

SNCF  
SGRDD-Bibliothèque  
45, rue de Londres  
75379 PARIS CEDEX 08  
(PARIS SAINT-LAZARE)  
Tel. : 01 53 42 90 11

REFERENCE

**FER039907**

CAHIER

**154**

3027

## **Connaissance du rail**

n° 251, novembre 2002, pp. 12-17, phot. coul. - (REVUE) - S/C : 0306

Un nouveau "tram" pour Caen.

IC

# Un nouveau "tram" pour Caen

XCA 154

Rame en essai devant l'église St Pierre.  
(Cliché Vivacités)

## Calvados

Relancé par Nantes en 1985, le tramway a depuis refait son apparition en France dans une bonne dizaine d'agglomérations, engendrant des taux de fréquentation qui dans bien des cas ont dépassé les prévisions les plus optimistes. Mais si jusqu'à présent les trams roulaient de façon classique sur deux rails en acier, celui de Caen roulera sur des pneus, avec guidage par un unique rail central assurant également le retour du courant.

**Pourquoi ce choix ?**

Le garage à l'air libre des rames du TVR de Caen au dépôt-atelier d'Hérouville St Clair, dépourvu de tout rail de guidage et de ligne aérienne. (Cliché P.Y. Bourneuf)

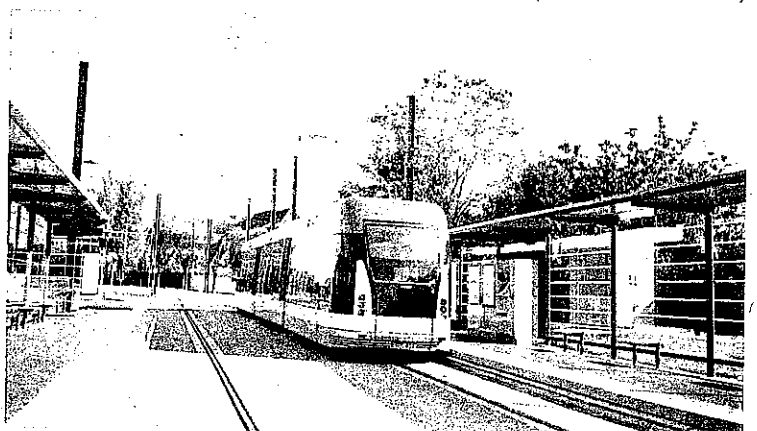
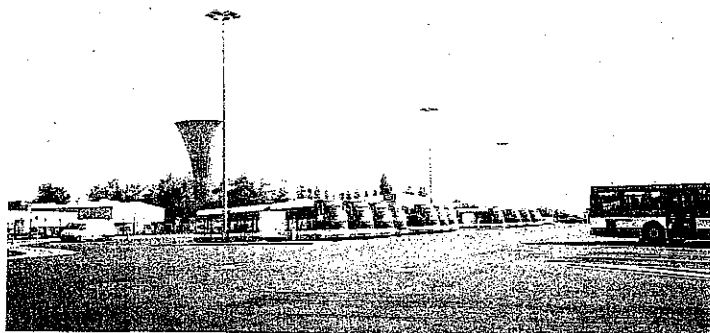


À Caen, 66% des emplois sont localisés en ville, dont 20% dans le centre. En 14 ans, le trafic a augmenté de plus de 30%, et des axes comme l'avenue du Six Juin et la rue St Jean sont empruntés par 55 000 voitures par jour. Dans le même temps, l'agglomération s'est étoffée selon un mouvement concentrique tendant à s'étaler, avec pour corollaire une aug-

mentation de 100% de la circulation automobile, au détriment du vélo et de la marche à pied. Parallèlement, les dessertes inter-quartiers et centre-quartiers sont insuffisantes et les liaisons vers les autres pôles majeurs (Université, Technopole... ) se dégradent. Pour remédier à cette situation, il devenait indispensable de développer très sensiblement

L'arrière d'une rame de TVR en essais à la station de bifurcation "Copernic".

