

Photos : Christian BESNAUD/LVDR



◀ **Sans les mains !**
Le guidage est actif. A gauche, au-dessus du tableau de bord, les voyants complémentaires, et à droite, le coffret abritant la caméra. Bien visibles, le marquage médian ainsi que les bordures équipant cette zone.

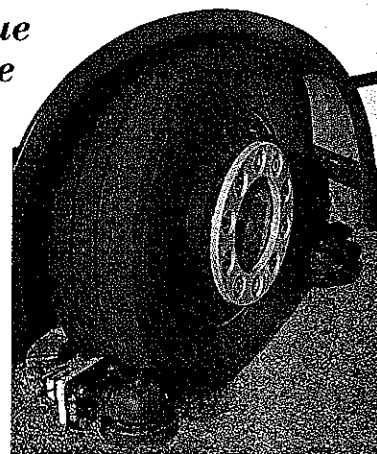
Civis aux essais

3829

Le guidage optique, innovation technologique du nouveau mode de transport intermédiaire Civis, est testé en banlieue lyonnaise, sur un anneau privé de 1,3 km.

Saint-Priest, dans la banlieue lyonnaise, à proximité des usines fabriquant les autobus de Renault Véhicules Industriels, aujourd'hui Irisbus. Dans cet ancien fief du légendaire constructeur Berliet, un immense terrain vague, soigneusement clôturé et gardienné, accueille un anneau d'essai jadis utilisé pour la mise au point des nouveaux véhicules. C'est là que Matra Transport International, en collaboration étroite avec Irisbus, teste depuis 1997 son nouveau système de guidage optique, composante fondamentale du mode de transport intermédiaire (entre tramway et autobus) Civis que les deux grands industriels développent conjointement. Selon ses concepteurs, Civis doit offrir les mêmes qualités que le tramway en termes de confort vertical et transversal

ainsi que de vitesse commerciale, mais pour des trafics n'excédant pas les 3 000 voyageurs par heure et par sens. Il circulera en site propre, tout en s'adaptant parfaitement d'une voirie partagée. Cette flexibilité s'affirmera d'autant mieux que le véhicule relève de la technique routière, à laquelle il emprunte toutes les caractéristiques de gabarit ou d'angles d'attaque et de fuite. Sans doute est-ce là le trait de génie de Civis que de combiner un système de guidage immatériel très original avec un véhicule dont l'essentiel des organes restera commun avec ceux du futuriste Cristalis (le trolleybus de seconde génération à moteurs-roues et plancher plat surbaissé sur toute sa longueur), et qui empruntera à l'Agora son train avant... Réduire au strict minimum la lacune entre trottoir et véhi-



En cas de défaillance du guidage, ces galets horizontaux viennent en contact des bordures.

cule, dans un souci d'optimisation de l'accessibilité, constitue le premier objectif du guidage optique. Le deuxième consiste à améliorer le confort en transversal grâce au « rail virtuel » matérialisé par le marquage au sol, et dont le tracé en plan restitue une progressivité dans la courbure grâce aux arcs de clothoïdes raccordant les alignements droits aux

► courbes de rayon constant. Enfin, le troisième objectif vise la réduction de la largeur d'emprises. Le caractère immatériel du guidage oblige à définir une marge de sécurité en cas de défaillance technique, marge qui doit prendre en compte l'incertitude sur le débatement latéral des caisses, la précision intrinsèque du système ainsi que l'« excursion », autrement dit le déplacement du véhicule entre l'instant où il n'est plus guidé et celui où le conducteur va « reprendre en manuel ». Il est clair que cette marge dépend de la vitesse : en station, le véhicules touchent presque les quais, mais à 70 km/h, une largeur de 7 m est nécessaire à leur croisement.

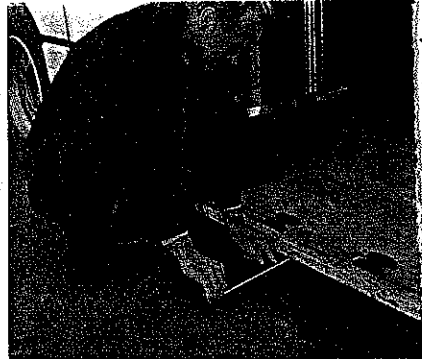
Pour continuer à circuler en toute sécurité à vitesse supérieure à 30 km/h sur une chaussée étroite, il est alors possible de prévoir des bordures en béton de part et d'autre, avec lesquelles les galets horizontaux du véhicule pourraient venir en contact s'il y avait défaillance du guidage

