

# Le « TAU »

## Un nouveau-né

## qui marche tout seul ! 2/49

Nationalité : belge, nom de baptême : Transport automatisé urbain, diminutif : TAU. Ne dirait-on pas le petit frère du VAL ? Il s'en défend, et ne manque pas d'affirmer son caractère... ferroviaire. Pour qu'il puisse faire ses premiers pas, un superbe terrain d'exercice lui a été bâti tout exprès, non loin de Charleroi. Déjà le dernier-né de chez ACEC marche tout seul, et on lui promet un bel avenir... à Liège.

**L**IÈGE s'équipera du « Transport automatisé urbain », plus communément dénommé TAU. Ainsi en a décidé le ministre belge des Communications lors du récent congrès UITP en mai dernier. Ce tout nouveau système, développé par un consortium belge formé autour d'ACEC (les anciens Ateliers de construction électrique de Charleroi), s'inscrit dans le même créneau que le VAL de Matra. Et, à l'évidence, les analogies entre métro lillois et TAU ne manquent pas...

Pour le « Transport automatisé urbain », tout commença en 1976, soit quelque trois ans après les essais des deux prototypes Matra.

L'étude de faisabilité débouchait sur le lancement d'un programme prototype, entamé dès 1979 en vue de mettre au point les composantes relatives à l'infrastructure, aux véhicules et à la conduite automatique. Quant à la prochaine phase, elle intéressera directement la réalisation de la première ligne devant être exploitée en service commercial à Liège.

### Unique en Europe

Source de perpétuel étonnement pour le visiteur, le dispositif expérimental déployé dans le seul but d'assurer la mise au point du TAU ne relève décidément en rien d'un simple bricolage. Unique en Europe aux dires de ses promoteurs, le circuit d'essai du CRTH (centre de recherches technologiques du Hainaut), implanté à Jumet, dans la banlieue de Charleroi, est opérationnel depuis 1982. Il a été conçu de manière à être représentatif de l'ensemble des contraintes et difficultés qui pourraient être rencontrées tant lors de la construction d'un tel système que lors de son exploitation ultérieure. Le circuit principal mesure 2 180 m et le circuit secondaire, dévolu à l'étude de l'inscription en courbes et contre-courbes successives, 457 m. Les installations incluent encore une section en tunnel, longue de 100 m, avec station entièrement équipée et « caves » simulant celles d'habitations riveraines pour l'étude acoustique de différents types de pose antivibratoire des voies, un dépôt-atelier et un poste central de commande avec tour de contrôle permettant une surveillance visuelle du site. Toutes les conditions d'exploitation relatives à

un réseau réel peuvent ainsi être simulées. La qualité de conception, mais aussi d'exécution de ces installations purement expérimentales, ne saurait passer inaperçue...

Deux rames ont, par ailleurs, été construites : la première, mise en service en 1983, conserve le caractère de laboratoire tandis que la seconde, achevée pour le congrès UITP de mai dernier où elle fut présentée en circulation, préfigure déjà les futurs véhicules commerciaux.

### Voie métrique et informatique

A première vue, le TAU affiche un net air de famille avec le VAL : on y retrouve les mêmes éléments indéformables à deux caisses de petit gabarit évoluant sans conducteur à bord et desservant des stations aux quais munis de portes palières.

Mais il s'en différencie principalement en adoptant comme mode de roulement et de guidage la roue d'acier sur... voie métrique traditionnelle ! La technique originale de construction des sections souterraines, l'alimentation électrique ainsi que la structure des automatismes mis en œuvre pour le pilotage automatique des véhicules se démarquent également des réalisations existantes.

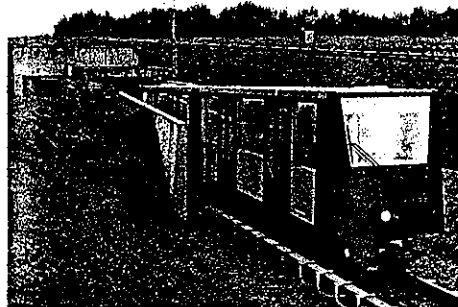
« Nous n'avons pas cherché à développer un simple véhicule ou un ensemble d'automatismes, mais plutôt un nouveau système de transport urbain offrant des qualités équivalentes à celles d'un métro classique, tout en étant adapté aux villes moyennes où un tel équipe-