En tant que véhicule routier, elle possède une plaque d'immatriculation, encore basée dans le département du Nord, où se trouve l'usine de Crespin du constructeur Bombardier. (Cliché P.Y. Bourneuf)



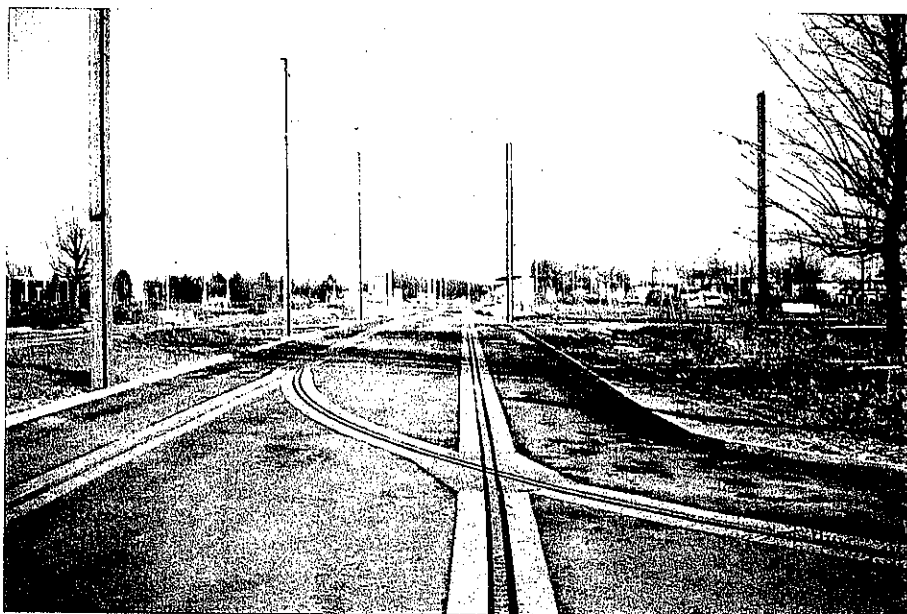
l'offre des transports en commun, mais les seuls autobus, assurant 20% des déplacements, ne pouvaient y faire face en raison d'une capacité insuffisante et d'une vitesse commerciale de plus en plus faible compte tenu de l'accroissement de la circulation générale.

### "Intermédiaire" et "bimodal"

Les premières réflexions sur l'avenir du réseau de transport en commun de l'agglomération caennaise remontent à 1988. En 1990, le bureau d'études SOFRETU a mené une recherche comparative entre le mode routier (autobus roulant sur site protégé) et le mode ferré (tramway classique sur rails). Ce dernier s'est avéré inadapté à la topographie de la ville, notamment en raison de la rampe du Gaillon (9%) ; de plus, jugé trop coûteux pour une agglomération de taille moyenne, il a été rapidement abandonné. En revanche, le bus sur site protégé s'est montré compatible avec les moyens financiers de la Ville, mais ne résolvant pas les problèmes de circulation. Un nouveau mode de transport en commun de type "intermédiaire" et "bimodal", répondant en tous points au cahier des charges défini, a alors été imaginé par le SMTAC, le Syndicat Mixte des Transports en Commun de l'Agglomération Caennaise. Jusqu'alors, la gamme des transports collectifs urbains n'était composée que d'autobus, de trolleybus, de tramways et de métros. Avec le tramway sur pneus (officiellement baptisé "TVR" pour *Transport sur Voie Réservée*), elle s'enrichit d'un système nouveau, intermédiaire entre l'autobus, le trolleybus et le tramway. Conçu pour fonctionner en mode guidé par un rail central unique, le tram sur pneus peut également s'en affranchir et être exploité en mode routier sur la voirie. Ce changement peut (théoriquement) s'effectuer en n'importe quel point du réseau, en quelques secondes seulement, pour regagner le dépôt ou lors de travaux de voirie. En mode guidé, il est alimenté comme un tram par une ligne aérienne de contact et un pantographe, avec retour du courant par le rail de guidage. En mode autonome, sa conduite s'effectue manuellement à l'aide d'un volant comme un autobus articulé, l'énergie étant délivrée par un groupe électrogène embarqué.

### Le TVR

Le 21 novembre 1991, le projet de "TVR" (Transport sur Voie Réservée) est adopté à l'unanimité par le Comité Syndical, et le 13 mars 1993 est lancé l'appel d'offres européen



Près de la station "Maréchal Juin", amorce d'un boucle de retournement intermédiaire, avec au premier plan un croisement biais des rails de guidage. (Cliché P.Y. Bourneuf)

pour la concession de travaux publics. L'année suivante est choisi la STVR, groupement des sociétés SPIE-Batignoles/Bombardier Eurorail et ANF-Industrie comme concessionnaire des travaux publics, la CTAC (Compagnie des Transports en Commun de l'Agglomération Caennaise) étant sélectionnée en

