

# COMPARAISON DES SYSTEMES DE TRANSPORT HECTOMETRIQUE

SYNTHESE INRETS n° 1

3304

RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL  
MIS EN PLACE PAR L'I.R.T.

A. BIEBER  
J.P. COINDET  
B. DUPONT  
J.L. MAUPU

Avril 1986

СОВЕТСКИЕ  
КОМПЬЮТЕРЫ

СОВЕТСКИЕ КОМПЬЮТЕРЫ

СОВЕТСКИЕ КОМПЬЮТЕРЫ

**ISBN 2-85782-143-3**

## **RÉSUMÉ**

La possibilité de transporter des personnes sur des courtes distances a donné lieu à l'élosion de très nombreuses idées depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle. Toutefois, sur la centaine d'inventions proposées, seuls quelques systèmes ont vu le jour, souvent en relation avec des événements spéciaux (expositions universelles notamment). Quelques uns ont été mis en œuvre plus récemment dans de grands complexes d'échanges multimodaux, aéroports, etc.

Le présent rapport, produit par un groupe de travail animé par l'IRT, procède à une analyse critique des débouchés des systèmes aujourd'hui disponibles et propose des critères d'appréciation de la notion d'opportunités de développement. Il conclut à la nécessité de l'internationalisation des débouchés.

Une analyse fonctionnelle des diverses filières en présence (trottoirs roulants, semi-continus, navettes) met en lumière leur complémentarité en termes de distance entre stations et de capacité.

Enfin des comparaisons sont effectuées sur la base des données technologiques qui ont été accessibles au groupe de travail.

## **SUMMARY**

Very short distance passenger transportation has raised much interest since the beginning of the industrial era and many innovations have been proposed in the past.

A few systems have been successfull enough to receive application in relation to special contexts (exhibitions mainly). Some of them have been incorporated in the design of large transportation transfer facilities, such as airports.

Nevertheless, the necessity to carry research in this field foster a continuous debate.

This report is intended to clarify the issue, by presenting the following results :

- criteria for assessment of future opportunities of development of such systems;
- functional comparative analysis of the main existing families of systems (conveyors, shuttles, semi-continuous systems);
- technical pros and cons of systems under development for which data could be reviewed.



# Sommaire

	Page
<b>RÉSUMÉ</b>	3
<b>INTRODUCTION</b>	7
1. Perspective historique et panorama des recherches actuelles	9
2. Les problèmes particuliers liés au développement des marchés des transports hectométriques	17
3. Analyse fonctionnelle des transports hectométriques	25
4. Tableau comparatif de 9 systèmes	37
<b>ANNEXE 1</b>	49
<b>ANNEXE 2</b>	71
<b>ANNEXE 3</b>	75
<b>LISTE DES PUBLICATIONS</b>	79



# introduction

Le transport de personnes sur petites distances, dans la plage allant de quelques dizaines de mètres à 2000 mètres, présente deux aspects. S'agissant de transports verticaux, il a donné lieu au développement de deux industries majeures : en ville, celle des ascenseurs et des escaliers mécaniques, dont la nécessité est entièrement reconnue, l'importance économique considérable et les solutions techniques bien définies, en montagne, celle des remontées mécaniques dont l'importance est également indéniable.

S'agissant de transports horizontaux, presque tout reste à faire. Leur nécessité est controversée, eu égard notamment à la facilité de franchir à pied des distances hectométriques horizontales. Leur importance économique est encore marginale, sauf peut être dans le cas particulier des aéroports et de quelques ruptures de charges exceptionnelles sur les réseaux terrestres. Techniqueusement par contre, de nombreuses innovations sont proposées depuis plus d'un siècle. Les plus anciennes sont d'inspiration mécanique (trottoirs roulants accélérés, systèmes à câbles, etc...), les plus récentes font appel à l'électronique et aux possibilités d'automatismes qui en découlent. Mais, mis à part les escalators et les bandes transporteuses non accélérées dont la mise au point date du début du siècle, aucune percée indiscutable ne s'est produite. Les solutions restent embryonnaires, ne dépassant qu'exceptionnellement le stade de la recherche, et donnent lieu à de multiples prototypes, la plupart sans lendemain. Enfin, les déboires commerciaux se comptent par dizaines.

Devant cette situation, il était intéressant de prendre du recul par rapport aux initiatives ponctuelles des développeurs de ces systèmes et de tenter un diagnostic impartial des perspectives offertes aux différents systèmes envisageables. Dans ce but, l'I.R.T. a proposé en 1983 à diverses personnalités représentatives des "utilisateurs" actuels ou potentiels de ces systèmes de se réunir pour produire ce diagnostic, bien entendu avec la prudence qui s'impose lorsque l'on s'attaque à l'époque actuelle à une prospective nécessairement internationale.

Le présent rapport résume le travail effectué par le groupe sous la direction d'A. BIEBER avec l'aide de l'ensemble de ses membres et de J.P. COINDET., B. DUPONT et J.L. MAUPU (I.R.T.).

Le groupe de travail a bénéficié des réflexions et contributions de MM. :

BILLECOQC, FARIN et PLAGNE (RATP)  
DOUARD (MIR/MST)  
JACOB (IAURIF)  
LANCIEN (SNCF)  
LECLERC (DTT)  
MEDEE (ANVAR)  
SAUVALLE (ADP)  
SOULAS (AFME)

Le groupe remercie enfin l'ensemble des industriels contactés et particulièrement ceux qui les ont accueillis pour présentation détaillée de leurs réalisations.

Le rapport est composé de cinq parties :

1. **Une perspective historique** débouchant sur un panorama des recherches actuelles et de leurs contextes d'application.
2. Un examen des problèmes particuliers posés par le **développement de "marchés"** pour ces systèmes, en liaison avec des sites d'application.

3. **Une analyse fonctionnelle** des différentes familles technologiques (il y en a trois : les trottoirs roulants accélérés, les semi-continus et les navettes).

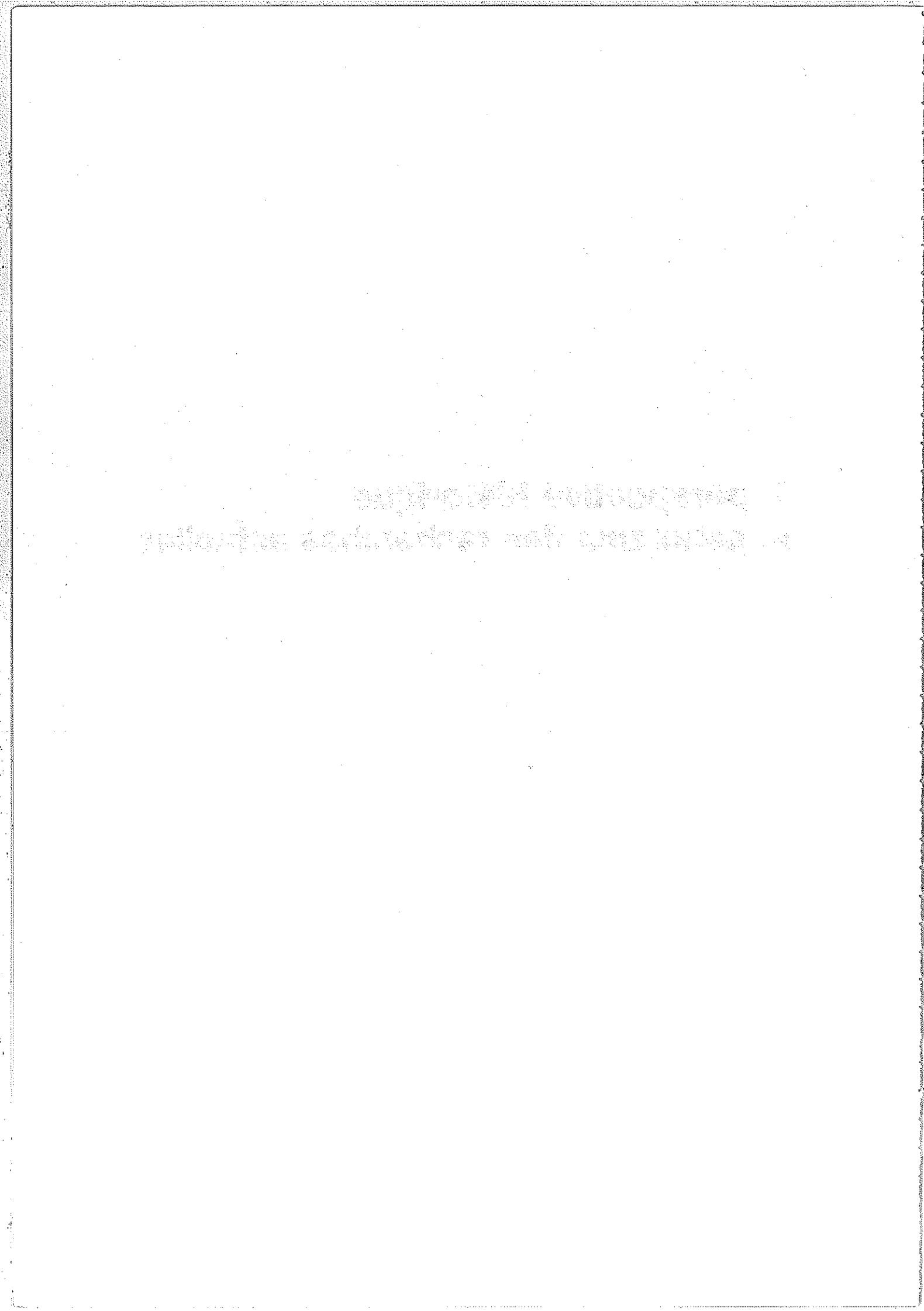
4. **Un tableau comparatif multicritère** faisant apparaître les problèmes techniques principaux posés à chaque système.

5. **Une conclusion** reprenant les principaux éléments du diagnostic rassemblés par le groupe de travail.

Ce travail fait donc suite au rapport élaboré en 1978 par le CODRA (1) pour la Direction des Transports Terrestres sur les "possibilités d'utilisation des transports nouveaux sur courtes distances". Il se veut plus technique et plus précis, notamment sur les aspects fonctionnels de chaque filière envisageable. Il prolonge, sans la remettre en cause, la conclusion très prudente du rapport quant aux possibilités de développement rapide du marché de ces systèmes. Il tente de conclure de façon moins négative en rappelant les éléments d'une "stratégie technologique" qui permettrait à la recherche française d'accumuler des atouts dans une partie a priori très difficile et en étendant le champ de l'analyse à l'ensemble des systèmes applicables aux courtes distances.

(1) Conseil à la Décision et à la Réalisation en Aménagement Urbain - Rapport de synthèse - 1978.