A 1,50 m du sol, la caméra de guidage optique « regarde »

rayon 25 m ! Un tour représente 1 300 m, et le démonstrateur utilisé, qui n'est autre que le premier articulé Agora L de présérie PSL 1, en a déjà effectué 2 600 ! Au sol, le marquage se présente sous la forme de deux lignes blanches discontinues parallèles entre elles (pour la redondance), et composées de pointillés de 50 x 10 cm, séparés de 50 cm dans le sens longitudinal et de 25 cm dans le sens transversal, exécutés avec de la peinture routière classique homologuée. Un court tronçon est réalisé

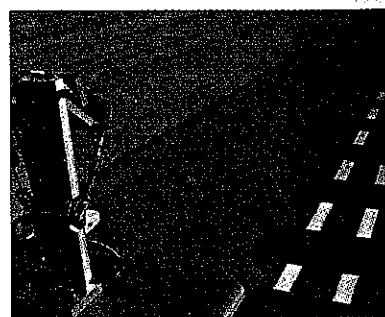
en pointillés verts, démontrant que la couleur n'a pas d'influence, pas plus que les bandes blanches du passage piétons aménagé près de la

station. Montée sur la planche de bord du véhicule, à environ 1,50 m au-dessus du sol, la caméra du guidage optique « regarde » les lignes discontinues, analysées par le calculateur embarqué qui pilote l'essieu avant (voir article suivant). L'auto-surveillance du système requiert



Bruno Vincent-Genod mesure la lacune entre quai et nez de marche : 46 mm !

La caméra, coffret retiré. Blancs ou verts, les pointillés sont lus indifféremment.



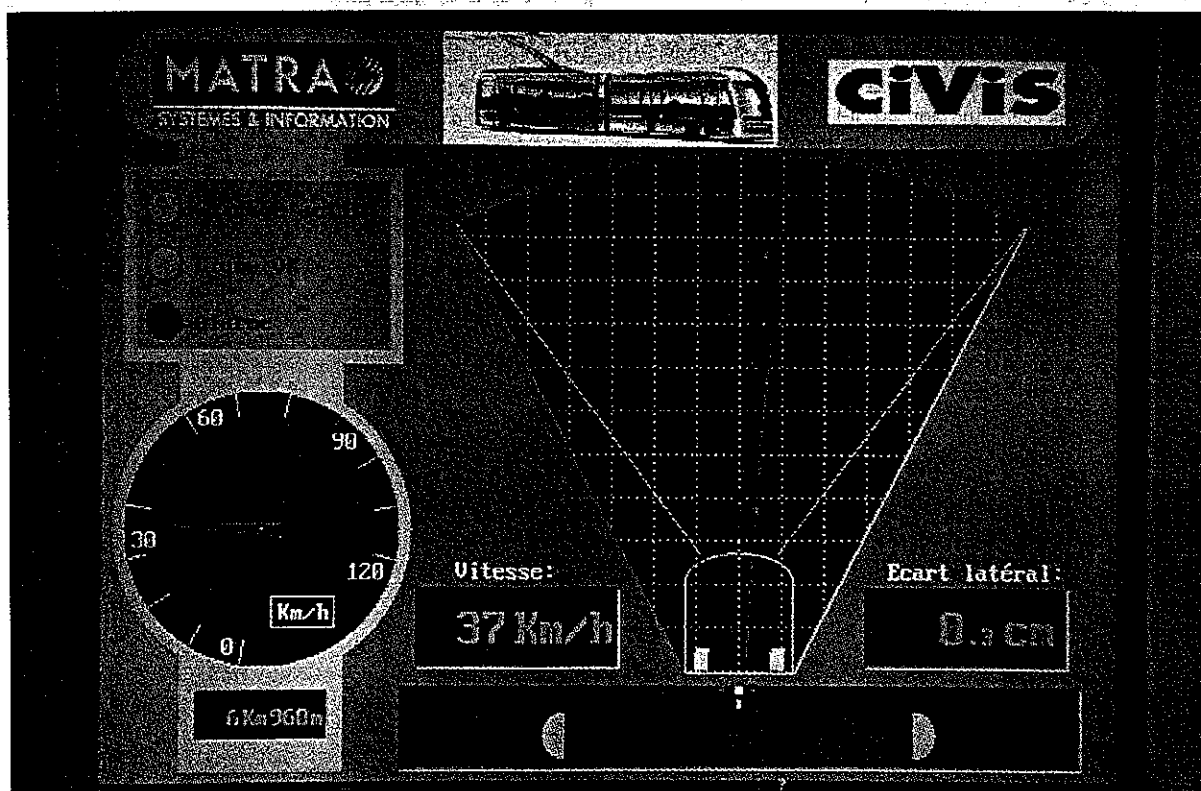
Le démonstrateur PSL 1 en station. On remarque les bordures qui, pour l'expérimentation, sont métalliques, afin de pouvoir affiner le réglage de leur positionnement.