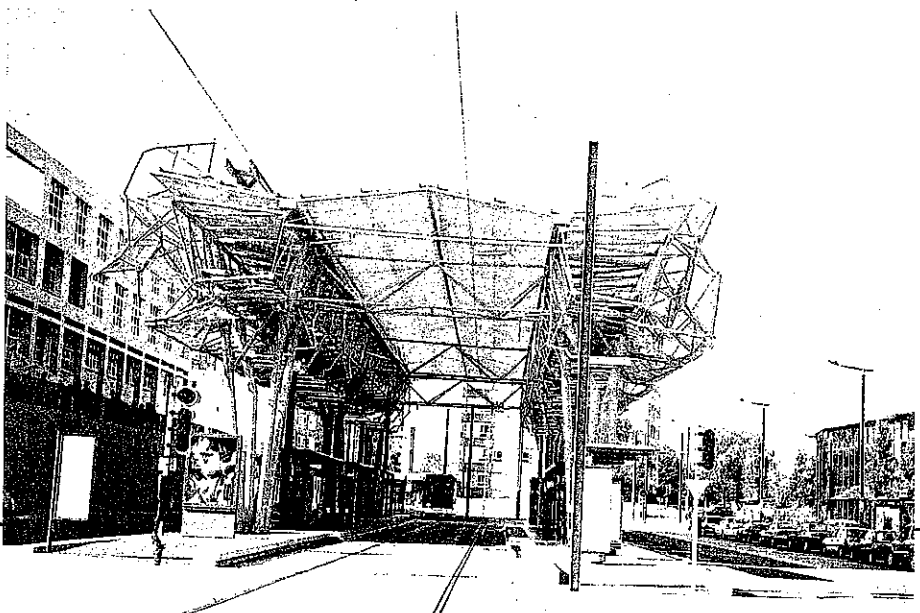
1997 comme concessionnaire de service public pour exploiter le nouveau réseau Tram+bus.

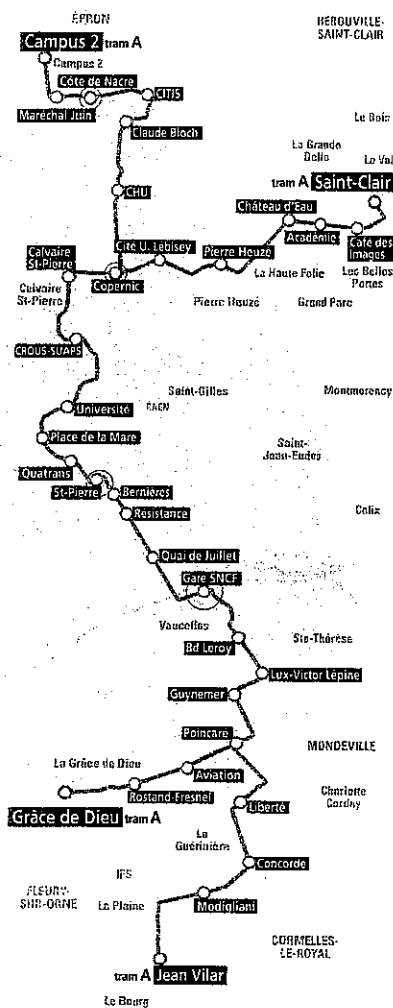
Rappelons que le "TVR" est plus précisément un tramway monorail sur pneus, système "innovant" dérivé du GLT (*Guided Light Transport*), autobus articulé à guidage débrayable



À proximité de la station "Maréchal Juin" (vue vers l'est en direction de "Côte de Nacre"), deux voies en impasse sont destinées à l'insertion et à la sortie des rames du réseau guidé. (Cliché P.Y. Bourneuf)

Le terminus nord-est "Hérouville St Clair" est surmonté d'une structure au style résolument "moderne". On aperçoit au fond une rame qui vient de faire demi-tour sur la boucle de retournement. (Cliché P.Y. Bourneuf)





La première ligne du réseau de tramway sur pneus de Caen. (Doc Vivacités)

expérimenté à Rochefort en Belgique. Moins cher qu'un tram classique (mais avec une capacité moindre car limitée aux dimensions maximales d'un véhicule routier), le GLT est "multimodal", c'est à dire qu'il peut fonctionner soit comme un autobus diesel (mode autonome, éventuellement guidé), soit comme un trolleybus (mode électrique alimenté par deux perches), soit comme tramway (avec guidage par rail central et alimentation par deux perches ou bien un pantographe). L'idée initiale est d'exploiter un axe lourd en mode électrique guidé en centre-ville, avec possibilité d'extensions en périphérie en mode autonome. La marche autonome peut également être utilisée en cas d'interception (incident, travaux souterrains, etc.) en centre-ville, avec une perturbation minimale du service. À ce titre, pour construire une ligne, il ne devient (théoriquement) plus nécessaire d'effectuer les travaux préalables de déviation des réseaux souterrains tels que l'eau, le gaz, l'électricité, le téléphone et les égouts, d'où une économie d'investissement.