# **1 perspective historique et panorama des recherches actuelles**



## RAPPEL HISTORIQUE SOMMAIRE <sup>(1)</sup>

Dans l'accélération du progrès des techniques de transport qui, avec l'achèvement du moteur électrique, a marqué la 2<sup>e</sup> moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, on doit retenir le rôle essentiel joué par les grandes expositions internationales. Le premier moyen de transport hectométrique connu est en service à l'exposition de Chicago en 1893. Sur une longueur de 1300 mètres un système formé de deux trottoirs roulants contigus, à embarquement latéral, permet de se mouvoir à 5 et 10 km/h. Le "trottoir" le plus rapide comporte des banquettes transversales.

L'idée et les systèmes sont repris à l'exposition universelle de Paris, en 1900, à quelques modifications près (suppression de banquettes et rétrécissement des trottoirs extérieurs). La boucle fait cette fois 3400 m de long. L'histoire retiendra que le trottoir accéléré aura, en huit mois, transporté près de 7 millions de voyageurs. Sur 43 accidents corporels recensés, aucun accident grave ne surviendra.

La recherche est reprise dès l'après-guerre en France, au Royaume-Uni et aux USA. En France, un concours est organisé en 1920 sous les auspices du Conseil de Paris. Le projet primé est longuement expérimenté, mais se perd, semble-t-il, dans les labyrinthes bureaucratiques. Au Royaume-Uni Adkins et Lewis, qui travaillent sur leur projet depuis 1905, dotent du "Never-Stop Railway" le site de l'exposition "Impériale" de Wembley en 1924. Cette fois, le système, sur une boucle de 2,20 km, comporte 88 cabines conçues chacune pour 30 passagers. Elles sont accélérées de 2 à 16 km/h au moyen d'un dispositif d'entraînement par vis d'Archimède à pas variable. Le système donne toute satisfaction à l'exposition, pendant deux années consécutives, et est ensuite proposé, pendant trente ans rapporte B. RICHARDS <sup>(2)</sup>, au London Transport... apparemment sans succès.

Des recherches sont également menées aux USA, dans les années 20, mais le projet, (M. Putnam - Continuous Transit Corporation) qui implique déjà un moteur linéaire et doit transporter 32 000 personnes par sens et par heure, ne dépasse pas le stade de la maquette, en vraie grandeur toutefois. Le projet devait équiper le fameux axe piétonnier new-yorkais formé par la 42e rue entre "Times Square et Grand Central" et remplacer la navette métro bien connue des usagers new-yorkais.

Après la crise des années 30 et la seconde guerre mondiale c'est en 1953 que Goodyear relance l'idée d'un système à cabines accélérées à usage urbain. C'est le Carveyor qui, proposé pour le même axe de transport new-yorkais, subit malgré le progrès des techniques le même sort que son grand aîné.

Il faut attendre les années 60 pour voir apparaître une quatrième puissance inventive, la Suisse, qui équipe à son tour deux grandes expositions internationales de systèmes à vocation hectométrique. Le "Télécanapé" et le "Minirail Habegger" marquent l'exposition universelle de Lausanne en 1964. Le second est utilisé ensuite à l'exposition universelle de Montréal en 1967 où il transporte 17 millions de personnes au moyen de petites rames automatisées circulant à vitesse réduite sur un viaduc métallique ultra-léger. Ce mini-métro Habegger servira, deux ans plus tard, d'exemple à l'Etablissement Public de Lille-Est lors de la rédaction de l'appel d'idées qui débouchera sur le VAL.

On se situe ensuite de 1965 à 1975, dans la période "d'explosion" de l'invention technologique appliquée aux transports urbains.

Comme le rappelle P. PATIN <sup>(3)</sup>, c'est à cette époque que naît une idéologie "systémique" des innovations qui devait conduire à modifier radicalement, avec la conduite automatique, les données technologiques du transport urbain :  
— concept de véhicules "de chargement" venant s'accoupler ou s'accrocher à une rame à vitesse constante.

(1) Le lecteur intéressé par les aspects historiques des transports hectométriques se reportera avec profit à "Passenger Conveyor" de J.M. Tough et C. O'Flaherty publié en 1971 par Ian Allan à Londres.

(2) A Historical view of mechanical systems of movement for major activity center - Brian RICHARDS - OCDE - April 1970.

(3) P. PATIN - Les trottoirs roulants accélérés. La Recherche -

Cette étude... devait amener la définition d'une "matrice d'invention" sorte de classification exhaustive, à plusieurs entrées, de toutes les idées en matière de transports urbains, sans limitation ni dans le domaine des débits, ni dans celui des distances, ni surtout en matière de technologie".

- transport semi-continu à cabines défilant en station
- trottoirs roulants accélérés

et au niveau des composants :

- procédés d'entraînement à vitesse variable (mailles déformables, cames rotatives, etc...)
- systèmes anti-collision divers
- aiguillages pour systèmes à roulement pneumatique
- motorisation linéaire
- sustentation magnétique ou par coussin d'air.

Les tableaux suivants rappellent en quelques mots la nature et l'histoire des principaux prototypes étudiés lors de cette période, tout à fait exceptionnelle, de l'histoire des transports à courte distance.

On trouvera dans ces tableaux, en plus des systèmes à vocation exclusivement hectométrique, des systèmes automatiques guidés pouvant être naturellement adaptés à ce type d'utilisation.

Un premier tableau fait apparaître les systèmes ayant rencontré un véritable succès "commercial", au point d'être reproduits sans grande modification de leurs principes sur plusieurs sites. C'est, au sens strict, pour ces systèmes que l'on peut, nous semble-t-il, commencer à dire qu'ils ont eu un "marché", même si la taille de celui-ci est très modeste et si les réalisations s'étagent le plus souvent sur une vingtaine d'années.

**TABLEAU 1**

**SYSTEMES EN APPLICATION "DEVELOPPEE"**  
(plus d'une application avec succès)

NOM	Industriel	Originalité	Site d'application
Transit Expressway	Westinghouse (USA)	Navette automatique active	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parc d'attraction de Bush Gardens</li> <li>Aéroport de Miami</li> <li>Aéroport de Seattle</li> <li>Aéroport de Tampa</li> <li>Aéroport de Gatwick</li> <li>Aéroport d'Atlanta</li> <li>Aéroport d'Orlando</li> </ul>
Minirail (ou Unimobil)	Habegger (Suisse)	Minirame en boucle à pilotage automatique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposition de Lausanne</li> <li>Exposition de Montréal</li> <li>Parc d'attraction Hershey</li> <li>Parc d'attraction Disneyland</li> <li>(en projet) Exposition de Tsukuba (?)</li> </ul>
Rohr-Wedway	W. Disney (USA)	Minirames en boucle à pilotage automatique Voie active électrique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disneyland Los Angeles</li> <li>Disneyland Floride</li> <li>Aéroport de Houston</li> </ul>

Dans un deuxième tableau nous regroupons les systèmes qui sans avoir pu recevoir de sanction positive du "marché" à l'heure actuelle, puisqu'ils n'ont eu aucune suite notable, ont néanmoins répondu correctement aux besoins exprimés par les utilisateurs du site équipé, parfois après de longues périodes de mise au point.

**TABLEAU 2**  
SYSTEMES EN APPLICATION UNIQUE **MAINTENUE**

NOM	Industriel	Originalité	Site d'application
ACT	Ford	Navette double automatique	Aéroport d'Hartford
A.G.T.	Boeing	Stations en dérivation	Liaison ville - Université de Morgantown
Airtrans	L.T.V.	Réseau étendu de rames automatiques	Equipe l'Aéroport de Dallas
Cabinen Taxi	DEMAG	Cabines suspendues à moteur linéaire	Hôpital de Ziegenheim
PRT	OTIS	Coussin d'air	Hôpital de Duke University

Dans un troisième tableau nous indiquons les systèmes "en construction" qui, une fois terminés, viendront s'ajouter au tableau précédent.

**TABLEAU 3**  
SYSTEME EN APPLICATION UNIQUE, ACTUELLEMENT EN CONSTRUCTION  
OU EN PROJET TRES AVANCÉ

NOM	Industriel	Originalité	Site d'application
H. BAHN	SIEMENS	Cabines suspendues Moteurs linéaires	Université de Dortmund
HSST	Japan Air Lines	Navette à sustentation magnétique	Exposition de Tsukuba
MAGLEV	British Rail + GEC	Sustentation magnétique	Aéroport de Birmingham
NAHSAT	Poma 2000 Creusot-Loire Entreprises	Traction par câble	Gare du Nord - Gare de l'Est (Paris)
POMA 2000	dito	Traction par câble	Laon (France)
TRAX	Alsthom Atlantique (ACB)	Trottoir roulant accéléré	Gare des Invalides (Paris)

**TABLEAU 3 (suite)**

NOM	Industriel	Originalité	Site d'application
UMI-BUDD	UMI-BUDD	Rames automatiques	Exposition 84 de New-Orleans
M. BAHN	A.E.G.-Berlin	Sustentation magnétique	Interconnexion Métro de Berlin
S.K.	SOULE	Traction par câble	Parc des expositions de Paris-Nord à Villepinte Vancouver (Expo 86)

Enfin, dans un dernier tableau, nous avons rassemblé les systèmes **expérimentés en vraie grandeur**, parfois sous forme commerciale, mais dont l'expérimentation n'a pas dépassé le statut du provisoire, l'exploitation ayant été interrompue pour des raisons diverses soit techniques, soit financières (soit même d'interruption des activités ayant motivé la mise en place du système, notamment dans le cas des expositions).

