

# SYSTEMES DE VEHICULES A GUIDAGE AUTOMATIQUE EN FRANCE

Claude SOULAS

Division Technologies Nouvelles

Institut de Recherche des Transports

94114 ARCUEIL - FRANCE

2132

## INTRODUCTION

Depuis plusieurs années un certain nombre de modes nouveaux de transports urbains ont été étudiés en France, notamment les systèmes automatiques guidés qui font l'objet de cette conférence. Les nombreux projets ont dû faire face aux difficultés techniques de mise au point mais surtout aux difficultés financières. Certains systèmes développés par les entreprises privées ont été subventionnés en grande partie par le Ministère des Transports, des suivis techniques ont été effectués par certains organismes comme l'Institut de Recherche des Transports, la R.A.T.P. ect... Puisque ces systèmes sont de nature différente aucun ne s'est imposé prioritaire par rapport aux autres, et ainsi dans le texte écrit j'ai exposé les systèmes VAL, POMA 2000 et ARAMIS qui ont chacun connu plusieurs étapes de développement. Je rajouterai ici que le système VAL sera le premier des trois à fonctionner en service commercial. Je dirai aussi quelques mots sur les transports hectométriques et le TELEBUS.

Les transports hectométriques sont les systèmes à petit gabarit destinés à couvrir des distances de l'ordre de la centaine de mètres, voire de quelques centaines de mètres, par opposition aux autres systèmes cités, plutôt destinés à s'insérer dans les agglomérations urbaines sous forme de lignes ou réseaux de l'ordre du km ou de dizaines de km.

Parmi l'ensemble des systèmes on distingue les systèmes à voie active et les systèmes automoteurs. Dans les systèmes à voie active les véhicules sont passifs et ne possèdent pas de moteur, la force de traction et la loi de vitesse sont données par des dispositifs placés dans la voie. Pour les systèmes à voie active mécanique comme le POMA 2000 la force est fournie par un câble, et pour les systèmes à voie active électrique comme le TELEBUS, la force est exercée par une succession de moteurs linéaires disposés le long de la voie.

Parmi les systèmes automoteurs on distingue les métros automatiques légers comme le VAL, et les systèmes à petites cabines programmées (comparables aux systèmes PRT) comme ARAMIS.

Les avantages communs à ces systèmes sont les suivants :

- petits gabarits donc coûts de génie civil réduits
- meilleure qualité de service grâce à une cadence élevée possible du fait de la faible taille des véhicules et de la marche automatique
- diminution des coûts et de certains problèmes d'exploitation du fait de l'absence de conducteurs.

En contrepartie un effort important doit être effectué en matière de fiabilité et surtout de sécurité afin que ces nouveaux modes soient réputés au moins aussi sûrs que les systèmes existants les plus sûrs, par exemple le métro de PARIS. C'est un des facteurs expliquant que les études ont dû être relativement longues avant que les projets soient sur le point d'aboutir.

#### LES SYSTEMES HECTOMETRIQUES

Parmi ceux-ci le  $\Delta V$  est un système semi continu à voie active mécanique. Le principe repose sur une cinématique astucieuse permettant notamment la récupération de l'énergie de décélération. Jusqu'à présent le système n'existe qu'à l'état de projet papier et de maquette.

Le VEC système à voie active électrique constitué de petites cabines de trois places est opérationnel à Paris depuis 1975 entre un grand magasin la FNAC et un parking. Dans l'avenir ce système risque d'être concurrencé par le TRAX, trottoir roulant accéléré à 12 km/h développé par la Régie Autonome des Transports Parisiens qui sera opérationnel cette année puisque les essais complets du prototype effectués par la Société HYDROMECANIQUE et FROTTEMENT à Saint-Etienne se sont révélés positifs.

#### LE TELEBUS

Le TELEBUS est un système original inventé par une petite société la S.G.E.C. à Saint-Etienne, il n'a pas bénéficié de phase de développement et d'études de grande envergure mais sa faisabilité a été démontrée par la construction d'un véhicule prototype de 20 places assises et d'une voie de 200 m avec deux stations. Des inducteurs de moteurs linéaires axiaux (c'est-à-dire de meilleures performances que les moteurs linéaires classiques) sont disposés le long de la voie, le véhicule portant l'induit. La mise sous tension est déclenchée par le passage du véhicule, une temporisation permet la régulation de la vitesse. La décélération est assurée par un freinage par courants de Foucault, et le freinage d'urgence à l'aide d'un frein mécanique à déclenchement centrifuge automatique réglé par une came fixée le long de la voie.

\*\*\*

#### LE VAL

Le mot VAL est une abréviation pour Véhicule Automatique Léger. A l'origine il signifiait Villeneuve d'Ascq Lille puisqu'au départ en 1970 le projet d'un système de transport nouveau était étudié pour relier la

---

\*\*\* Lors de la conférence orale une phrase sera rajoutée en fonction des résultats d'essais effectués fin avril.

ville de LILLE à la ville nouvelle de LILLE-EST : Villeneuve d'Ascq. Depuis 1973 le VAL est devenu un projet de métro pour l'ensemble de l'agglomération urbaine. Le projet est suivi par l'EPALE, Société d'aménagement de la ville nouvelle de Lille-Est, le maître d'oeuvre est la Société MATRA. La première ligne est actuellement en construction et sera complètement en service en 1983. Dès la fin de cette année les premiers véhicules fonctionneront sur une piste d'essais construite près du garage atelier.