Des techniciens pour voyageurs ! L'intérieur du véhicule, un peu spartiate, est à l'épreuve du vandalisme.

ment serait à la fois surdimensionné et trop coûteux », précise Michel Decoene. Abonné à *La Vie du Rail* et lecteur de notre revue depuis 1968, il nous reçoit aujourd'hui en tant qu'ingénieur chargé des marchés d'exportation chez ACEC. Ce constructeur possède au demeurant une solide expérience ferroviaire illustrée en particulier par les récents matériels LRT en service à Charleroi, sur la côte belge et jusqu'à Manille, le métro de Bruxelles, les locomotives et automotrices à hacheur pour la SNCB et le réseau marocain, des équipements électroniques de signalisation, ou encore les expérimentations actuelles sur des secteurs de pointe comme la traction asynchrone, l'information des fonctions de sécurité et d'exploitation, les fibres optiques et la voix synthétique.

« Nous avons cherché à réduire les deux composantes du coût d'un système, à savoir l'investissement et l'exploitation », poursuit Walter Vandevoorde, l'ingénieur responsable technique du projet chez ACEC. « Les 3/4 de l'investissement relatif à un métro en zone urbaine concernant le génie civil, on a tenu compte de cet aspect dès la conception des véhicules et des stations. Ainsi le tunnel est-il



Trémie d'accès à la station souterraine. Le triple troisième rail est bien visible.

établi à très faible profondeur, au niveau des caves, en suivant exactement le tracé des rues, ce qui est rendu possible par la conception d'un bogie spécial permettant l'inscription en courbe de 10 m de rayon seulement ! Pour le génie civil, un concours d'idée a été lancé qui a permis de retenir la méthode révolutionnaire "RDW" basée sur l'emploi d'éléments préfabriqués : par tranche de 2,25 m, jour après jour, on ouvre la voirie pour y déposer un élément préfabriqué, on le bétonne puis on referme aussitôt la fouille. 40 m par 40 m, mois après mois, le chantier mobile progresse, rendant la chaussée à la circulation derrière lui. La gêne importante ne s'étend que sur 6,5 m (soit trois éléments de tunnel) pendant seulement trois jours. Durée et nuisance du chantier sont réduits au minimum et nous gagnons 50 % du coût du génie civil vis-à-vis d'un métro classique. Quant aux frais d'exploitation, ils demeurent très limités grâce, naturellement, à l'automatisation intégrale... »

## Excusez du pneu !

En découvrant le TAU, la première question venant à l'esprit a trait au mode de roulement et de guidage adopté. Matra a préféré une solution « pneumatique ». A-t-elle été ici envisagée ?

« Les défenseurs du pneumatique évoquent toujours le surcroît d'adhérence », souligne Walter Vandevoorde. « Mais ils ne l'utilisent pas, car le souci du confort des voyageurs limite nécessairement l'accélération admissible. En fait, la plus faible adhérence de la roue d'acier sur rail d'acier n'est pas un inconvénient : en demi-motorisation, nous garantissons le démarrage en rampe de 6 %. De plus, le pneumatique pose des problèmes avec la neige, le verglas : il faut alors chauffer les pistes. Nous n'avons pas voulu chercher l'innovation pour l'innovation. Le constructeur BN, responsable de la partie mécanique, est un habitué de la technique ferroviaire, et la voie du LRT est simple et fiable. Donc, on la garde... »

Un triple troisième rail courant le long de la voie attire inévitablement l'œil du visiteur. Assurément, l'alimentation s'effectue en triphasé. On s'attendrait alors à trouver sur les véhicules des moteurs à cage d'écureuil. Eh bien non ! Un pont redresseur par caisse alimente quatre moteurs à courant continu. Pourquoi ne pas avoir tenté une solution asynchrone, et, dans le cas présent, pourquoi donc une alimentation triphasée ?