optique. Ces bordures n'interviennent donc jamais en configuration normale, à la différence de la O-Bahn d'Essen ou d'Adelaide...

Le circuit d'essais, aménagé sur le site de Saint-Priest, reprend pour partie l'ancien anneau avec son grand virage relevé de 142 m de rayon, mais intègre également une courbe de 90 m (la seule avec bordures), une de 30 m, un aiguillage, et surtout, au sortir de la station, un ensemble « courbe et contre-courbe » de

déjà une puissance de calcul assez considérable. Au poste de conduite, le tableau de bord standard du PSL 1 est surmonté de trois voyants complémentaires : blanc (système en veille), jaune (guidage en action) et rouge (défaut), ce dernier doublé d'une alarme sonore. La détection de défaut intervient avant même la sortie de trajectoire. L'allumage du voyant jaune est appuyé par une légère vibration dans la volant pour prévenir le conducteur que le guidage devient actif.

Le démonstrateur sert naturellement de véhicule-laboratoire, et il est équipé de chaînes de mesures qui enregistrent les paramètres nécessaires à la validation du système. L'écran de contrôle placé en regard du premier siège passager montre en permanence le champ tronconique de la caméra avec les deux lignes du marquage, respectivement représentées en rouge et bleu, et sur lesquelles ne figurent que les pointillés réellement exploités par le calculateur. La même image



◀ L'image de l'écran de contrôle, telle qu'elle apparaît à François Ammeux, l'ingénieur responsable des essais. On distingue aisément le champ tronconique de la caméra, avec les deux lignes du marquage représentées en rouge et bleu, sur lesquelles apparaissent les pointillés exploités. Dans le rectangle du bas, la visualisation de la position de l'essieu avant par rapport à la trajectoire, ici curviligne comme le montre l'inflexion du marquage par rapport à l'axe du champ.



visualise aussi de manière graphique le positionnement de l'essieu avant (référentiel) par rapport à la trajectoire, et fournit à chaque instant son écart latéral ainsi que la vitesse du véhicule.

En revanche, il n'est point nécessaire de recourir à un appareillage sophistiqué pour quantifier l'accessibilité en station.



Essai de masquage des pointillés. Ces plaques ne gênent nullement le fonctionnement du guidage !

Un mètre-ruban suffit pour constater que, dans le plan horizontal, la lacune entre la bordure du quai et le nez de marche de la porte avant est de 46 mm seulement ! Avec une hauteur du quai de 270 mm, le plancher se situe 25 mm au-dessus, mais il est vrai que le véhicule PSL 1 dispose de pneus neufs et circule à vide pour les essais. Remarquons que le revêtement en station est armé avec un maillage plastique anti-orniérage, vu le guidage très précis du véhicule dans cette zone ainsi que les contraintes particulières liées aux accélérations et freinages. Ce maillage est superflu en voie courante, mais le revêtement doit demeurer de bonne qualité pour optimiser le confort vertical, le transversal étant garanti par le guidage, et le longitudinal par la souplesse de la traction électrique... En ligne, le comportement du véhicule guidé paraît irréprochable. La courbe de 142 m de rayon est franchie sans broncher à la vitesse de 76 km/h, soit une accélération transversale de 3 m/s². Même si cette valeur est ramenée à 2,4 m/s² par le jeu du devers de 6 %, elle n'en demeure pas moins supérieure à deux fois la valeur normale admise ! Au long de la courbe, l'écart enregistré varie entre 5 et 6 cm seulement. Un coup de volant inopiné, simulant

l'évitement d'un obstacle, provoque le décrochage (un signal sonore retentit), mais il suffit de revenir manuellement sur la trajectoire pour que le guidage se réactive aussitôt (l'appui sur un bouton sera demandé en version définitive). Pas plus que les arbres spécialement plantés pour créer des contrastes entre ombre et soleil, les reflets dus à la pluie, les chutes de neige ou la présence d'un véhicule devant la caméra ne perturbe le système. Idem si l'on dépose incidemment des

