



**AgEcon** SEARCH

RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*

Compte Rendu  
de la Conférence  
Internationale  
sur la Recherche  
en Matière  
de Transport

Proceedings  
of the  
International  
Conference on  
Transportation  
Research

**PREMIÈRE CONFÉRENCE**

**FIRST CONFERENCE**

**Bruges, Belgium  
Juin, 1973**

**Bruges, Belgium  
June, 1973**



# Le Systeme de Transport Urbain "ARAMIS"

par

J. P. Couplan\*

**A**RAMIS est un système de transport de type P.R.T., sustenté sur roues, présentant la particularité de circuler en rames.

ARAMIS est destiné à assurer des liaisons urbaines et suburbaines sur une distance de 2 à 15 km, au plus, avec un débit de 2.000 à 15.000 passagers par heure et par sens.

Il est basé sur l'emploi de petits véhicules autonomes programmables, pilotés automatiquement en site propre.

En raison de la désaffection des usagers pour les systèmes de transport en commun conventionnels, désaffection qui se traduit par une régression du taux de fréquentation et un accroissement équivalent de la circulation automobile, les administrations françaises participant au financement du programme avaient fixé comme impératif de concevoir un système:

- développable rapidement
- attractif pour le public
- réduisant les coûts

Les objectifs poursuivis par le développement d'ARAMIS ont donc été:

— L'amélioration de la qualité de service, c'est-à-dire:

- rapidité
- disponibilité: réduction du temps d'attente
- confort
- service "porte à porte" pour éviter les trop longs trajets de marche à pied

— Limiter l'innovation technologique dans la mesure où elle n'est pas nécessaire à l'amélioration de la fonction transport, ce qui permet, de plus, de réduire les coûts.

Pour atteindre ces objectifs, trois principes de base ont été définis:

- le service direct
- la circulation en rames petits véhicules
- l'automatisation.

## A—LE PREMIER PRINCIPE

Le premier principe se traduit par la suppression des arrêts intermédiaires. Cette suppression est réalisée en particulier (mais cela n'est pas la seule façon), par l'implantation de stations en

dérivation. Dans ce cas, le service direct est assuré selon ce processus:

— Dans un premier temps, des véhicules sont arrêtés en station. Les passagers sont embarqués et en amont de la station une rame arrive; une balise au sol signale aux véhicules de la rame le numéro de la prochaine station, et en fonction de leur affectation, ceux-ci positionnent leur dispositif d'aiguillage embarqué.

— Second temps: arrivés au point d'aiguillage, les véhicules programmés pour cette station empruntent la voie de dérivation. Les autres véhicules poursuivent leur trajet sur la voie principale, en comblant les trous laissés par les premiers véhicules. Le regroupement se fait au front de la station. Les véhicules à quai ont quitté la station et se dirigent vers la voie principale.

— Qu'ils rejoignent dans un troisième temps, tandis que les véhicules destinés à la station se regroupent le long du quai de cette station et s'arrêtent pour décharger leurs passagers et en embarquer de nouveaux.

— Enfin, la rame ayant court-circuité la station rejoint les véhicules qui viennent de la quitter et reforme avec eux une nouvelle rame.

Le guidage du véhicule est normalement assuré par quatre roues de guidage s'appuyant sur deux rails de guidage verticaux situés latéralement.

L'extraction de véhicules de la rame au niveau des aiguillages se fait à grande vitesse (11 m/s). Pour cette raison, le système d'aiguillage est embarqué à bord des véhicules. Il s'agit d'un bras bistable, muni à ses extrémités de deux roulettes qui s'appuient sur des rails d'aiguillage, n'existant qu'au niveau des aiguillages.

Lors de la prise d'aiguillage, les roues de guidage intérieures sont sans guidage et elles sont remplacées par la roulette d'aiguillage.

Les avantages du service direct sont d'abord l'augmentation de la vitesse commerciale du fait de la suppression des arrêts intermédiaires. Grâce à cette disposition, la vitesse moyenne d'ARAMIS est de 50 km/h, ce qui doit être comparé avec un système de transport omnibus type métro, dont la vitesse moyenne est d'environ 25 km/h, avec une vitesse nominale de 60 km/h et

\*Matra-Transport, B. P. N° 1, 78 140-Velizy, France.

une vitesse de pointe de 80 km/h, du fait des arrêts intermédiaires et des durées d'accélération et de décélération correspondantes.

Un autre avantage concerne la finesse de desserte. Sans réduction de sa vitesse commerciale (50 km/h), ARAMIS autorise des interstations de 300 m, distance qui peut encore être réduite en admettant sur ce trajet particulier une réduction de la vitesse moyenne.