« Le rayon de courbure de 10 m impose des roues indépendantes, et donc des moteurs de roue. Avec des moteurs à cage d'écureuil, nous aurions dû recourir à un onduleur par roue, solution qui n'était pas optimale. Par contre, le choix d'une alimentation triphasée offre plusieurs avantages. Il évite la double conversion du courant : les sous-stations ne sont plus que de simples transformateurs et le hacheur embarqué devient un pont redresseur complet à thyristors à commutation naturelle. Simples transformateurs, les sous-stations deviennent parfaitement réversibles, ce qui permet le freinage électrique par récupération (et à couple constant) jusqu'à vitesse nulle ; au-delà, le véhicule repart en marche arrière. Cette efficacité du freinage électrique jusqu'à l'arrêt, jointe à la régulation très fine qui caractérise ce mode de freinage, permet un tir au but d'une précision de quelques centimètres ! De plus, avec l'alimentation triphasée réalisée par triple troisième rail latéral, les rails de roulement sont utilisés comme terre, ce qui élimine les problèmes de courants vagabonds inhérents aux retours de courant. Enfin, une telle alimentation réduit les chutes de tension en ligne... »

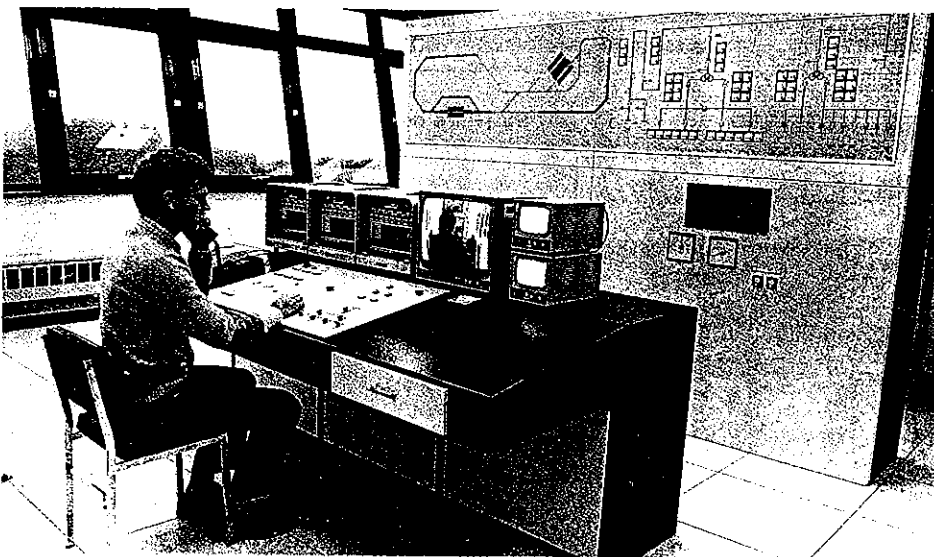
L'indépendance des motorisations de chaque caisse garantit la disponibilité du véhicule. Les quatre moteurs d'une même caisse, à

La station, avec ses portes palières, évoque indubitablement le métro de Lille.



Sans nul doute, une chance pour ce TAU qui, de la sorte, va bénéficier – si tout va bien – d'une technologie particulièrement pointue, et surtout... simplificatrice dans la structure des équipements. Le principe du système repose sur un dialogue permanent entre ordinateurs installés dans un poste central de commandes (PCC) et des processeurs montés sur les véhicules. Lesdits véhicules s'autolocalisent et transmettent l'ensemble des paramètres relatifs à leur progression au poste central qui, en retour, délivre à chacun d'eux une consigne de marche. L'avantage majeur d'un tel système ressortit à la réduction au strict minimum de l'appareillage nécessaire en campagne (voie et stations) au profit du regroupement des équipements au PCC et sur les véhicules. Fiabilité et maintenance devraient s'en trouver nettement favorisés. Mais regardons d'un peu plus près l'architecture des automatismes mis en œuvre.

Le dialogue entre les véhicules et le PCC chemine par l'intermédiaire d'antennes fixées sous chacun d'eux et d'un simple câble inductif posé en boucles dans la voie. Les croisements de ce câble selon un pas de quelques dizaines de mètres permettent aux véhicules de s'autolocaliser. Toutes les fonctions de sécurité au sol et à bord des véhicules sont réalisées en « informatique dédoublée » (trois calculateurs redondants travaillant simultanément en parallèle) avec processus de vote majoritaire « 2 sur 3 ». Deux calculateurs au moins doivent être parvenus au même résultat, ce qui garantit la sécurité, tandis que le troisième, en sauvegardant l'exécution du processus avec l'un d'eux en panne, garantit la disponibilité. Et l'on retrouve le dédoublement au niveau de la transmission voie-machine avec l'existence de trois canaux différents acheminant séparément les échanges d'information entre les calculateurs du PCC et leurs homologues embarqués...