Rien ne peut perturber le système

plaques sur le marquage dans la zone la plus délicate, la courbe et contre-courbe de rayon 25. « Le système fonctionne encore avec 30 % de pointillés

masqués. En fait, il lui suffit de trois paires consécutives, soit trois mètres exploitables », explique Bruno Vincent-Genod, ingénieur chef du projet. Les petits malin qui voudraient détourner un Civis armés d'un pot de peinture blanche en seront pour leur frais : outre la tolérance de 10 % sur les dimensions du pointillé, le système rejette toute inflexion non conforme à ce qu'il s'attend à trouver ! A ce jour, Rouen a commandé ferme trente-huit Agora à guidage optique et deux Civis, auxquels s'ajoutent deux tranches conditionnelles de dix-huit Civis chacune, destinés à remplacer en seconde phase les Agora. Clermont-

► Ferrand recevra également six Agora guidés, qui seront ensuite remplacés par six Civis. En novembre apparaîtrait le premier Cristalis (véhicule non guidé) de 12 m pour Lyon. Il sera suivi, en décembre, du premier Civis de 18 m « à poste de conduite décentré » (comme Cristalis) pour Rouen, puis, en janvier 2001, du premier « à poste centré » pour Clermont-Ferrand. « En 1976, lors du concours Cavallé, nous avons déjà remis une offre pour un système avec rail à ornière, inspiré du gui-

dage du VAL sur les aiguilles ou en atelier », rappelle Daniel Ferbeck, directeur, « mais nous sommes vite arrivés à la conclusion que de tels modes intermédiaires seraient d'un prix voisin du tramway fer, et avec un marché plus restreint ». Pour Rouen – 40 véhicules qui évolueront sur une ligne de 26 km –, Matra annonce moins de 40 millions de francs du kilomètre, soit un prix très inférieur à l'objectif des 50 millions de francs qu'il s'était initialement fixé...

Philippe HÉRISSE



Le futur « vrai » Civis à poste centré.



Histoire de trajectoire

L'Agora articulé négocie un aiguillage virtuel en talon et en déviation.

La caméra, à l'avant du véhicule, explore en permanence un champ de vision qui commence à 0,50 m du pare-choc et s'achève à 18 m en avant. Elle perçoit donc un certain ensemble de motifs, qui ne sont ensuite exploités que s'ils sont reconnus et validés. En particulier, les dimensions de chaque rectangle doivent respecter la tolérance des 10 %, faute de quoi le motif lui-même sera rejeté. Le calculateur restitue alors dans l'espace les seuls motifs qui ont été validés. Deux cas de figure peuvent donc se présenter, selon qu'il estime disposer d'assez de points pour être en mesure de reconstruire la trajectoire, ou bien qu'il constate que le nombre de motifs validés est insuffisant pour y parvenir, l'obligeant à « passer la main » au conducteur.

En utilisant une information redondée de la vitesse instantanée, directement obtenue par la tachymétrie mais aussi, dans le même temps, calculée à partir du défilement des pointillés, le calculateur transforme la reconstruction de la trajectoire en actions successives de

l'asservissement qui va piloter l'essieu avant. C'est sans doute là l'avantage primordial du guidage optique par rapport aux systèmes filoguidés qui, par construction, ne peuvent à l'évidence regarder... qu'entre leurs pieds ! En revanche, le guidage optique restitue à merveille l'anticipation sur la conduite, exactement comme un automobiliste qui, lorsqu'il s'apprête à négocier un virage, porte déjà son

regard au loin vers la sortie de ce dernier, aux seules fins de mieux ajuster à chaque instant sa trajectoire. A l'inverse, le même automobiliste aurait sans nul doute les plus grandes peines du monde à contrôler son véhicule si son champ de vision devait irrémédiablement s'arrêter à quelques dizaines de centimètres en aval de son capot... Mais reconstruire la trajectoire à suivre ne saurait être suffisant. Il faut aussi connaître avec précision le comportement dynamique du véhicule. Pour cela, un ensemble de cap-