**TABLEAU 4**

**SYSTEME N'AYANT PAS DEPASSE LE STADE DU PROTOTYPE**  
(Exploitation abandonnée)

NOM	Industriel	Originalité	Histoire
Beltica	Toshiba	Cabines passives et bandes contigües en station	Prototype début 70 au Japon
CARVEYOR	Goodyear	Véhicules passifs sur rouleaux de propulsion. Bande transportuese latérale en station.	Prototype années 60 aux USA
C-Bahn	Demag-MBB	Moteur linéaire Extension du Cabinen Taxi.	Circuit expérimental à Hagen
Dashaveyor	Bendix Dasha Cie	Navette automatique	Transpo 72 - USA
Jetrail	Stanray-Braniff	Cabines suspendues	A fonctionné dans un Aéroport de Dallas (Love fields). Abandonné après fonctionnement satisfaisant.
K.C.V. 13	Kawasaki	Copie de Morgantown	Prototype au Japon
K.R.T.	Kobe Steel	Rames automatiques	Expo d'Okinawa 75
MAT	Mitsubishi	Copie de l'A.C.T.	Prototype au Japon

TABLEAU 4 (suite)

NOM	Industriel	Originalité	Histoire
Mini-monorail	Shibaura	?	Prototype au Japon
Minitram	Hawker-Siddeley	Version anglaise des systèmes type Morgantown	Application envisagée à Sheffield. Apparemment abandonné
Monocab	Varo Inc.	Cabines suspendues	Aéroport au Texas (Garland)
Monotram	Rohr (Wabco)	Petite rame totalement automatique (Aéroport)	Installé à Houston en 72. Déposé depuis.
POMA-Grenoble	Pomagalski	Semi-continu	Expériences années 70
Railbus	Rohr Wabco	Rame automatisable	Utilisé au Zoo de San Diego
Speedaway	Dunlop Batelle	Trottoir roulant accéléré (plaqué à glissement latéral)	Deux prototypes successifs en Suisse et en Grande-Bretagne
TATT	Aéroport de Paris	Mini-rames automatiques	Prototype années 60 Aéroport de Genève
Télébus	Guimbal	Voie active électrique Moteur linéaire	Installé à Saint-Etienne
Télécanapé	Habegger	Disque d'accélération	Expo Suisse de 64
Télérail	Neyrpic	Cabines avec entraînement par cylindre tournant "à pas variable"	Prototype années 60 - Aéroport de Genève
Trans-Urban	Krauss-Maffei (Allemagne)	Sustentation magnétique	Prototype. Abandonné après envisagé pour Expo de TORONTO
Tridim	Aérotrain (BERTIN)	Crémaillère en caoutchouc	Expérimentation technique vraie grandeur
Uniflo	Uniflo Corp.	Propulsion par jets d'air comprimé	Prototype aux USA
VEC	Cytec (France)	Cabines passives mues par convoyeur industriel	Prototype testé au parking de la FNAC à Paris
VONA	Mitsui	Chargement par disque	Prototype en parc d'attraction (YATSU) Non reproduit

On peut, pour terminer, ajouter à ce tableau, l'existence d'une soixantaine de maquettes, concepts, brevets divers dont la littérature technique fait mention (cf. Passenger Conveyors - Op. cit).

Les transports hectométriques ont donc suscité depuis un siècle une activité inventive remarquable, tant en quantité qu'en diversité, aux Etats-Unis, au Japon, en France et, dans une moindre mesure, en Grande-Bretagne et en Allemagne. Les listes précédentes, sans prétendre à l'exhaus-

tivité, montrent également la variété des industriels de cette activité : entreprises de constructions ferroviaires, de constructions aéronautique et spatiale, de construction mécanique, du pneumatique, des services et des loisirs, etc...

Enfin, le pourcentage de réalisations financées jusqu'au stade des prototypes en vraie grandeur est impressionnant. **Plus de 40 systèmes ont été expérimentés en vraie grandeur** sur la petite centaine de concepts et projets qui peuvent être recensés facilement.

Au sein de ces systèmes matérialisés, les "réussites" ont été fort diverses. Une majorité d'entre eux n'a pas franchi le stade du prototype et n'ont plus actuellement, qu'un intérêt historique... mais sans que l'on puisse toujours dire que le concept qui les a fait naître soit définitivement disqualifié.

Une demi-douzaine ont franchi victorieusement le cap de l'exploitation commerciale sur site unique. Enfin, trois d'entre eux ont atteint le niveau, difficile d'accès pour un mode nouveau, de la **re-production sur plusieurs sites**. Le Transit Expressway de Westinghouse a équipé six aéroports et un parc d'attraction. Le Minirail de Habegger a équipé deux expositions universelles et deux parcs d'attraction. Les "Wed-Way" de W. Disney ont équipés les parcs d'attractions de la firme avant de déboucher sur une application aéroportuaire.

C'est donc à partir d'un panorama extrêmement riche (où comme il est d'usage en recherche figurent beaucoup d'appelés et peu d'élus) que s'est constitué, à la fin des années 1970 un "noyau dur" de la recherche technologique sur les transports hectométriques. C'est ce "noyau dur" que nous nous proposons d'examiner dans la suite de ce rapport.

Par "noyau dur" de la recherche, nous entendons d'une part les familles technologiques pour lesquelles le problème du développement se pose actuellement dans notre pays, d'autre part les systèmes "de référence" illustrés par des applications importantes (en France ou à l'étranger) et donc susceptibles de constituer des alternatives valables aux systèmes précédents.

Afin de ne pas alourdir le document, nous nous sommes fixés à sept systèmes, que nous présentons très brièvement dans ce qui suit, en attirant l'attention du lecteur sur l'existence de fiches descriptives plus détaillées en annexe.

Cinq systèmes sont en cours de développement en France :

- le POMA 2000 (version LAON) : système dérivé des systèmes semi-continus POMA, actuellement en cours de réalisation.
- la NAHSAT : un funiculaire, Maîtrise d'ouvrage SNCF, dérivée du précédent pour une application entre la gare du Nord et la gare de l'Est à Paris.
- le S.K. (SOULE) en prototype à Bagnères de Bigorre avec un support financier de l'ANVAR qui équipera le Parc d'Expositions de Paris-Nord début 1986 et le site d'Expo 86 à Vancouver en mai 1986.
- le TRAX (A.C.B. et maîtrise RATP) essayé en usine à Nantes et prévu pour l'équipement d'un couloir de correspondance entre métro et RER à la station Invalides à Paris.
- enfin, le DELTA-V (Brissoneau et Lotz-Marine) à l'étude à Nantes, pour lequel un support financier (ANVAR + RATP) vient d'être dégagé.

Deux systèmes ont été choisis pour leur valeur "de référence", comme nous l'avons déjà indiqué :

- la "NAVETTE ACTIVE" très bien représentée à l'étranger par le Transit Expressway de Westinghouse, mais pour lequel un dérivé simplifié du VAL pourrait par exemple aussi bien convenir. On les désignera dans ce qui suit par Navettes en ne les considérant que dans leurs versions à deux véhicules dans la configuration "funiculaire plat".
- les "Cabines passives à moteur électrique linéaire", très bien représentées à l'étranger par le Wedway de l'aéroport d'Houston mais avec lesquelles des projets français pourraient s'apparenter.

## **2 les problèmes particuliers liés au développement des marchés des transports hectométriques**

1000 999 998 997 996 995 994 993 992 991 990 989 988 987 986 985 984 983 982 981 980 979 978 977 976 975 974 973 972 971 970 969 968 967 966 965 964 963 962 961 960 959 958 957 956 955 954 953 952 951 950 949 948 947 946 945 944 943 942 941 940 939 938 937 936 935 934 933 932 931 930 929 928 927 926 925 924 923 922 921 920 919 918 917 916 915 914 913 912 911 910 909 908 907 906 905 904 903 902 901 900 899 898 897 896 895 894 893 892 891 890 889 888 887 886 885 884 883 882 881 880 879 878 877 876 875 874 873 872 871 870 869 868 867 866 865 864 863 862 861 860 859 858 857 856 855 854 853 852 851 850 849 848 847 846 845 844 843 842 841 840 839 838 837 836 835 834 833 832 831 830 829 828 827 826 825 824 823 822 821 820 819 818 817 816 815 814 813 812 811 810 809 808 807 806 805 804 803 802 801 800 799 798 797 796 795 794 793 792 791 790 789 788 787 786 785 784 783 782 781 780 779 778 777 776 775 774 773 772 771 770 769 768 767 766 765 764 763 762 761 760 759 758 757 756 755 754 753 752 751 750 749 748 747 746 745 744 743 742 741 740 739 738 737 736 735 734 733 732 731 730 729 728 727 726 725 724 723 722 721 720 719 718 717 716 715 714 713 712 711 710 709 708 707 706 705 704 703 702 701 700 699 698 697 696 695 694 693 692 691 690 689 688 687 686 685 684 683 682 681 680 679 678 677 676 675 674 673 672 671 670 669 668 667 666 665 664 663 662 661 660 659 658 657 656 655 654 653 652 651 650 649 648 647 646 645 644 643 642 641 640 639 638 637 636 635 634 633 632 631 630 629 628 627 626 625 624 623 622 621 620 619 618 617 616 615 614 613 612 611 610 609 608 607 606 605 604 603 602 601 600 599 598 597 596 595 594 593 592 591 590 589 588 587 586 585 584 583 582 581 580 579 578 577 576 575 574 573 572 571 570 569 568 567 566 565 564 563 562 561 560 559 558 557 556 555 554 553 552 551 550 549 548 547 546 545 544 543 542 541 540 539 538 537 536 535 534 533 532 531 530 529 528 527 526 525 524 523 522 521 520 519 518 517 516 515 514 513 512 511 510 509 508 507 506 505 504 503 502 501 500 499 498 497 496 495 494 493 492 491 490 489 488 487 486 485 484 483 482 481 480 479 478 477 476 475 474 473 472 471 470 469 468 467 466 465 464 463 462 461 460 459 458 457 456 455 454 453 452 451 450 449 448 447 446 445 444 443 442 441 440 439 438 437 436 435 434 433 432 431 430 429 428 427 426 425 424 423 422 421 420 419 418 417 416 415 414 413 412 411 410 409 408 407 406 405 404 403 402 401 400 399 398 397 396 395 394 393 392 391 390 389 388 387 386 385 384 383 382 381 380 379 378 377 376 375 374 373 372 371 370 369 368 367 366 365 364 363 362 361 360 359 358 357 356 355 354 353 352 351 350 349 348 347 346 345 344 343 342 341 340 339 338 337 336 335 334 333 332 331 330 329 328 327 326 325 324 323 322 321 320 319 318 317 316 315 314 313 312 311 310 309 308 307 306 305 304 303 302 301 300 299 298 297 296 295 294 293 292 291 290 289 288 287 286 285 284 283 282 281 280 279 278 277 276 275 274 273 272 271 270 269 268 267 266 265 264 263 262 261 260 259 258 257 256 255 254 253 252 251 250 249 248 247 246 245 244 243 242 241 240 239 238 237 236 235 234 233 232 231 230 229 228 227 226 225 224 223 222 221 220 219 218 217 216 215 214 213 212 211 210 209 208 207 206 205 204 203 202 201 200 199 198 197 196 195 194 193 192 191 190 189 188 187 186 185 184 183 182 181 180 179 178 177 176 175 174 173 172 171 170 169 168 167 166 165 164 163 162 161 160 159 158 157 156 155 154 153 152 151 150 149 148 147 146 145 144 143 142 141 140 139 138 137 136 135 134 133 132 131 130 129 128 127 126 125 124 123 122 121 120 119 118 117 116 115 114 113 112 111 110 109 108 107 106 105 104 103 102 101 100 99 98 97 96 95 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 78 77 76 75 74 73 72 71 70 69 68 67 66 65 64 63 62 61 60 59 58 57 56 55 54 53 52 51 50 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Le rappel historique précédent a mis en évidence le caractère tout à fait embryonnaire de la réflexion menée sur les problèmes de "marché" des transports hectométriques. A l'évidence, aucun système n'a, à l'heure actuelle, créé autour de lui une dynamique de marché, à nos yeux caractérisée par les paramètres suivants :

1. reproduction de commandes à intervalles suffisamment rapprochés pour que l'industriel conserve entre chaque commande un potentiel adapté à la commande nouvelle;
2. permanence du service rendu aux premiers utilisateurs de telle sorte qu'une accumulation de connaissances se produise effectivement chez les exploitants, pour utilisation par l'industriel;
3. obtention d'économies "de reproduction" trouvant leur source dans la réutilisation d'une large partie des composants de la commande  $n$  pour la commande  $n + 1$ .