Après différents avatars (cf. Encadré) les premiers travaux ont enfin pu commencer en

2000, pour s'achever à la mi-2002 ; après les indispensables marches à blanc, la mise en service a été fixée au 15 novembre 2002.

## Le réseau

Entièrement équipé d'un rail central de guidage et d'une ligne aérienne de contact, totalisant 15,7 km et desservant 34 stations suivant un axe nord-sud, le tramway de Caen se compose de deux lignes avec un important tronçon commun entre Copernic et Poincaré (5,7 km et 15 stations), traversant le centre historique (St Pierre) et passant devant la gare SNCF :

- ligne A : Campus II - Copernic - St Pierre - Gare SNCF - Poincaré - Iffs-Jean Vilar ;
- ligne B : St Clair - Copernic - St Pierre - Gare SNCF - Poincaré - Grâce de Dieu.

Assuré 7 jours sur 7 de 5h30 à 0h30 (soit 19h d'amplitude), le service offrira en période de pointe un intervalle de 3 minutes 30 sur le tronçon commun et 7 minutes sur les branches ; cette fréquence tombera respectivement à 1/4 d'heure et 1/2 heure en période creuse des dimanches. Nécessitant 30 minutes, le parcours complet sera 30% plus rapide qu'avec l'autobus.

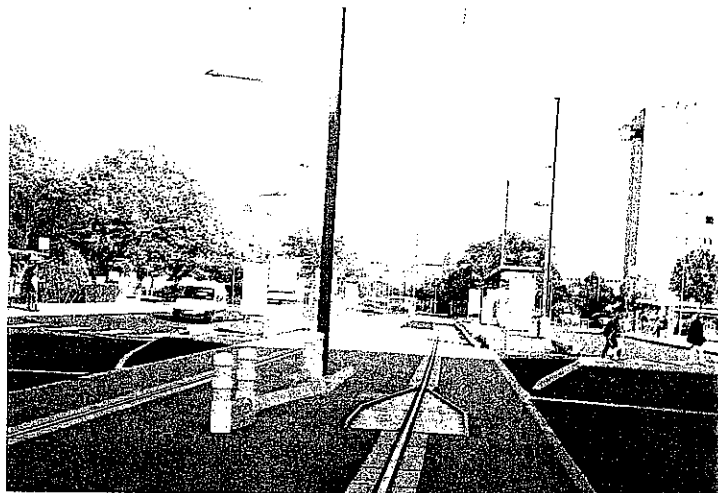
Ce premier réseau assurera la desserte de 40% des déplacements en transport en commun de l'agglomération, soit dans un rayon de 400 m autour des stations 70 000 habitants et 60 000 emplois.

Le nouveau réseau associant les autobus venant en complément du tramway a été dénommé "TWISTO".

Le remisage et l'entretien des rames de TVR s'effectue sur le vaste terrain du dépôt des transports urbains de Caen, situé dans la zone industrielle de la Sphère, au nord de la ville sur la commune d'Hérouville St Clair. Des aires de stationnement, des bâtiments d'exploitation et de maintenance ont été aménagés à cet effet, de même qu'une piste d'essais comportant deux boucles et un rail de guidage sur environ 200 m. Les rames pouvant circuler en marche autonome sur voie routière comme des autobus, il n'a pas été prévu de liaison de service avec rail de guidage et ligne aérienne entre le dépôt-atelier et les points de jonction avec le réseau.

