! Les autres lignes sont envisagées vers Riegelsberg avec prolongement par la ligne DB de la vallée du Köller jusqu'à Lebach.

Et la France ?

A titre anecdotique rappelons - car c'est un fait peu connu - qu'un tramway bi-courant a existé en France de 1909 à 1932. Il s'agissait d'une ligne reliant Lyon à

Montluel (ligne 16-21 km) et Lyon-Sault-Brénaz passant par Décines, Jons, Pont de Chérucy et la Balme (ligne 17-60 km). La longueur de ces lignes avait conduit au choix pour son électrification du courant monophasé 6,6 kV-25 Hz mais dans Lyon, le long du Rhône, le courant continu 600 V restait utilisé. L'état du matériel roulant de la Compagnie des Omnibus et Tramways de Lyon (OTL) du 1^{er} janvier 1915 précise que circulaient sur ces lignes 15 motrices provenant, en tout ou partie, de la transformation d'ancien matériel de "l'Ouest Parisien" :

- Type A n° 249 à 256 pesant 16,4 t, la première ayant été mise en service le 14 février 1909,
- Type B n° 257 à 263 pesant 17,4 t.

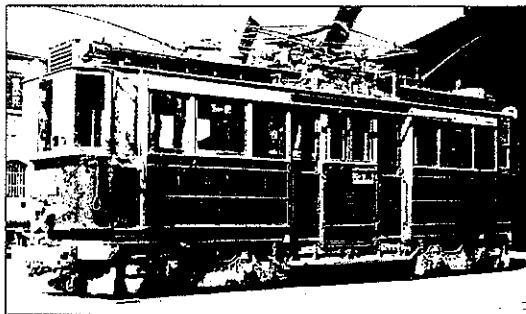
Toutes ces voitures étaient munies de bogies "maximum traction" avec deux moteurs de 60 ch et répondaient donc à la disposition d'essieux A1'1A'. Le courant monophasé était capté par un pantographe central, le courant continu par deux perches (une par sens de circulation).

Evidemment ces voitures n'empruntaient pas les voies du chemin de fer et leurs performances étaient bien modestes !



Voitures de tramway bi-courant 6,6 kV 25 Hz / 600 V continu, type A (ci-dessus) et type B (ci-dessous) de l'OTL.

Collection Gache



Ce rappel du passé étant fait, l'application d'une solution type Karlsruhe peut-elle trouver un écho en France ? Elle a retenu l'attention de certaines personnalités qui se sont montrées séduites et ne l'excluent pas. Comment en dire plus quand on connaît nos pesanteurs administratives et le réflexe habituel de rejet pour toute solution inspirée de l'étranger ? Certes la réalisation d'un tramway bi-courant ne saurait constituer un problème sérieux pour nos constructeurs. Faut-il rappeler en effet que, dès les essais d'Aix-les-Bains-La Roche sur Foron en 1951, des engins bi-courant circulaient déjà ? Point n'est besoin d'insister sur le très large développement que le bi-courant a connu depuis lors en France, même pour les automotrices de banlieue. Sans parler des MI 79 et MI 84 bien connus, faut-il souligner que le matériel Z2N à moteurs asynchrones de la SNCF est sans doute le plus fiable qu'elle possède ? Reste l'autorisation pour le tramway d'utiliser les voies du réseau national en commun avec les matériels classiques !

Le temps doit faire son œuvre et peut-être un jour ce type de réalisation raisonnable et d'une indiscutable utilité trouvera-t-il dans notre pays un champ d'application. Il faut le souhaiter. ■