Il apparaît en définitive que la notion de marché est difficile à cerner pour ces systèmes; comment définir un volume et un rythme de production pour des systèmes n'ayant pratiquement jamais dépassé, dans le passé, le stade du "sur mesure"? Nous proposons de centrer la réflexion autour du concept plus adapté, nous semble-t-il, d'opportunités de développement.

La question à laquelle nous allons nous efforcer de répondre dans ce chapitre est : **Existe-t-il des opportunités de développement pour les systèmes hectométriques en 1984 et peut-on les situer les unes par rapport aux autres ?**

En 1978, la direction des Transports Terrestres du ministère des Transports publiait le rapport "Possibilités d'utilisation des systèmes de transport nouveaux à courte distance", rapport qu'il est intéressant d'analyser dans la perspective actuelle.

Le cadre alors défini était le territoire national, à court et moyen terme, pour trois systèmes à des niveaux divers d'avancement : le TRAX, le VEC et le DELTA V. Il apparaît clairement aujourd'hui que de telles limites devaient conduire à des conclusions entièrement pessimistes, les auteurs soulignant eux-mêmes que le marché national était estimé au cinquième de celui du marché commun, ce dernier ne représentant que le quart du marché mondial.

Compte tenu du niveau de développement acquis aujourd'hui par les matériels français étudiés par le groupe de travail, il est certain que l'évaluation de marché faite en 1977 (au moins en terme d'unités à implanter) doit être remise en cause. Ceci ne signifie pas, à notre sens, qu'un marché nouveau ou élargi soit apparu depuis 1977; en ce qui concerne les collectivités locales par exemple, nous pouvons considérer que leur situation financière s'est plutôt dégradée depuis cette époque et que de grandes opérations d'urbanisme qui pourraient donner l'occasion d'implanter des systèmes de transport hectométrique ont maintenant peut de chances de voir le jour (notamment en centre ville) dans notre pays.

C'est donc à une transformation profonde de l'optique de recherche des opportunités de développement que nous convions le lecteur de 1984. Dans une optique de rigueur accrue des financements publics, il faut centrer davantage l'analyse sur les quelques "grands développeurs" susceptibles de conserver les moyens suffisants en période de crise. Ceci impose évidemment une approche internationale avec les yeux tournés vers les grands centres mondiaux de dynamisme économique des années 80 : villes multimillionnaires des pays riches, plateformes aéroportuaires ou ferroviaires d'importance pluri-nationale pour ce qui concerne les opportunités enfin, Japon, Amérique du Nord et Europe de l'Ouest, pour ce qui concerne les lieux privilégiés en termes de la "solvabilité" des clients potentiels.

Pour l'ingénierie française, la stratégie d'exportation s'impose donc mais, la logique d'une "dynamique de démarrage" française présentée en 1978 reste d'actualité. La plupart des matériels proposés par les constructeurs n'étant pas encore opérationnels, il semble hasardeux de s'orienter vers des premières implantations en territoire étranger, même si, ici ou là, des pourparlers peuvent être en cours dans ce sens; il est clair que "l'effet de vitrine" procuré par la mise en service en France d'un système pilote de transport hectométrique contribuerait largement à l'apparition et à la définition d'un développement qu'il est prématuré de vouloir cerner précisément. On peut considérer que l'implantation en projet d'un prototype du TRAX aux Invalides, celle de la NAHSAT entre les gares du Nord et de l'Est et la construction d'un système SK à Villepinte participent de cette logique.

Il est certain que pour jouer favorablement, cet effet de vitrine devrait être produit d'une part par des matériels sûrs et fiables et, d'autre part, dans des sites permettant de démontrer l'utilité de tels systèmes. Le choix des sites nous paraît revêtir une importance capitale dans ce contexte.

Le principal problème de l'exportation de tels matériels de transport est, dans ce domaine comme dans les autres domaines de l'investissement "lourd", les réactions protectionnistes bien connues des grands clients publics. Peut-on espérer franchir ce type de barrière ? Oui, nous semble-t-il si un certain nombre de conditions sont remplies :

1. une spécificité technologique et un savoir-faire indiscutable faisant gagner **plusieurs années** de développement au pays importateur;
2. un client pressé, devant faire face à des échéances précises, comme c'est le cas pour les grandes expositions par exemple;
3. des accords de co-traitance poussés et préparés avec des industriels locaux implantés dans le domaine;
4. un client aussi peu directement lié que possible au milieu politico-administratif local de façon que le reproche de "faire travailler l'étranger" pèse moins lourd dans la balance;
5. des services "après-vente" de qualité, impliquant un savoir-faire indiscutable au niveau de l'exploitation.

Au-delà de ces difficultés bien connues, il reste que les termes du débat sont multiples et on ne peut pas nier des aspects tels que la concurrence entre transport hectométrique et autres transports collectifs, voiture particulière et **surtout marche à pied**, du moins dans le domaine des très courtes distances. De même, le caractère diffus, non polarisé, des déplacements en zone urbaine est un réel problème. Ces difficultés ne font toutefois que renforcer l'idée suivant laquelle les critères à prendre en compte dans la décision de mettre en œuvre un système de transport hectométrique débordent largement la seule aide apportée au piéton. Ainsi, les faibles gains de temps unitaire procurés, compte tenu des courtes distances couvertes, justifieraient difficilement à **eux seuls** un tel investissement; il en va de même de la fatigue évitée qui peut d'ailleurs se trouver en partie compensée par les difficultés d'accès à un système en site propre. Comme le soulignait le rapport précité, aux critères de fonctionnalité et de confort, classiques dans la justification de projets de transport, doivent s'ajouter d'autres considérations pour imposer ces systèmes.

Deux mots paraissent par contre résumer ce qui pourra compter dans l'émergence éventuelle de tels systèmes :

- le **réalisme**, en particulier financier, de l'implantation,
- la **portée symbolique** de l'implantation.

Du point de vue du **réalisme** (et notamment de la faculté de dégager, pour cette implantation, une commande rapide et déterminante au niveau du matériel rouiant), plusieurs critères s'imposent à l'évidence :

- **existence de couples polarisés origine-destination** dans la bonne gamme des distances (200 à 2000 m),
- **envergure du client** en particulier de celui qui pourra dans un esprit de rentabilité globale compenser "un îlot de pertes par un océan de profits" pour reprendre l'expression fameuse du créateur du "Bon Marché",
- **capacité décisionnelle** : il est peu probable que de tels systèmes puissent résister à l'action abrasive de comités chargés de coordonner localement des financements multiples,
- fonctionnement en **termes de régulation de flux massifs de personnes** aux grands nœuds de communication.

Du point de vue de la **portée symbolique** de l'implantation les critères sont évidemment plus qualitatifs mais peuvent être situés comme suit :

- **image de modernité** nécessaire à la poursuite d'un projet global d'entreprise,
- **accueil d'une clientèle rendue très exigeante** par le niveau général des prestations du mode concerné (transport aérien, TGV, RER, etc...),
- **possibilité de rentabilisation publicitaire** (utilisation par les divers médias, etc), notamment à l'échelle internationale, par un ou plusieurs "sponsors" de grande envergure,
- **maintien de l'image de qualité** par l'absence de vandalisme et de problème de sécurité liés à certains types de clientèles.

De ces huit points, aucun ne doit à notre sens être sous-estimé; si l'on fait un panorama des réalisations actuelles dans le monde, on voit que la quasi-totalité des transports hectométriques (strictement ou au sens large), fonctionnent dans des unités fermées tels des aéroports, des hôpitaux ou des parcs d'attraction. Ils apparaissent comme complémentaires à des investissements beaucoup plus importants, éventuellement comme moyen de rentabiliser ces investissements; enfin ils peuvent bénéficier de "portées symboliques" très favorables.

Dans le tableau 5, nous présentons de façon très résumée, les aptitudes de quelques sites types d'implantation au regard de ces huit critères. Il ne fait pas de doute qu'une hiérarchisation de ces sites est possible face à l'ensemble des critères et permet d'orienter les efforts de développement de tels systèmes à l'avenir.

TABLEAU 5

LES UTILISATIONS DU TRANSPORT HECTOMETRIQUE  
FACE AUX CRITERES D'OPPORTUNITE DE DEVELOPPEMENT

Critères Types de sites envisageables	Existence couples O-D polarisés à bonne distance	Envergure du client	Capacité décisionnelle	Nécessité de réguler des flux massifs	Nécessité de l'image de modernité	Exigence de la clientèle	Rentabilisation publicitaire et sponsoring	Résistance au vandalisme
Liaisons aéroportuaires	+	+	+	+	+	+	+	+
Nœuds ferroviaires inter-urbains	+	+	+	+	+	o	+	?
Nœuds de correspondances de transports urbains	+	+	?	+	+	?	+	-
Expositions, grandes manifestations ludiques	+	+	+	+	+	?	+	o
Centres d'activités tertiaires (en urbanisation nouvelle)	?	?	?	+	+	+	+	?
Centres anciens (zones piétons)	-	-	-	+	?	?	+	-
Prolongement de services urbains en banlieue	?	+	?	-	o	?	?	-

Légende : + positif  
- négatif  
o neutre  
? selon cas d'espèce

Par ordre de réalisme immédiat décroissant peuvent donc être cités :

1. **Les grandes manifestations "symboliques"** : l'Exposition Universelle de 1989 a pu apparaître comme une opportunité particulière de construction de transports hectométriques; il en va probablement de même de l'organisation éventuelle des Jeux Olympiques à Paris en 1992; les grands parcs d'attraction ou d'exposition permanents à l'américaine, "Disneyland", "Epcot", sont des lieux favorisés.

2. **Le projet d'entreprise** des grands transporteurs (terrestres ou aériens); **l'image** du transporteur peut être dans ce cas une justification suffisante pour mettre un transport hectométrique en œuvre; le transport hectométrique peut ainsi, peut-être surtout, permettre de résoudre des problèmes d'interconnexion de réseaux, de supprimer des solutions de continuité ou de gérer des flux piétonniers très importants dans des espaces engorgés. Dans cet esprit, on ne saurait trop souligner le rôle déterminant que peuvent jouer, dans le développement des transports hectométriques, les responsables de l'exploitation des grands réseaux interconnectés, à l'interface notamment des différents niveaux de desserte régionale et nationale en transports collectifs.

3. **Les grands complexes commerciaux en urbanisation nouvelle** lorsque leur taille, exceptionnelle, justifiera le recours à une aide à la marche à pied.