Au poste central de commande (PCC), l'opérateur dispose d'écrans cathodiques affichant les paramètres relatifs au fonctionnement du système et réalisant la surveillance vidéo de l'intérieur des véhicules et des stations.

Ces fonctions de sécurité appartiennent au « niveau hiérarchique inférieur (NHI) » ainsi dénommé par opposition au « niveau hiérarchique supérieur (NHS) », ayant trait à l'exploitation. Le NHS, qui prend en charge toutes les fonctions non sécuritaires comme la régulation du trafic, la commande des itinéraires ou la gestion du parc, comporte deux calculateurs redondants dont l'un demeure en permanence en *stand-by*.



Sur le site de Jumez, le poste central de commande (PCC) et le dépôt.

A partir des autolocalisations, les calculateurs du PCC élaborent puis transmettent à chaque véhicule un « niveau de vitesse maximal », fonction de la configuration et de l'occupation de la voie en aval, ainsi qu'un « niveau de vitesse conseillé », toujours inférieur au précédent et prenant en compte les aspects liés à l'exploitation. A bord du véhicule, le « niveau de vitesse conseillé » est traité par les processeurs responsables de la régulation de vitesse, qui transforment cette information en ordres de traction ou de freinage. Dans le même temps, les processeurs de sécurité responsables du contrôle continu de vitesse comparent la vitesse réelle au « niveau de vitesse maximal », provoquant l'arrêt par freinage d'urgence au cas où celle-ci le dépasserait. Voilà donc une réalisation qui illustre assez bien le nouveau concept de pilotage automatique numérique en regard duquel les classiques systèmes analogiques risquent bientôt de paraître un tantinet obsolètes...

Le projet est actuellement développé par ACEC (responsable de l'ingénierie d'ensemble et des équipements électriques, électroniques et informatiques), conjointement avec BN (responsable de la partie mécanique des véhicules) et le CRTH. Pour la future réalisation liégeoise, ACEC dirigera un consortium multidisciplinaire en cours de constitution.

Sur le site de Jumez, nous avons ainsi voyagé à bord du TAU expérimental. Seules critiques émises : le niveau sonore à l'intérieur des véhicules apparaît encore un peu trop élevé et l'esthétique extérieure ne fait pas l'unanimité. A propos, aviez-vous remarqué que la livrée du TAU jouait sur les couleurs nationales belges ?

Philippe HÉRISSE

### Caractéristiques comparées du TAU expérimental et du VAL lillois

	TAU	VAL
Véhicules	éléments composés de deux voitures scindables uniquement en atelier.	
Roulement et guidage	roue acier sur voie métrique conventionnelle	pneumatiques sur piste
Longueur d'un élément	17,500 m	26,140 m
Largeur	2,060 m	2,060 m
Hauteur	3,000 m	3,250 m
Masse à vide	16 t	30 t
Nombre maximum d'éléments en UM (longueur de la rame correspondante)	3 (52 m)	2 (52 m)
Places offertes par élément :		
- assises.....	28	44
- debout.....	90	164
(6 voyageurs par m <sup>2</sup> )		
Total	118	208
Alimentation	triphasé 950 V par triple 3 <sup>e</sup> rail latéral	continu 750 V à partir des barres de guidage (une piste positive, une piste négative)
Accélération	1,2 m/s <sup>2</sup>	1,3 m/s <sup>2</sup>
Vitesses :		
- de croisière....	60 km/h	60 km/h
- de pointe.....	72 km/h	80 km/h
Freinage électrique par récupération	oui	oui
Rayon de courbure minimum	10 m	40 m (30 m pour Chicago)
Rampe maximale	6 à 8 %	7 à 10 %
Intervalle minimum de succession	60 à 90 s selon configuration de la ligne	60 s
Capacité du système	15 à 20 000 voyageurs par heure et par sens	20 000 (30 000 si 3 éléments) voyageurs par heure et par sens.