Entre les stations "Côte de Nacre" et "Maréchal Juin" sur la branche A au nord du réseau, des sites propres en impasse munis de rail de guidage raccordés à la ligne principale per-

Le terminus sud-ouest "Grâce de Dieu". On voit au premier plan un dispositif mobile d'insertion des rames TVR après un parcours en mode autonome à conduite manuelle. (Cliché P.Y. Bourneuf)



## Le TVR et ses avatars

Bien qu'ayant été approuvé en date du 21 novembre 1991 à l'unanimité par les membres du Syndicat Mixte des Transports, le futur TVR (le "tramway sur pneus") était d'emblée déjà fortement contesté, jugé "ruineux", "trop aventureux", "pas utile". Suite aux élections municipales de 1995 au climat houleux, il a fait l'objet le 16 juin 1996 d'un référendum... dont le résultat a été le rejet du projet. Parmi les suffrages exprimés (seulement 24,64% des intéressés s'étaient prononcés), les votes favorables se sont limités à 29,05%. De ce fait, les procédures en cours ont été arrêtées. Mais compte tenu des dédits à payer aux fournisseurs engagés, et arguant de la faible participation au référendum, le Conseil Municipal a décidé de passer outre, avec un vote favorable de 37 des membres sur 55 lors de sa séance du 4 février 1997.

Un nouveau coup d'arrêt est intervenu fin juin 1998, lorsque la Commission d'enquête publique a rendu un avis défavorable, mettant en cause le montage juridique, le coût financier excessif (1,2 milliards de francs) et le coût environnemental. Finalement, le Conseil d'État a donné son accord le 20 août 1999, et les travaux ont pu enfin commencer.

*Photo-montage du TVR de Caen s'apprêtant à graver la rampe de 9% de la rue du Gaillon, au nord du Château. (Doc. Vivacités)*

mettent aux rames prenant le service de s'introduire sur le réseau électrifié en prenant appui sur le rail de guidage, ou à l'inverse de quitter le circuit après le service. Comme aux quatre terminus, une boucle de retournement a été aménagée pour le demi-tour des rames, toutes de type unidirectionnel. Un autre site d'insertion a été implanté à Hérouville St Clair, sur la ligne B entre les stations "Café des Images" et "Académie" ; c'est lui qui sera utilisé en service normal.

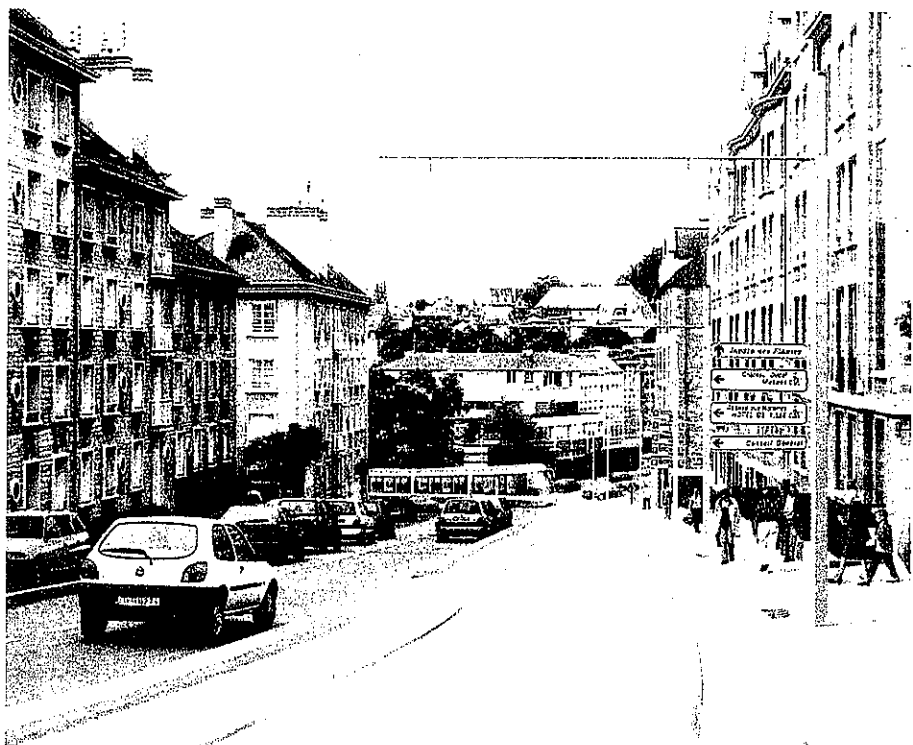
Après avoir parcouru en mode autonome une distance de 1,5 km entre le dépôt-atelier et Hérouville St Clair, les premières rames une fois insérées gagneront à vide le sud du réseau avant de prendre leur service commercial. Neuf autres sites d'insertion sont prévus en ligne, tenant compte des itinéraires de détournement sur chaussée banalisée ; ils seront complétés par 20 systèmes d'insertion mobiles utilisables en cas de besoin. Pour des raisons de sécurité, les marches en mode autonome (accès au dépôt et franchissement d'interception de la ligne) s'effectueront toujours sans voyageurs.