4. **L'apport à une conception particulière de très grands pôles d'activités**, tels les aéroports, les hôpitaux pour lesquels l'unité de la maîtrise d'ouvrage est naturellement réalisée et constitue un facteur favorable essentiel.

A un horizon plus éloigné peuvent enfin être envisagés

5. Dans certains cas particuliers, **le prolongement de lignes urbaines** lorsqu'il peut prendre la forme d'une jonction bipolaire entre une station d'un réseau express régional et un pôle d'activité concentré, notamment en urbanisation nouvelle.

6. **Le maillage d'espaces centraux** et de centres d'activités tertiaires dans des villes moyennes.

7. **Des rabattements de zones résidentielles** vers des terminus de transports collectifs mais, dans ce dernier cas, les études menées en région d'Ile de France n'ont abouti à aucune réalisation et force est de constater que l'évolution des idées en matière d'urbanisme résidentiel ne favorise plus les grandes concentrations d'habitat qui permettraient d'envisager des dessertes de type hectométrique "fixe", différentes de l'autobus sur voirie ordinaire.

## **TYPOLOGIE DES SITES**

En vue de procéder à l'analyse technique des divers systèmes de transport hectométrique, notamment de caractériser leur aptitude à répondre aux difficultés topographiques envisageables, le groupe de travail a jugé nécessaire de définir des "sites types".

Afin de ne pas alourdir exagérément cette analyse, il a été décidé de réduire le nombre des sites types au strict minimum.

Après examen d'un nombre important de possibilités d'implantation, il a été convenu :

- d'éliminer certains cas extrêmes pour lesquels des solutions existent (par exemple les très fortes dénivellées avec pentes importantes pour lesquelles on trouve le funiculaire, voire l'ascenseur),
- de retenir comme critères de définition des sites, la longueur, la pente et le rayon de courbure.

Trois sites types ont ainsi été déterminés; ils sont schématisés ci-après :

**Type 1 :** Longueur de l'ordre de 300 mètres

Ligne droite ou rayon de courbure en plan non inférieur à 300 mètres  
Pentes n'excédant pas 10%; rupture possible.

**Type 2 :** Longueur de 1500 mètres au maximum, avec station intermédiaire

Rayons de courbure au moins égaux à 50 mètres  
Pentes n'excédant pas 15%

**Type 3 :** Longueur de 200 à 300 mètres

Rayons de courbure au moins égaux à 10 mètres  
Pentes jusqu'à 70%.

Il a toutefois semblé utile de conserver une certaine marge quant à la définition des pentes acceptables. Deux types complémentaires ont ainsi été adjointes.

**Type 2 bis :** mêmes caractéristiques que le type 2 avec rayons de courbure au moins égal à 20 mètres

**Type 3 bis :** mêmes caractéristiques que le type 3 avec pentes de 30%

On trouvera dans le tableau de comparaison, constituant le corps du chapitre IV, une indication de la capacité des systèmes en développement à s'adapter aux différents sites "types" définis ci-dessus.



### **3 analyse fonctionnelle des transports hectométriques**

THE  
MICHIGAN  
STATE  
TELEGRAM  
CO.

## 1. INTRODUCTION

L'idée de faire franchir à des individus de courtes distances par des moyens mécaniques élaborés débouche généralement sur trois familles de solutions :

1. Une famille dite "continue", regroupant les bandes transporteuses à vitesse constante et les bandes transporteuses à vitesse variable (dites aussi trottoirs roulants accélérés).

2. Une famille dite "semi-continue", dérivée d'un principe largement utilisé dans les transports de montagne qui consiste à combiner un fonctionnement continu ou quasi-continu aux arrêts (au moyen de cabines défilant à vitesse lente le long d'un quai) à un fonctionnement discontinu classique entre stations.

3. Une famille dite "discontinu", dans laquelle on peut distinguer les systèmes à véhicules réversibles et irréversibles. Pour des distances courtes, la réversibilité présente beaucoup d'avantages, en particulier dans la formule dite "des funiculaires" qui permet à deux véhicules de circuler sans danger sur une voie unique (sauf à l'endroit du croisement central).

Ces trois familles présentent évidemment leurs avantages et leurs inconvénients. Dans ce chapitre, sans les examiner de façon exhaustive, nous projetons de les comparer en centrant l'examen sur deux caractéristiques essentielles de tout système de transport :

- le temps "entrée-sortie" qu'ils permettent d'offrir à l'usager,
- la capacité offerte en fonction de leurs caractéristiques dimensionnelles.

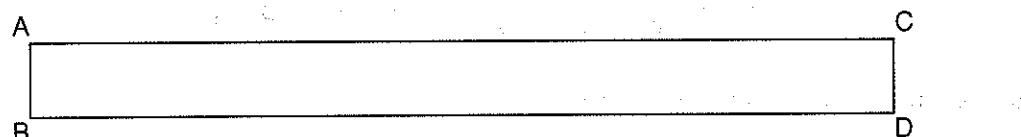
Bien entendu, une troisième caractéristique essentielle du système, son coût, ne sera pas ignorée en pratique.

Pour la simplicité, nous limitons l'examen qui suit à des systèmes rectilignes et nous supposons négligeables les phénomènes de saturation en fonctionnement, hors limite de capacité.

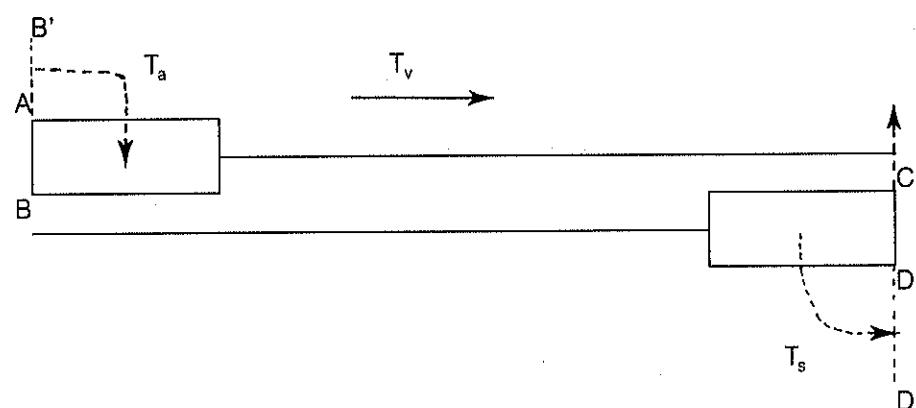
## 2. COMPARAISON DES TEMPS ENTRÉE-SORTIE

### 2.1. Définition du "temps entrée-sortie"

Nous nous référerons à la bande transporteuse de longueur  $L$ . Nous appellerons temps d'entrée-sortie de la bande le temps nécessaire pour franchir la distance séparant le seuil d'embarquement (ligne AB) du seuil de débarquement (ligne CD).



Pour des systèmes semi-continus et discontinus, on désignera, par analogie un temps entrée-sortie comparable :



Il sera composé, dans ce cas :

- d'un **temps d'accès** (évidemment relié au temps d'attente moyen)  $T_a$
- d'un **temps véhicule** (qui dépend de la cinématique du véhicule)  $T_v$
- d'un **temps de sortie** (qui dépend de la distance moyenne à franchir à pied entre la porte de descente et l'extrémité du quai CDD'. Ce temps est à considérer surtout dans le cas de rames de grandes dimensions)  $T_s$

$$T_{es} = T_a + T_v + T_s$$

## 2.2. Hypothèses

- a) **Calcul du temps d'accès ( $T_a$ )**
- . Il est supposé nul pour les trottoirs roulants (absence de saturation)
  - . Il est supposé égal à la demi-période pour les navettes à deux véhicules :

$$T_a = \frac{1}{2} p = \frac{1}{2} (T_v + T_i)$$

avec  $T_i$  = temps d'immobilisation en station

- . Il est établi, pour les semi-continus, sur la base d'une hypothèse jugée réaliste de réactions de la clientèle devant le défillement des cabines en stations.

Si  $t_d$  est la durée de ce défillement et  $p$  le temps séparant deux défillements de véhicules successifs. On suppose :

- qu'une moitié de la clientèle (les habitués) va monter dans la première cabine en défillement et attendre ainsi en moyenne  $1/2 t_d$ ,
- que l'autre moitié de la clientèle (les occasionnels et les timorés) va préférer attendre la 2<sup>e</sup> cabine et avoir ainsi un  $T_a$  moyen égal à  $(1/2 p + t_d)$ .

Le temps d'accès moyen sera :

Si  $t_d < p$  (cas de véhicules espacés)

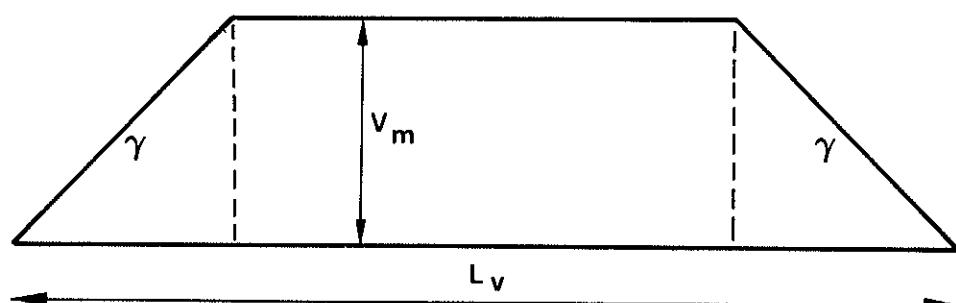
$$T = \frac{1}{2} [\frac{1}{2} t_d + (\frac{1}{2} p + t_d)] = \frac{1}{4} p + \frac{3}{4} t_d$$

Si  $t_d \geq p$  (cas de véhicules rapprochés)

$$T_a = \frac{1}{2} [\frac{1}{2} p + \frac{3}{2} p] = p$$

b) **Calcul des  $T_v$  :**

- . Le temps véhicule pour les familles 2 et 3 est calculé par référence à une loi trapézoïdale de vitesse :



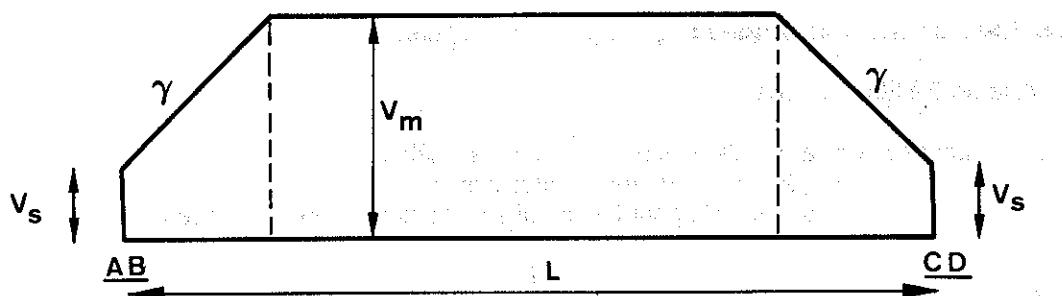
Les accélérations et décélérations sont supposées égales et constantes entre O et  $V_m$ , vitesse maximale en ligne. On prendra des valeurs volontairement faibles pour  $\gamma$  de façon à compenser l'absence de prise en compte de jerk et de perte d'accélération en fin de phase d'accélération (caractéristique des motorisations classiques).