Enfin, le fait d'assurer une desserte propre à chaque station, fait que la demande de transport ne doit plus être évaluée globalement, par exemple sous la forme de nombre de voyageurs à acheminer dans l'heure de pointe sur le tronçon le plus chargé de la ligne. Au contraire, il faut procéder à une analyse fine des origines et destinations des voyageurs. Or, si sur une ligne normalement chargée, on compte statistiquement le nombre de voyageurs allant de chaque station vers une station particulière, située en aval, on trouve un résultat très faible dans le créneau de temps correspondant à l'intervalle entre deux rames.

Il en résulte donc que dans le système ARAMIS, la capacité de transport sera: — fractionnée en petites unités, — chaque unité étant affecté à une destination particulière, selon le trafic.

A partir de la matrice origine — destination, on peut donc définir: — le nombre de petits véhicules à mettre en place pour satisfaire au trafic de cette station, — dimensionner la station au plus juste en fonction de son débit propre.

## B — LE SECOND PRINCIPE

concerne la circulation en rames de petits véhicules. Il a pour objet: — d'augmenter le débit de la ligne, — de faciliter la gestion du parc de véhicules, — de desservir les stations à la fréquence de la minute.

Nous avons vu les raisons du choix de petits véhicules: améliorer l'adaptation de l'offre de trafic à la demande, ce qui présente par ailleurs l'avantage d'améliorer le confort, car la petite taille des véhicules est un élément subjectif important du confort. Mais, il est de règle, dans tous les systèmes de transport, que deux mobiles qui se suivent, doivent être séparés d'une distance au moins égale à celle nécessaire au poursuivant pour s'arrêter en respectant une valeur maximale de décélération d'urgence. Si l'on respecte cette règle, la distance entre deux mobiles circulant dans le même sens, sur la même voie, à 60 km/h doit être, exprimée en temps, de 15 secondes, si on souhaite limiter la décélération à  $1,2 \text{ m/s}^2$ , ce qui donne pour des

véhicules de 6 places une capacité maximum en ligne de 2.600 voyageurs/heure, alors qu'en faisant circuler les véhicules en rames, on peut atteindre un débit de 11.000 voyageurs/heure, avec le même type de véhicules et des trains de 30 véhicules.

Par ailleurs, la gestion du parc de véhicules est un problème délicat compte tenu de la difficulté des transmissions dans l'environnement électrique propre à un système de transport.

C'est pourquoi, il est intéressant de réduire le nombre d'unités à gérer sur la ligne. Avec le système ARAMIS, la gestion du parc de véhicules est décentralisée et le nombre d'éléments à prendre en considération est faible, du fait que l'on ne gère que la véhicule tête de rame qui reçoit les informations de pilotage de la station, tandis que des balises de surveillance informent la station sur le passage des rames et leur composition. Le nombre de messages à transmettre est ainsi très réduit.

Au sein de la rame, les véhicules évoluent de façon autonome, en fonction de la distance relative qui les séparent du véhicule précédent. Deux types de détecteurs de distances fournissent de façon continue une mesure de distance et en fonction de celle-ci, par l'intermédiaire d'une logique câblée commandant les asservissements du moteur, le véhicule accélère ou décélère pour se placer à la distance de consigne du véhicule précédent (30 cm). On remarquera que ce système rend inutile tout accrochage mécanique, ce qui présente l'avantage de faciliter l'extraction de véhicules de la rame, à grande vitesse, au niveau des aiguillages.

## C — LE TROISIEME PRINCIPE

Le troisième principe concerne l'automatisation d'ARAMIS qui se justifie par le désir d'obtenir: — une cadence de desserte élevée — 1 mn, — une amélioration du confort: progressivité de la conduite des rames, — une réduction des coûts d'exploitation.

Cette automatisation concerne en particulier le pilotage qui assure 4 fonctions: — la marche en rame, — le regroupement, — l'arrêt en station, — le rendez-vous.

a) La marche en rame: La nécessité d'extraire à l'aiguillage d'entrée en station des véhicules ayant dans la rame une position quelconque nous a amenés à choisir un accouplement électronique entre véhicules. Le pilotage permet d'asservir chaque véhicule à une distance de l'ordre de 30 cm de celui qui le précède.

b) Le regroupement: Au droit de la station, la rame se compose de groupes de véhicules asservis à 30 cm les uns

des autres, les groupes étant eux-mêmes séparés par des distances variables. Le pilotage assure un regroupement sur l'avant de cet ensemble.

c) L'arrêt en station: Cette fonction est très proche de la précédente, mais le groupe de tête est en décélération jusqu'à l'arrêt à quai.

d) Le rendez-vous: Effectué sur la voie principale dès la sortie de station, il intéresse seulement deux groupes de véhicules initialement séparés par une distance au moins égale à la distance de freinage d'urgence des véhicules.