L'une des sections en forte déclivité (9%), la pente du Gaillon, se trouve juste au nord du Château, entre les stations "Place de la Mare" et "Université" ; l'autre (9% également) est au sud de la gare SNCF, pour atteindre le plateau de la Demi-Lune par les rues Roger Bastion et des Muets : comportant des courbes dans les deux sens, cette rampe traverse en outre une rue à fort trafic. Ces conditions particulièrement défavorables ont influé sur le choix du roulement sur pneumatiques, garantissant a priori une meilleure adhérence en forte déclivité.

## Le matériel roulant

Livré de février à juillet 2002 par camion-plateau depuis les usines Bombardier de Crespin dans le département du Nord, le parc se compose de 24 rames unidirectionnelles. Composée de 3 caisses reposant sur 4 essieux routiers orientables, chaque rame a une largeur de 2,50 m (comme les

*L'avant d'une rame de TVR en essais à la station "Copernic" en octobre 2002. (Cliché P.Y. Bourneuf)*



autobus) une longueur de 24,50 m et une hauteur de 3,50 m (hors pantographe). Accessible par 4 doubles portes latérales sur le côté droit, la partie centrale dévolue aux voyageurs est à plancher surbaissé. La capacité est de 150 personnes, dont 41 assises et 11 strapontins. La masse à vide est de 27 tonnes, avec une charge maximale respectant les normes routières, soit un maximum de 38 t au total. À l'extrémité avant se trouve le poste de conduite, comportant notamment un volant de direction (élément que l'on retrouve plus sur les véhicules routiers que sur les véritables

"tramways" ! ) ; juste dessous se trouve l'un des moteurs électriques de traction, de type asynchrone triphasé (à "cage d'écureuil") et développant 150 kW. Les deux moteurs électriques de traction sont alimentés par l'intermédiaire d'un onduleur à transistors IGBT (*Insulate-Gate Bipolar Transistor*).

À l'extrémité arrière prend place le second moteur de traction, au dessus duquel est installé le groupe électrogène d'autonomie, composé d'un diesel de 224 kW associé à un alternateur de 201 kW. Par ses performances élevées, il ne s'agit pas d'un simple groupe de



secours, mais d'une installation permettant à la rame de disposer des 2/3 de sa puissance en mode autonome.

En mode guidé, l'orientation de chaque essieu fait appel à une paire de galets (en forme de poulie) prenant appui verticalement sur le rail de guidage. En mode autonome, les galets sont relevés et l'essieu avant est dirigé par le conducteur du véhicule, les essieux arrières étant orientés par une bielle conjuguée avec la position angulaire de la caisse voisine afin d'éviter le déport dans les virages. Cette bielle est débrayée en mode guidé.

Non utilisée en service commercial normal, la marche en mode autonome est prévue pour les seuls parcours de service, ce qui a permis de simplifier les aménagements du dépôt-atelier (pas de rail, ni d'aiguillages, ni de ligne aérienne). En cas d'incident ou de travaux, la marche autonome sera possible, mais sans voyageurs. Le rayon minimum de giration est de 12 m, meilleur qu'un tram sur fer — qui à vrai dire n'est pas concerné dans la mesure où les rames bidirectionnelles se contentent d'une voie en impasse pour faire demi-tour.

### Qui fait quoi ?

Le projet de TVR de Caen fait appel à un montage juridique comportant un concédant et deux concessionnaires, liés par une convention tripartite.

*Vivacité*, le Syndicat Mixte des Transports en Commun de l'Agglomération Caennaise est l'autorité organisatrice des déplacements — tous modes confondus — au sein du périmètre des transports urbains. C'est une collectivité locale qui en date du 27 septembre 2002 vient d'être étendue à 28 communes totalisant 220 000 habitants, dont Caen avec 120 000 h. En tant que concédant, *Vivacité* détermine la politique des déplacements, formule des prescriptions à l'attention des communes membres et organise les concertations sur les dossiers d'intérêt général dont elle a la charge.

*La STVR*, Société de Transport sur Voie Réservée est le concessionnaire de travaux publics, avec pour responsabilités la conception du mode de transport, le financement, la réalisation des travaux de voirie, la réalisation des ouvrages, des installations fixes et du matériel roulant, la maintenance des équipements.