Les principaux composants du système ont été testés en 1974-1975 à l'aide d'un centre d'essais comprenant une voie expérimentale de 1,7 km, 2 véhicules prototypes et tous les équipements nécessaires.

DIAPOSITIVE n° 1 véhicule prototype

DIAPOSITIVE n° 2 poste de commande du centre d'essai.

La première ligne en construction, de 12,7 km, sera constituée de 17 stations et sera équipée de 38 rames de 2 véhicules. Le débit prévu pour 1990 est 6 400 passagers/heure/sens, le débit maximal théorique du système VAL étant 25 000 passagers mais pour des rames de 4 véhicules. Pour l'heure de pointe c'est la période minimale du système qui est choisie, c'est-à-dire une minute. Chaque véhicule prévu pour une charge de 62 passagers (34 assis, 28 debout) a une capacité maximale de 131 passagers en cas de surcharge.

Les caractéristiques d'un véhicule simple sont les suivantes :

longueur 13,07 m, largeur 2,06 m, hauteur 3,25 m,  
masse à vide 13 880 kg, masse en charge nominale 18 220 kg.

DIAPOSITIVE n° 3 vue extérieure de la maquette du véhicule

DIAPOSITIVE n° 4 vue intérieure du véhicule.

La caisse est autoportante et entièrement réalisée en alliage léger d'aluminium. Le roulement est sur pneumatiques, chaque voiture possède deux essieux orientables, guidés chacun par quatre roues horizontales à pneumatiques prenant appui sur deux rails de guidage. La liaison caisse essieux est assurée par une suspension pneumatique destinée à assurer un bon confort et à maintenir le niveau du véhicule à hauteur constante quelle que soit la charge.

La vitesse maximale est 80 km/h, la vitesse de croisière 60 km/h, et la vitesse commerciale 35 km/h pour un arrêt en station de 140 m et une interstation de 750 m. Chaque voiture est équipée de deux moteurs à courant continu alimentés en 750 V par des patins frottant sur les pistes de guidage. Les moteurs sont commandés par un hacheur à fréquence fixe qui donne une bonne souplesse d'utilisation et permet la récupération d'une grande partie de l'énergie lors de la décélération par freinage électrique. Le système est dimensionné pour permettre dans une rampe à 7 % le démarrage d'une rame vide poussant une rame inerte en surcharge exceptionnelle, puisque l'évacuation des rames incidentées se fait par poussage.

Pour assurer le pilotage automatique en sécurité la voie est découpée en cantons regroupés en tronçons. Par l'intermédiaire de deux lignes de transmission bifilaires placées dans un tapis sur la voie, deux programmes de vitesse peuvent être communiqués aux véhicules : soit le programme normal, soit le programme avec arrêt en fin de canton lorsque le canton suivant est occupé.

La régulation du trafic est assurée à partir du PCC (Poste Central de Contrôle) à l'aide de tops d'horloge dont le véhicule compare la cadence avec celle de plots d'aluminium rencontrés sur la voie.

Les stations sont automatiques. Pour garantir la sécurité et améliorer le confort en station des portes palières fermant les quais s'ouvrent et se referment automatiquement lors du passage des véhicules.

## POMA 2000

Le POMA 2000 est un système à voie active mécanique développé par la Société POMA 2000 filiale de POMAGALSKI et CREUSOT-LOIRE Entreprises, et subventionné par le Ministère des Transports. L'idée de base formulée en 1971 était d'adapter les techniques des téléskis et télécabines à un système de transport urbain automatique dans lequel des cabines de moyennes dimension seraient tractées par un câble.

Au départ il était prévu que ce système serait semi-continu, les véhicules ne s'arrêtaient pas complètement en station, l'embarquement débarquement s'effectuait à vitesse lente. Après avoir lâché le câble principal qui défile à vitesse constante, les véhicules devaient être décélérés, entrainés à vitesse lente en station et réaccélérés par une succession de tourets à pneumatiques horizontaux pilotés en vitesse. Cette version a été testée en 1972 à l'aide d'une voie d'essais et de trois véhicules prototypes, alors que la faisabilité avait été démontrée en 1971 avec un premier chassis prototype.

DIAPOSITIVE n° 5 premier chassis prototype

DIAPOSITIVE n° 6 }  
DIAPOSITIVE n° 7 } circuit expérimental pour les essais

DIAPOSITIVE n° 8 véhicule de la première version.

En 1975 des séries d'essais furent effectués à raison de 18 heures par jour dans le but de simuler un service commercial.