La distance  $L_v$  est égale à  $(L - l)$  avec  $L$  = la longueur de l'intersection et  $l$  = longueur de la rame unitaire (significatif uniquement pour navettes très volumineuses).

Dans ces conditions la formule générale est :

$$T_v = \frac{L - l}{V_m} + \frac{V_m}{\gamma}$$

. Pour les trottoirs roulants accélérés\* la même loi est appliquée mais on tiendra compte d'une vitesse initiale et terminale du piéton, que l'on suppose égale à la vitesse de défilement **aux seuils AB et CD** de la bande transporteuse. Si  $V_s$  est cette vitesse ( $V_s < V_m$ ).



$$T_v = \frac{L}{V_m} + \frac{V_m}{\gamma} - \frac{V_s}{\gamma} \left( 2 - \frac{V_s}{V_m} \right)$$

c) Calcul de  $T_s$  :

- . Il est nul pour les trottoirs roulants
- . Il est supposé égal à une constante (temps de descente  $k_d$ ); pour les semi-continus à cabines courtes  $T_s = k_d$
- . Il est supposé égal à cette constante  $k_d$  plus le temps de description à vitesse piétonne  $V_p$  de la  $\frac{1}{2}$  longueur  $\frac{1}{2}l$  de la rame pour les navettes longues (on suppose une répartition linéaire des passagers dans la rame).

$$T_s = k_d + \frac{1}{2V_p}$$

### 2.3. Récapitulation : expression des temps entrée-sortie des trois familles

- . Pour les trottoirs roulants

$$T_{es} = \frac{L}{V_m} + \frac{V_m}{\gamma} - \frac{V_s}{\gamma} \left( 2 - \frac{V_s}{V_m} \right)$$

\* et, en théorie, pour les systèmes semi-continus (bien que dans ce cas la faiblesse de la vitesse de défilement en station, assimilable au  $V_s$  qui suit, conduira à négliger les termes correspondants).

### . Pour les semi-continus (longueur de la rame négligée)

1°)  $t_d < p$

$$T_{es} = \left( \frac{1}{4} p + \frac{3}{4} t_d \right) + \frac{L}{V_m} + \frac{V_m}{\gamma} + K_d$$

2°)  $t_d \geq p$

$$T_{es} = p + \frac{L}{V_m} + \frac{V_m}{\gamma} + K_d$$

### . Pour les navettes (longueur de rame non négligée)

$$T_{es} = \frac{1}{2} p + \frac{L - I}{V_m} + \frac{V_m}{\gamma} + K_d + \frac{I}{2V_p}$$

### 2.4. Applications numériques : $T_{es} = f(L, V_m)$ voir figures 1 et 2

- .  $L$  varie de 0 à 2000 mètres
- .  $V_m$  est supposé égal à 10 m/s (limite des systèmes à câble)  
à 20 m/s pour les navettes actives  
à 3,33 m/s pour les trottoirs roulants accélérés (0,30 sec/m)

#### Trottoirs roulants

- .  $\gamma = 1 \text{ m/s}^2$
- .  $V_s = 0,8 \text{ m/s}$  pour les bandes transporteuses classiques non accélérées
- .  $V_p =$  Vitesse d'un piéton 1,25 m/s ou 0,8 m/s
- . Vitesse d'un piéton marchant sur bande 1 m/s ou 1 s/m.

#### Semi-continus

- .  $\gamma = 1 \text{ m/s}^2$
- .  $p = 20''$
- .  $t_d = 20''$
- .  $K_d = 5''$

#### Navettes doubles

- .  $\gamma = 1 \text{ m/s}^2$
- .  $p = T_v + T_i$  avec  $T_i = 20''$
- .  $K_d = 5''$
- .  $V_p = 1,25 \text{ m/s}$
- .  $I = 20 \text{ m}$  pour  $C_u$  faible
- .  $I = 40 \text{ m}$  pour  $C_u$  élevé

## 2.5. Résultats

### 2.5.1. Formules définitives (en secondes et mètres)

. Pour le trottoir roulant  $T_{es} = 0,30 L + 1,87$

. Pour les navettes doubles : dans le domaine de validité de la loi trapézoïdale

à 10 m/s  $T_{es} = 0,15 L + 30 + 0,25 I$

à 20 m/s  $T_{es} = 0,075 L + 45 + 0,325 I$

. Pour les semi-continus (supposés limités à 10 m/s)

$T_{es} = 0,10 L + 35$

### 2.5.2. Commentaires

Les figures 1 et 2 montrent les domaines d'utilisation privilégiés des trois familles (le "bonus de 50 m" accordé au piéton correspond à une déviation de parcours éventuellement imposée par l'utilisation d'un système de transport).

1. Les trottoirs roulants accélérés assurent les temps d'entrée-sortie les plus bas dans la plage allant de 100 à 200 mètres. Le domaine d'utilisation peut évidemment s'étendre au-delà, disons jusqu'à 300 mètres environ car, pour ces distances, la perte de temps occasionnée par l'usage du trottoir roulant est limité.

Le graphique fait clairement ressortir, par contre, le risque que comporterait une utilisation sur trop longues distances d'une ou plusieurs unités de trottoirs roulants accélérés. Il semble bien qu'au-delà de 500 mètres, les avantages des deux autres familles l'emportent trop nettement pour que le trottoir roulant accéléré puisse s'imposer.

2. Les navettes à câbles ( $V_{max} \# 10 \text{ m/s}$ )<sup>(1)</sup> sont légèrement moins performantes que les systèmes semi-continus, mais la différence est **peu sensible** jusqu'au kilomètre environ de distance parcourue. Dans les courtes distances (300 – 1000 m) qui paraissent constituer le terrain d'élection des navettes à câbles, la concurrence avec les transports semi-continus s'établira le plus souvent en termes de capacité, les performances temporelles s'avérant non discriminantes. Il en va autrement pour les plus longues distances (1000 - 2000 m) où le semi-continu prend progressivement un avantage de temps entrée-sortie et de capacité.

3. Tous les systèmes à câbles, limités à 10 m/s sont, pour ce qui concerne les temps entrée-sortie, dominés par les navettes rapides automotrices ( $V_{max} \# 20 \text{ m/s}$ ) dès que l'interstation dépasse 500 mètres. Les navettes auto-propulsées sont de plus supérieures aux systèmes à câbles (à volumes unitaires de véhicules ou rames équivalentes) en termes de capacité dans les mêmes conditions que ci-dessus. Bien entendu, les systèmes à câbles gardent un avantage spécifique en cas de sites pentus, lorsque la pente impose le recours à la crémaillère (pente limite fonction du site et du climat, dans la fourchette 10 - 20%).

## 3. La question des capacités

Des courbes reliant la capacité horaire dans un sens à l'inter-station peuvent être tracées pour les navettes, type de système marqué, on le rappellera, par une loi capacitaire hyperbolique du type suivant :

$$\text{Capacité horaire} = \frac{3600 \times \text{Capacité unitaire}}{\text{Intervalle entre départs}}$$

(1) Des recherches récentes montrent que cette limite pourrait s'élever jusqu'à environ 12 m/s.

L'intervalle entre deux départs est exprimé linéairement pour les navettes doubles (cf. calculs plus haut) en fonction de la distance à parcourir. On suppose, comme on l'a fait pour les temps entrée-sortie, l'absence d'arrêts intermédiaires. L'intervalle entre deux départs est, pour les navettes, égal à  $T_v + T_i$  (notations précédentes) :

$$\text{Int} = T_v + T_i = \frac{L - l}{V_m} + \frac{V_m}{\gamma} + T_i$$

Capacité horaire =	$\frac{3600 \times C_u}{\frac{L - l}{V_m} + \frac{V_m}{\gamma} + T_i}$
--------------------	--

Avec  $T_i = 20''$

$\gamma = 1 \text{ m/s}^2$

$V_m = 10 \text{ et } 20 \text{ m/s}$

**Remarque :** On négligera le correctif  $\frac{l}{V_m}$

$$\text{Capacité horaire (10 m/s)} = \frac{3600 \times C_u}{0,1 L + 30}$$

$$\text{Capacité horaire (20 m/s)} = \frac{3600 \times C_u}{0,05 L + 40}$$

On établira les courbes pour  $C_u = 50, 100, 200$  et  $300$  passagers, car ces valeurs nous semblent bien représenter la plage pratique accessible aux solutions "funiculaires plats".

En effet, si nous supposons un véhicule de 2 mètres de largeur ( $\pm 20$  cm) et un pourcentage de places assises de 20 à 30%, la densité linéaire de passagers s'établit dans la plage de 6 à 8 p/m. Les longueurs de rames correspondantes sont (avec une petite marge pour tenir compte du traitement des faces avant et arrière et des articulations) :

7 à 10 mètres pour  $C_u = 50$  p

15 à 20 mètres pour  $C_u = 100$  p

30 à 40 mètres pour  $C_u = 200$  p

45 à 60 mètres pour  $C_u = 300$  p

#### Commentaires (cf. fig. 3)

1. Les capacités offertes par les navettes type "funiculaire plat" décroissent très rapidement avec la distance (loi hyperbolique).
2. Le passage de 10 m/s à 20 m/s de vitesse maximale à un effet très sensible sur la capacité dès que l'on dépasse les 500 mètres.

3. Le Trax, avec sa capacité de 8 à 12 000 p/h, domine du point de vue de la capacité les petites navettes ( $C_u = 50$  et 100 p), est dominé par une navette de 200 passagers jusqu'aux 300 mètres environ, puis fait jeu égal avec cette navette à partir de 300 mètres.

4. Le SK, qui offre une capacité de 4 à 5000 p/h, indépendamment de la distance, est légèrement supérieur à une navette de 50 places sur les distances courtes (200 mètres), fait jeu égal avec les navettes de 100 places entre 500 et 800 mètres (selon la vitesse maximale de ces navettes), avec les navettes de 200 places entre 1200 et 2000 mètres.

L'avantage du SK par rapport aux navettes est le maintien d'une bonne capacité, avec de petits véhicules, sur les longues distances. L'inconvénient est évidemment d'imposer la voie double sur l'ensemble du tracé, encore que la largeur nécessaire soit moindre et éventuellement les structures aériennes plus légères que dans le cas des navettes.