## 2.1.—Choix de base

Initialement, le pilotage des véhicules pouvait se concevoir de deux façons: — assurer à partir d'un organe central la commande individuelle de chaque véhicule; — donner à chaque véhicule la plus grande autonomie possible de pilotage en équipant chacun d'un ensemble de détection relative et d'une logique associée.

Comme nous l'avons prévu, des considérations à la fois techniques (capacité des lignes de transmission, d'information) économiques, de sécurité et d'exploitation, nous ont fait choisir le deuxième type de solution qui se caractérise par:

— l'émission discrète à l'ensemble des véhicules d'une rame (en désignant par rame un ensemble de véhicules situés dans une zone géographique déterminée) de vitesses de consigne liées, en particulier, au profil de la voie.

— la limitation de l'accélération et de la dérivée d'accélération réalisée automatiquement à bord de chaque véhicule.

— l'équipement de chaque véhicule par un ensemble de détection de distance relative.

## D — LE SECURITE

Deux niveaux de sécurité sont à distinguer: — la sécurité relative, — la sécurité au niveau de la ligne.

### Le Sécurité relative:

Elle est assurée au niveau des véhicules; en effet: — Contrairement aux systèmes de transport assurant un service omnibus, automatisé ou à conduite manuelle, le fonctionnement même des véhicules "ARAMIS" fait que si une cellule aperçoit dans le champ de ses détecteurs une autre cellule, elle effectuera de par son propre pilotage un rendez-vous avec cette dernière, ce rendez-vous apparaissant comme "un fonctionnement normal" et n'entraînant aucun choc.

Les analyses et les simulations effectuées à ce jour ont montré qu'en se plaçant dans un plan (vitesse de consigne — vitesse réelle) vers une distance relative X, et ceci quel que soit le mode de fonctionnement du pilotage (regroupement, arrêt en station, etc.

...) le point caractéristique de chaque véhicule se situait à l'intérieur d'un domaine D.

La surveillance du mouvement relatif entre véhicules indépendamment de la cause d'incident se fait donc à bord de chacun d'entre eux par le positionnement du point réel de fonctionnement par rapport au domaine D. Toute sortie de ce domaine entraîne un freinage d'urgence.

L'utilisation d'un tel domaine pour la sécurité relative entre véhicules impose évidemment une grande sécurité de la détection.

Toute détection de phénomène anormal dans le mouvement relatif des véhicules ou dans le fonctionnement des équipements qui régulent ce mouvement entraîne un freinage d'urgence qui est soumis aux contraintes suivantes:—lorsqu'un véhicule doit freiner d'urgence, il faut que tous les véhicules de la rame (prise dans sa définition d'occupation géographique) reçoivent en même temps l'ordre de freinage:

il n'est pas possible de cumuler les temps de réponse d'un trop grand nombre de cellules.

— le freinage est un freinage contrôlé à bord de chaque véhicule à partir de la vitesse réelle et de la vitesse de consigne.

### La sécurité de la ligne:

Elle est assurée au niveau des stations qui assurent trois fonctions:

— surveillance du déplacement des véhicules et des rames

— analyse des incidents à partir de la position des véhicules et des rames

— décision d'arrêt d'urgence pour l'ensemble des véhicules d'une zone.

Chaque station surveille son interstation amont et aval. En fait elle n'est responsable que de la demi interstation amont et aval, mais en cas d'incident au niveau d'une station, le trafic de la ligne, grâce au recouvrement ainsi établi, n'est pas perturbé.

Des points de surveillance permettent aux stations de connaître l'instant de passage, la vitesse, le numéro et la composition des rames.

Par ailleurs, par l'intermédiaire de la ligne de sécurité, chaque station est informée de tout incident provoquant l'arrêt d'urgence d'un véhicule. En fonction des conséquences possibles, elle peut provoquer l'arrêt de l'ensemble des véhicules de la zone.

## E — CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

LE VEHICULE se présente sous forme d'une cabine de 4 à 10 personnes.

La sustentation est faite par quatre roues pneumatiques équipées d'un bandage de sécurité limitant l'affaissement en cas de crevaison.