Par la suite pour des raisons de fiabilité et pour permettre un arrêt complet des véhicules en station une nouvelle version a été étudiée. En interstation les véhicules sont toujours accrochés sur un câble principal qui défile à vitesse constante de 32 km/h. De part et d'autre des stations les véhicules changent de câble, deux câbles auxiliaires sont pilotés afin d'assurer la décélération et l'accélération. Cette nouvelle phase d'études a nécessité le développement d'une pince trois mors capable d'assurer les

changements de câbles en vitesse. Des études de fiabilité ont été effectuées, et des essais d'endurance de cette pince sont actuellement effectués au CETIM de Saint-Etienne afin d'effectuer 2 500 000 cycles de fonctionnement. Parallèlement à ces essais des études sont menées en vue de l'adaptation du système au site de la Ville de LAON. La construction d'une première ligne de 1,5 km avec trois stations pourrait être décidée cet été, ceci sur l'emplacement d'une ancienne voie de tramway à crémaillère qui comporte des pentes allant jusqu'à 13 %.

Je vais maintenant citer quelques caractéristiques générales du système POMA 2000 de base.

Les véhicules ont une capacité maximale de 40 places (14 assises, 26 debout), longueur 4,9 m, largeur 2,2 m, hauteur 1,9 m. Les véhicules peuvent circuler seuls ou en rames de deux, mais seul le premier véhicule est équipé des organes de freinage d'urgence sur pièce de voie, et des organes d'entraînement c'est-à-dire deux pinces en redondance. Les pentes admissibles sont limitées pour le confort des passagers entre 15 et 18 %. La période minimale dépend des sites, elle ne peut pas descendre en dessous de 32 s, ce qui correspond à un débit de 9000 passagers/sens/heure. Le câble principal de diamètre 26 mm et les câbles auxiliaires de diamètre 18 mm sont entraînés par moteurs à courant continu.

La sécurité anticollision est assurée par le fait qu'en interstation tous les véhicules sont solidaires du câble principal, les automatismes de contrôle sont uniquement nécessaires dans les zones de station.

#### ARAMIS

ARAMIS est une abréviation pour Arrangement en Rames Automatisées de Modules Indépendants en Stations. Le système consiste en une succession de petites cabines à cadence très élevée, ces cabines étant couplées électroniquement pendant les interstations, et découplées lors des aiguillages et des bifurcations de station. Seul le véhicule de tête

reçoit les ordres de vitesse, les autres véhicules sont pilotés par régulation de la distance par rapport au véhicule précédent. La distance entre deux véhicules consécutifs est de l'ordre de 30 cm, elle est mesurée par un télémètre infrarouge. Chaque véhicule peut devenir véhicule de tête.

La destination des véhicules peut être programmée à la demande, les bifurcations de ligne et les dérivations en station sont assurées automatiquement, non pas à l'aide d'un aiguillage sur la voie, mais à l'aide de bras d'aiguillage placés sur le véhicule portant un galet de guidage, et se positionnant contre l'autre face du rail de guidage droit ou gauche suivant la direction choisie. A l'approche des stations les véhicules deviennent indépendants, les véhicules destinés à la station sont orientés vers la dérivation, les autres continuent, et se regroupent en rame après la station ainsi que les véhicules qui viennent de quitter la station.

C'est la Société MATRA qui est chargée de la mise au point de ce système. En 1973 les essais de trois prototypes ont eu lieu sur une piste d'essais de 1 km à Orly.

DIAPOSITIVE n° 9	}	prototypes sur la piste d'essais.
DIAPOSITIVE n° 10		

Les essais se sont révélés satisfaisants mais le système n'a pas été construit, faute d'acheteurs puisque le coût était relativement élevé. Aussi une version simplifiée dite ARAMIS S a été étudiée afin de réduire les coûts. Il n'y a plus de dérivation en station afin de réduire les coûts de génie civil. Les rames s'arrêtent dans toutes les stations mais la qualité de service reste très intéressante du fait de la fréquence très élevée ; le service à la demande peut subsister dans les cas de bifurcation de lignes. Le passage de l'ARAMIS S à la version normale est possible.

La phase actuelle de développement a pour but la mise au point d'un prototype, d'une piste d'essais et d'un stand de test. Il reste maintenant à choisir un site pour l'expérimentation commerciale. La RATP



qui suit le projet a effectué des études pour des sites éventuels en région parisienne, mais la décision n'est pas encore prise.

Pour la version actuelle la capacité des véhicules est passée de 4 à 10 places. Les véhicules sont à plafond bas, et toutes les places sont assises. Pour l'entraînement un nouveau moteur à réluctance variable a été développé et testé. Chaque véhicule est équipé de deux moteurs entraînant directement les roues arrières.

Les caractéristiques des véhicules sont les suivantes :

longueur 4,05 m, largeur 1,62 m, hauteur 2,14 m

poids à vide 1 650 kg, poids en charge 2 300 kg.

la vitesse maximale est 54 km/h, les pentes maximales 10 %

le roulement et le guidage sont assurés par des roues pneumatiques

le débit maximum par sens est 12 000 passagers/heure.

#### CONCLUSION

Quelques-uns des modes nouveaux de transports automatiques guidés étudiés en France sont entrain de déboucher, mais dans l'ensemble les systèmes ont encore du mal à s'implanter dans les villes dont les infrastructures sont conçues presque exclusivement pour l'automobile.