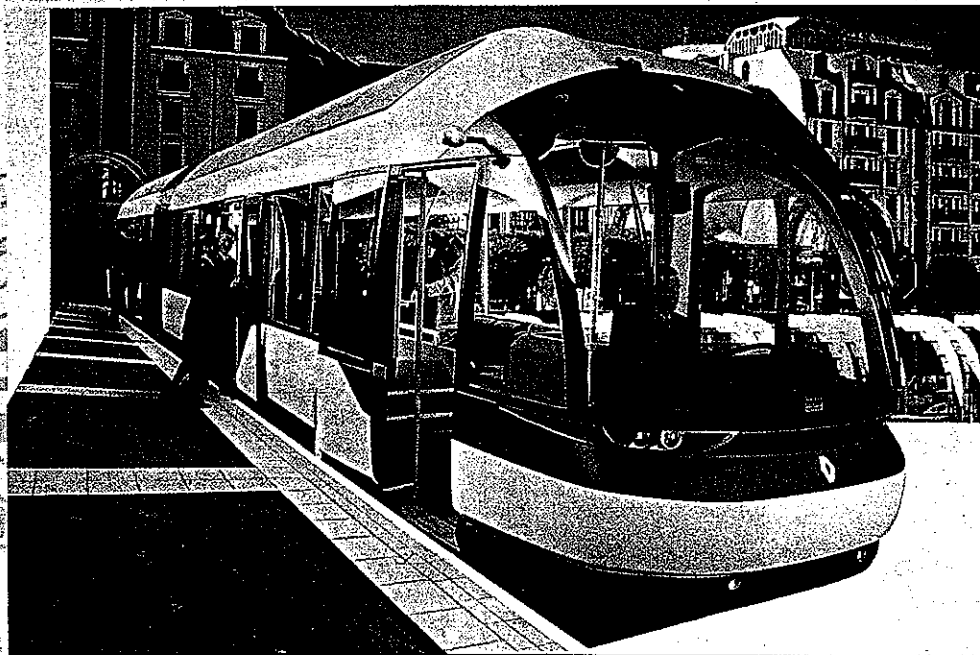
Civis ne pourra se résumer à un simple équipement

teurs, répartis sur l'autobus, mesurent en temps réel un certain nombre de paramètres, tels l'angle de rotation du volant ou bien encore l'amplitude du lacet. Ces données sont injectées dans le calculateur qui, par référence à un modèle mathématique du comportement dynamique, applique une loi de commande du moteur électrique de l'asservissement, celui-là même qui tourne les roues avant à la place du conducteur. La modélisation du comportement dynamique dépend bien évidemment des caractéristiques intrinsèques du véhicule, ce qui explique que Civis ne pourra jamais se résumer à un simple équipement qui peut être monté en quelques minutes sur le premier autobus venu, mais qu'au contraire il nécessitera toujours un soigneux interfacement avec le véhicule lui-même, d'où la justification d'une collaboration étroite entre Matra Transport International et le constructeur.

Chose remarquable, la sécurité de Civis a été traitée dans le même esprit que sur un produit ferroviaire, Matra Transport International appliquant ici un savoir-faire acquis notamment dans les systèmes d'aide à la conduite ou de pilotage automatique. Un certain nombre d'essais ont néanmoins été réalisés pour apprécier le temps

de réaction du conducteur en cas de défaillance du guidage optique. Il est ainsi apparu que l'homme adaptait de lui-même son propre comportement en fonction du risque potentiel. Ainsi, sur une chaussée dégagée, il privilégiait le confort des voyageurs en ramenant tranquillement son véhicule sur la trajectoire idéale sans donner le moindre coup de volant, tandis que lorsqu'il circulait entre deux rangées de cônes balisant un passage rétréci, il réagissait aussitôt afin d'éviter tout heurt de l'un d'eux. **Ph. H.**

CiViS, le sens de la ville



SiViS

Développé conjointement par IRIS.BUS
et MATRA TRANSPORT INTERNATIONAL.

CiViS, Transport Collectif en Site Propre, est une nouvelle solution
à la portée de toutes les collectivités.

Il offre la qualité de service d'un tramway pour des capacités
de transport très supérieures à celles d'un bus.

Son système de guidage optique permet des accostages précis
en station, une conduite souple et une réduction de l'emprise
sur la chaussée.

CiViS, par sa propulsion électrique, participe à un meilleur
environnement et au respect de la qualité de l'air.



MATRA

TRANSPORT INTERNATIONAL

Une société commune
de Matra et Siemens