— le guidage est assuré par quatre roues pneumatiques

— la traction est assurée par deux moteurs à reluctance variable (chacun en prise directe sur chacune des roues arrières)

— l'énergie d'alimentation est assurée en courant continu 400 V. La captation de courant se fait par patins frottant sur les rails d'alimentation.

LA VOIE comprend:

— deux pistes de roulement assurant le retour de courant

— les rails de guidage constituant la polarité électrique positive

Elle est fabriquée industriellement.

### F — CARACTERISTIQUES D'INSERTION GEOGRAPHIQUE

L'implantation du système peut se faire: — au sol, — en viaduc, — en souterrain.

Le gabarit est de 4 m pour une voie double sens y compris un chemin central pour l'évacuation des passagers en cas d'incident suffisamment grave pour nécessiter l'évacuation des passagers vers la station la plus proche.

• Le système peut absorber des pentes jusqu'à deux pour cent sans réduction des performances et 10% avec une réduction de la vitesse commerciale.

• Le rayon de courbure minimal est de 5 m en zone de manoeuvre. Les véhicules peuvent circuler avec des passagers jusqu'à des rayons de 10m, mais il faut noter qu'à partir de 180m, on est amené à réduire la vitesse pour respecter les conditions de confort fixées, en ce qui concerne l'accélération transverse, limitée à 1,3 m/s<sup>2</sup>.

On peut donc considérer à partir de ces données, que le système s'insère particulièrement bien en milieu urbain.

### G — EXPLOITATION

La principale caractéristique du système ARAMIS est sa très grande souplesse d'exploitation.

En effet, ARAMIS opère au niveau de chaque liaison station à station et chaque liaison peut être assurée de différente manière (fréquence offerte, arrêts intermédiaires . . .)

On caractérise un mode d'exploitation par: — le type de station, — le type d'affectation, — la cadence de desserte offerte, — la possibilité d'arrêts intermédiaires, — la possibilité de rupture de charge.

Il existe pour le système ARAMIS quatre types de stations chacune offrant différentes possibilités de fonctionnement.

— les stations en ligne peuvent être utilisées en service omnibus ou en service direct (seule l'arrière de la rame s'y arrêtant)

— les stations en dérivation,

— les stations à retournement qui permettent de réinjecter des véhicules

sur le tronçon le plus chargé et de réduire l'importance des rames sur les tronçons à moindre trafic:—elles peuvent fonctionner avec des véhicules non réversibles (station en boucle) ou avec des véhicules réversibles (stations à rebroussement).

En ce qui concerne l'affectation des véhicules, trois principes sont possibles: — la préaffectation, — l'affectation au choix de l'usager, — l'affectation mixte (combinaison des deux premières).

Pour des facilités de gestion du mouvement des véhicules la première méthode est la plus simple. Mais il peut être intéressant d'utiliser la troisième, les liaisons les plus chargées étant assurées par des véhicules préaffectés, tandis que les liaisons les moins chargées le sont par des véhicules affectés à la demande. Cette affectation à la demande constitue alors un aspect marginal dont on peut mieux maîtriser les conséquences.

La cadence de desserte offerte peut être variable: — desserte à chaque départ, — desserte une fois sur deux pour toutes les stations, — desserte à chaque départ des liaisons les plus demandées et desserte avec une périodicité plus élevée des autres liaisons.

Il est possible de concevoir aussi une desserte avec des arrêts intermédiaires. Sans aller jusqu'au service omnibus, il est possible de prévoir une desserte avec "affectation par zone" chaque zone étant desservie en service direct, mais le parcours à l'intérieur de la zone se faisant en service omnibus.

Enfin il est possible de prévoir que certaines liaisons ne pourront être effectuées qu'avec une correspondance provoquant une rupture de charge.

A partir de l'étude de cas concrets que nous avons réalisés, nous avons pu dénombrer une centaine de modes d'exploitation. A cette occasion, nous avons pu mettre au point les outils mathématiques qui nous permettent, à partir des données propres à la ligne, de déterminer le système ARAMIS le mieux adopté pour ce cas particulier.

### H — ETAT DE DEVELOPPEMENT DU SYSTEME

ARAMIS est actuellement expérimenté sur l'aéroport d'ORLY à PARIS.

— les essais se déroulent sur une piste d'essai de 1 km équipée d'une station fixe en dérivation et d'une station mobile.

— les essais ont commencé en février 1973 et ils doivent se terminer en Juillet 73 pour la partie technique.

Une présentation a été faite à l'occasion de TRANSPORT EXPO du 4 au 8 Juin 1973.

— La première implantation commerciale est prévue pour 1974-75.