5. La possibilité théorique d'exploiter, sur deux voies parallèles équivalentes à une infrastructure de semi-continu, **deux funiculaires plats placés côte à côte**, existe. Ce dispositif pose des problèmes originaux de sécurité, mais ne peut être totalement écarté dans l'examen systématique du meilleur moyen de transporter en masse des passagers sur courte distance dans un tunnel (ou plus généralement un "tube" d'insertion) de section donnée. Si un tel système était mis au point il améliorerait, au prix de l'installation de quatre véhicules synchronisés, nettement en temps entrée-sortie et radicalement en capacité, les performances avancées ci-dessus pour les navettes classiques, au prix toutefois d'une surlargeur ou d'une longueur de rame (donc de station) importante.

FIGURE 1 : TEMPS ENTRÉE-SORTIE POUR DES INTERSTATIONS DE 100 A 500 MÈTRES

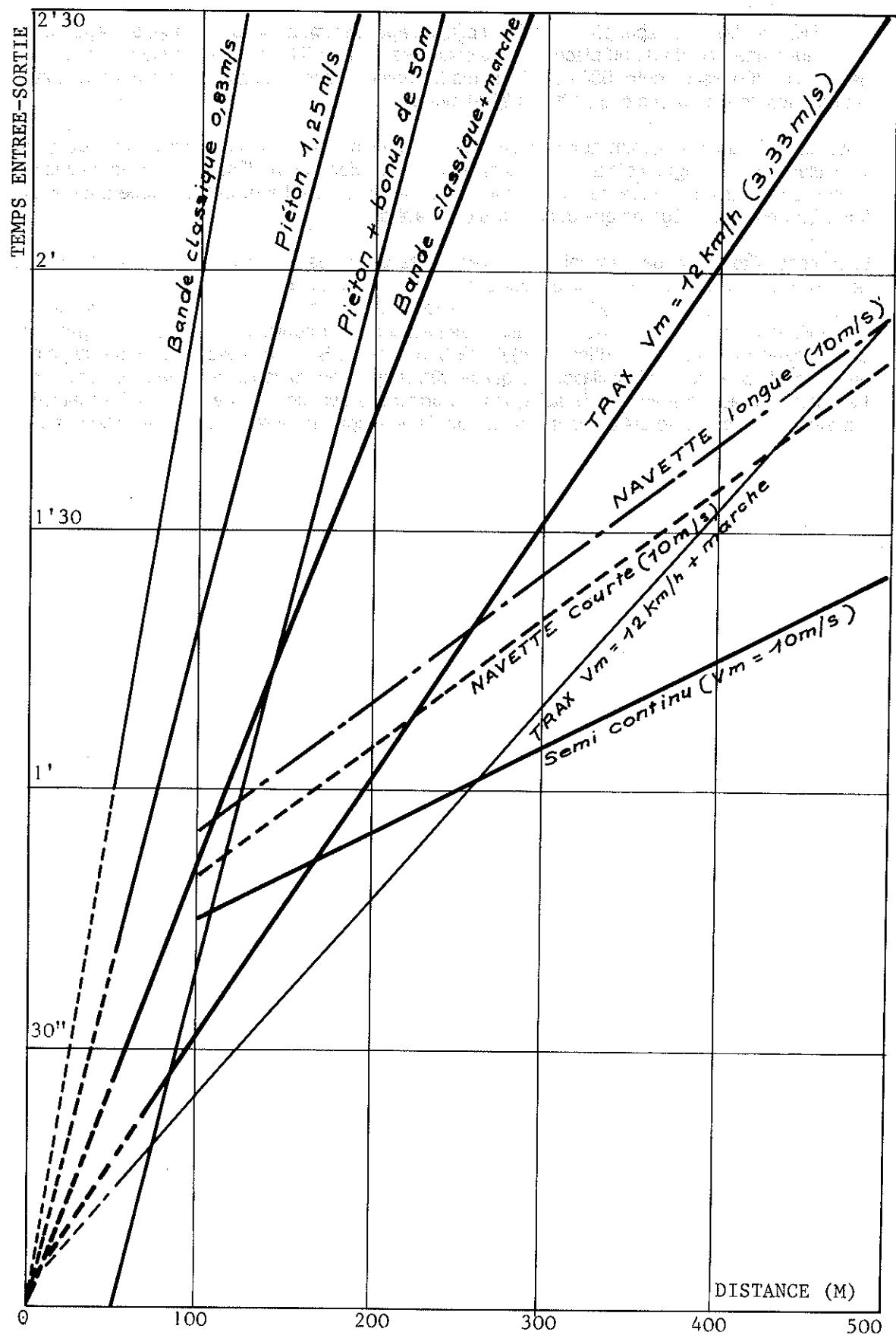


FIGURE 2 :  
TEMPS ENTRÉ-SORTIE POUR DES INTERSTATIONS DE 0 A 2000 MÈTRES

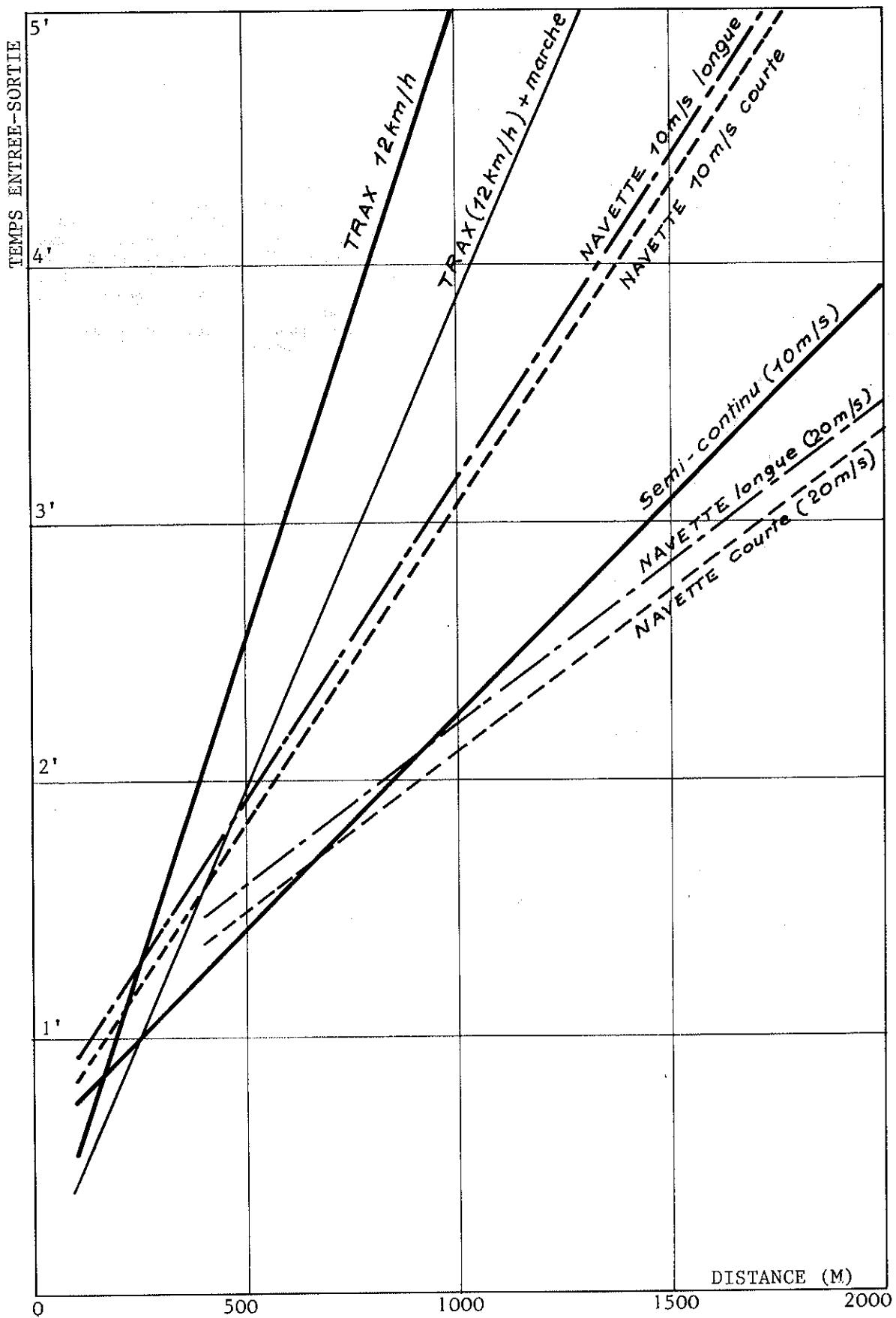
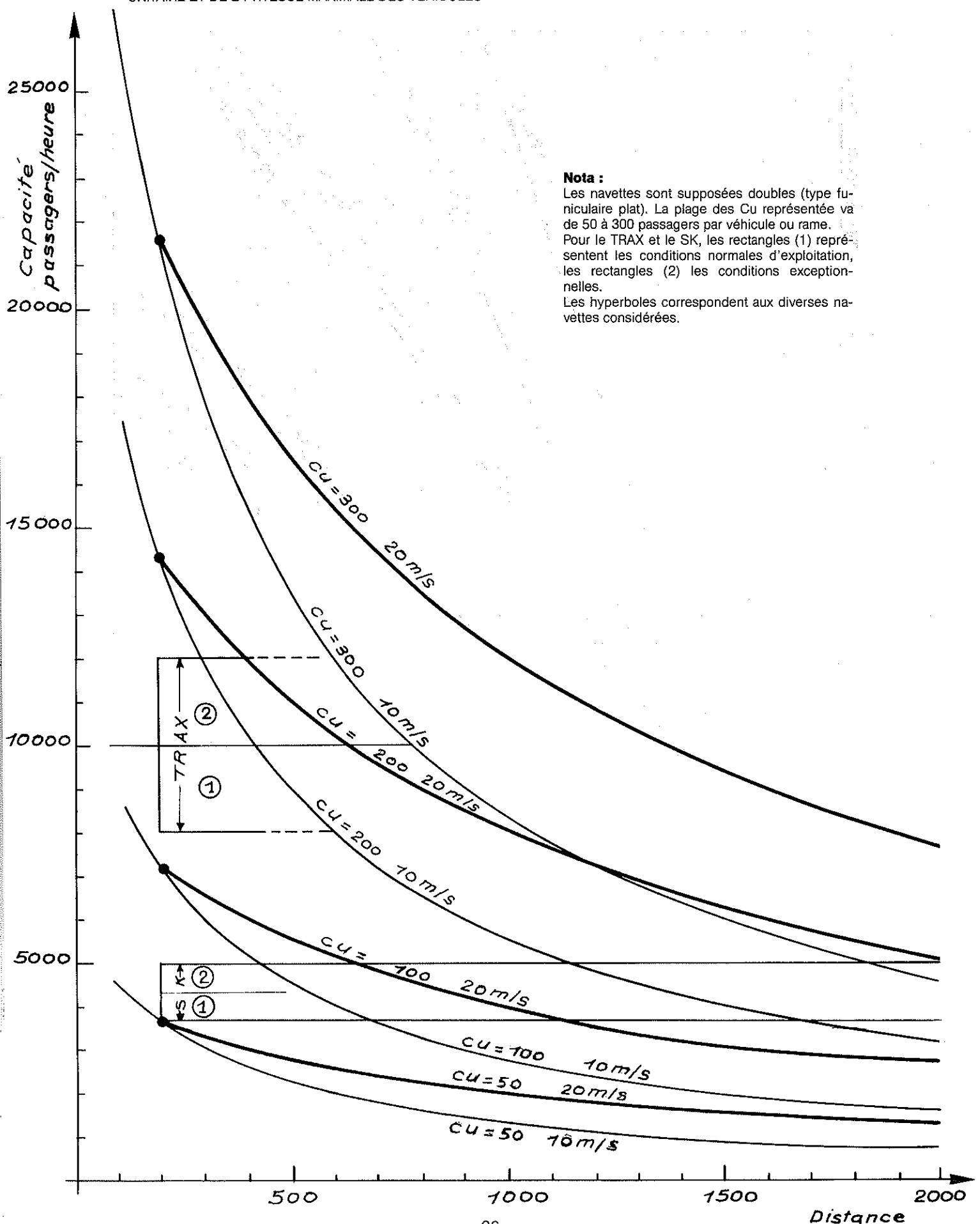