*TWISTO*, la Compagnie des Transports de l'Agglomération Caennaise (filiale du groupe Kéolis) est le concessionnaire de service pu-



La ligne de tram en cours d'installation au centre de l'esplanade de la gare, alors que les rails ne sont pas encore posés, ni les poteaux de la ligne aérienne. On distingue au fond à gauche le bâtiment voyageurs de la gare SNCF ; en face se trouve la gare routière des cars interurbains et tout au fond à droite le dépôt SNCF. (Cliché P.Y. Bourneuf)

blic. Elle est chargée d'exploiter commercialement le réseau de bus et de tramway défini par *Vivacité*, d'assurer la conception des services, le financement et la réalisation de certains ouvrages (dépôt-atelier, billetterie, équipement et matériels du réseau) ainsi que la formation du personnel à la conduite du tramway.

### Respect de l'environnement

Outre la vocation de faciliter les déplacements, la construction du tramway de Caen se targue de donner une nouvelle dimension esthétique à l'espace urbain, avec notamment : — 1060 plantations et transplantations d'arbres avec de nouvelles essences à découvrir (tilleul de Crimée, marronnier pyramidal, frênes à fleurs et à bois jaune, tulipier de Virginie, poirier à fleurs...

— 75 000 m<sup>2</sup> de gazon ;  
— 117 000 m<sup>2</sup> de trottoirs ;  
— 34 stations de la gamme "cristal" et du mobilier urbain J.C. Decaux.

Deux stations ont fait l'objet d'une réflexion particulière de mise en valeur :

— "Ifs-Jean Vilar", où la superstructure, à dominante bois et végétation avec des arcs en lamellé-collé, recouvre toute la voie de part et d'autre des quais. Une paroi vitrée côté départs protégera les voyageurs de la pluie, faisant face à des végétaux grimpants côté arrivée ;

— "Hérouville St Clair", où une structure métallique sur le thème de l'arborescence et du végétal recouverte de plastique thermomoulé représentant des feuillages formera une sorte de pont au dessus de la voie.

La place St Pierre a également fait l'objet d'un aménagement particulier avec un grand espace piétons végétalisé autour de l'église. Six ouvrages d'art ont été réalisés spécifiquement pour le passage du tramway :

- le pont Churchill (1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> tablier trottoir),
- le pont-cadre Campus 1,
- le pont Pierre Heuzé,
- le viaduc sur le périphérique (120 m),
- la dalle et le mur de soutènement rue des Muets,
- la tête de ligne à St Clair.

### Les coûts

Le coût du tramway de Caen est de 190 millions d'euros, soit 12 ME par kilomètre. L'investissement est supporté par la STVR (45%), *Vivacité* (27%), les subventions de l'État (20%), *Twisto* (4,5%) et les communes desservies (3,5%).

La charge financière de l'opération hors subventions est échelonnée sur 30 ans, correspondant à la durée de vie estimée du matériel roulant.

En 2005, pour un budget estimé à 53 ME, les recettes se répartissent ainsi :

- 55% proviennent du "versement transport" acquitté par les entreprises publique et privées de 9 salariés et plus,
- 27% de la billetterie,
- 14% des collectivités,
- 4% par des financements complémentaires.

Les dépenses correspondantes sont les suivantes :

- 55% pour l'exploitation et la maintenance des autobus,
- 26% pour l'exploitation et la maintenance du tramway,
- 6% de fiscalité,
- 5% de renouvellement du parc bus,
- 8% divers (gratuité de certains voyageurs, syndicat des transports, réserves).

On a évalué à 12,96 euros le surcoût annuel par habitant généré par la construction du tramway. Il sera entièrement pris en charge par la collectivité avec une nouvelle répartition du budget, sans augmentation d'impôts pour le contribuable.

## Réorganisation du réseau

Avant la mise en service du tramway, la CTAC exploitait 25 lignes régulières de bus totalisant 226 km et desservant 400 points d'arrêt. Le parc s'élevait à 185 autobus dont 54 articulés, et l'effectif comprenait 420 employés dont 312 conducteurs.

Les bus jusqu'à présent en service sur l'itinéraire du tramway seront affectés sur toutes les autres lignes pour accroître de façon significative (10%) l'offre de transport : nombre de places, fréquence des passages, horaires de service.

Par ailleurs seront créées de nouvelles lignes de bus :

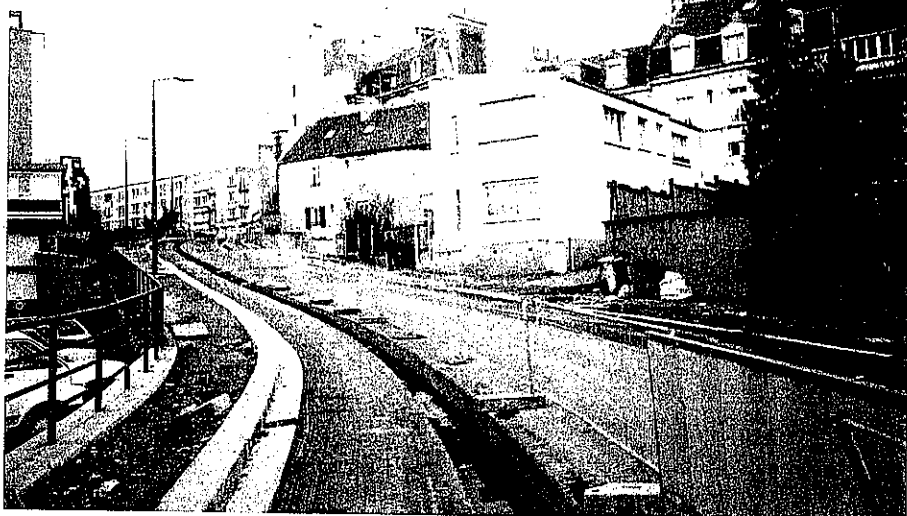
- lignes d'orientation Est - Ouest pour absorber une très forte demande sur cet axe préfigurant la deuxième ligne de tramway,
- lignes en "rocade", afin de réunir les quartiers éloignés et les communes périphériques sans passer par le centre-ville,
- lignes de maillage pour desservir les quartiers et aller chercher les habitants là où ils sont,
- lignes connectées au tramway, bénéficiant d'une correspondance quai à quai.



Avec son tramway monorail sur pneus "TVR", l'agglomération caennaise n'a pas hésité à se lancer dans l'innovation. Après l'expérience peu concluante de Nancy, dont les véhicules sont similaires mais où les principes d'exploitation ont délibérément joué sur l'intermodalité autobus/trolleybus/tramway, Caen a choisi la sécurité en misant sur le seul principe du tramway, en l'occurrence un *véhicule électrique guidé*, les circulations en mode autonome étant limitées aux seuls parcours de service. (1) À ce titre, on peut même se demander si à terme il ne serait pas intéressant d'équiper d'un rail de guidage et d'une ligne aérienne la section d'accès du réseau au dépôt-atelier, ainsi que tout le dépôt-atelier ; le complexe système de conduite manuelle avec bielles

(1) Ceci-dit, même si les contraintes du "dédopage" (passage du mode guidé au mode manuel) sont éliminées en service commercial, d'autres problèmes inhérents au système resteront les mêmes, qu'il s'agisse du risque d'orniérage des pistes de roulement ou du bruit des galets directeurs.

Pour en savoir plus, lisez  
Connaissance du rail n°170 : Caen  
et ses trams



La partie inférieure de la section à forte déclivité entre la gare SNCF et la station TVR du Bd Leroy. (Cliché P.Y. Bourneuf)

débrayables pourrait alors être déposé, d'où d'appréciables économies de maintenance. De plus, libérées des contraintes du gabarit routier, les rames pourraient en cas d'accroissement du trafic soit circuler en unités doubles, soit recevoir une caisse intermédiaire afin d'accroître leur capacité.

Quant aux déclivités, dont le gradient ne dépasse pas les 9%, elles auraient pu être parcourues en toute sécurité avec du matériel tramway classique à adhérence totale.

Pourquoi alors le pneu plutôt que le fer ? Officiellement, les chiffres annoncent un coût kilométrique de 15 millions d'euros, moins cher il est vrai qu'un tramway comme celui d'Orléans (16 M€) ou de Lyon (19 M€), mais

avec une capacité des véhicules très sensiblement moindre (2). Cette capacité plus réduite a été dimensionnée pour une fréquentation estimée à 48 000 voyageurs par jour, inférieure à celle que l'on constate sur les tramways classiques, mais en rapport avec la taille de l'agglomération caennaise.

G. Péhelle

Remerciements à I. Gabarrot  
et P-Y. Bourneuf.

(2) Pour être tout à fait précis, il faudrait prendre en compte également la part des aménagements connexes réalisés dans le cadre du projet, mais non liés au tramway proprement dit : plantations, parterres, trottoirs, voies piétonnes, etc...

Le terminus sud de la ligne A "Les Ifs-Jean Vilar", doté d'une voûte de protection. On voit bien au premier plan à droite l'amorce de la boucle de retournement terminale. (Cliché P.Y. Bourneuf)