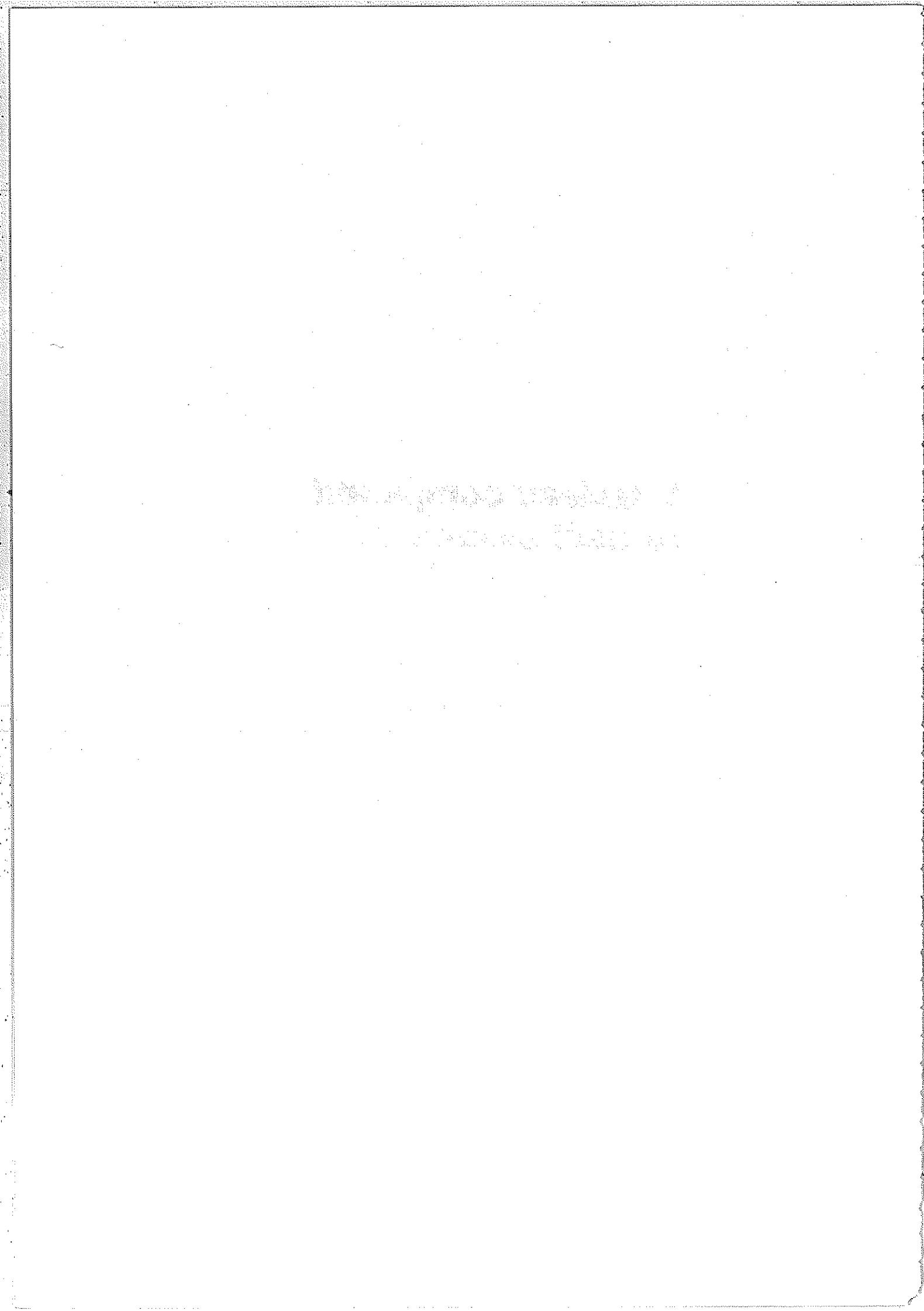
FIGURE 3 :  
CAPACITÉ DES SYSTÈMES HECTOMÉTRIQUES RECTILIGNES EN FONCTION DE L'INTERSTATION, DE LA CAPACITÉ UNITAIRE ET DE LA VITESSE MAXIMALE DES VÉHICULES



**Nota :**

Les navettes sont supposées doubles (type funiculaire plat). La plage des Cu représentée va de 50 à 300 passagers par véhicule ou rame. Pour le TRAX et le SK, les rectangles (1) représentent les conditions normales d'exploitation, les rectangles (2) les conditions exceptionnelles. Les hyperboles correspondent aux diverses navettes considérées.

## **4 tableau comparatif de neuf systèmes**



## 1. INTRODUCTION

Notre mission principale consiste à apporter des éléments d'appréciation permettant une meilleure comparaison des différents systèmes de transport hectométrique. Cette tâche de comparaison est rendue délicate par les quatre circonstances suivantes :

1) Les systèmes évoqués ici ne sont pas, sauf exception, **des produits figés** ni achevés. Chacun d'eux représente **un** aboutissement possible d'une idée ou d'un principe technologique original et conserve ainsi une plus ou moins grande capacité d'adaptation aux contraintes exogènes, notamment celles liées aux sites potentiels de mise en œuvre. Cette faculté d'adaptation qui constitue par ailleurs un atout de ces systèmes, interdit le plus souvent de fixer pour des critères de comparaison importants, une valeur unique, voire une fourchette de valeurs suffisamment étroite permettant une "analyse de dominance" traditionnelle. Nos conclusions ne pourront donc en aucun cas être des affirmations définitives telles que "tel système est meilleur que tel autre".

2) Les systèmes de transport hectométrique reposent sur des principes technologiques peu développés et sont, de ce fait, **sujets à révisions**. L'observation du passé ne peut que nous conduire à la plus extrême prudence quant aux affirmations des développeurs selon lesquelles la phase de mise au point - transformation de leur technique serait terminée. Toutes les performances indiquées sont les performances actuellement connues et jugées réalistes par le groupe de travail.

3) **L'évaluation des coûts**, comme celle des marchés, nous paraît particulièrement délicate. Les dossiers présentés à ce titre par les développeurs constituent le plus souvent des "ensembles flous" où il est difficile de distinguer ce qui doit être imputé à l'amortissement d'opérations passées, au coût de développement ou au contraire à des stratégies d'avenir... Il serait ainsi vain de vouloir comparer des coûts sur la base des dossiers proposés à l'Administration pour justifier telle ou telle opération (en raison notamment de l'imbrication dans des formes différentes, des programmes industriels et des demandes de financement). Cette circonstance nous conduit à limiter notre approche des coûts à la présentation de quelques **coûts d'opérations** (voir en annexe).

4) La **nature** même de certains systèmes (les "semi-continus" en particulier) semble les prédisposer à faire l'objet **d'études paramétriques précises** de leurs principales caractéristiques technologiques. Effectivement, **en première analyse**, des relations existent par exemple entre capacité et dimensionnement. La tentation est donc grande pour le technicien d'établir des lois du type :

$$\text{Capacité} = f(\text{dimensionnement}).$$

L'expérience passée nous amène toutefois à penser que de telles lois sont propres à masquer une réalité beaucoup plus complexe, intégrant notamment des paramètres non quantifiables. Pour reprendre le même exemple, il est clair que la capacité ne peut se définir indépendamment de nombreux paramètres, qu'ils soient liés à l'exploitation (niveau de fiabilité et de confort effectivement demandés dans un contexte précis) ou à la clientèle et à son comportement (proportion d'usagers occasionnels et d'habitues, âge moyen, handicaps éventuels, etc...).

Dans ce contexte, force est de modérer nos ambitions de telle sorte que nos comparaisons évitent deux écueils principaux :

- le triomphalisme prématûr au vu de performances **potentielles** établies sur des calculs simplifiés, supposant généralement une clientèle idéale, un fonctionnement sans pannes, un environnement climatique schématisé, etc....
- la critique pessimiste débusquant systématiquement (et "sur le papier") toutes les causes de fonctionnement non optimal des systèmes en développement. Une telle attitude est plus spécialement difficile à éviter dans le secteur qui nous occupe du fait de l'existence de traditions sécuritaires exigeantes permettant le cas échéant de bloquer toute innovation.

Avec le souci d'éviter ces deux travers, le groupe de travail a choisi un mode de présentation axé sur deux éléments :

- **un tableau comparatif d'ensemble** rassemblant pour chacun des neuf systèmes retenus et pour les critères les plus couramment usités, les valeurs ou les indications qualitatives admises **dans l'état actuel de développement** des systèmes; ce tableau est naturellement incomplet, parfois imprécis et renvoie à
- **des fiches-diagnostic** annexées au présent rapport, destinées à mettre l'accent sur les problèmes particuliers de chaque système et illustrant les facultés ou difficultés d'adaptation aux trois sites types retenus précédemment.

## 2. PRESENTATION DU TABLEAU

Les principales caractéristiques et performances des systèmes ont été articulées en quatre rubriques :

- le rappel de quelques éléments de la cinématique de base (les plus évidents, sur lesquels nous ne reviendrons pas ici),
- la relation des systèmes à l'environnement,
- la relation à l'exploitant; cette dernière rubrique a été scindée en deux parties, l'une abordant les rapports de l'exploitant à la clientèle à travers le système, l'autre les rapports directs de l'exploitant au système.

Ce type de présentation implique une contraction de l'information qui, si elle présente l'avantage de faciliter la lecture, risque d'aboutir à des troncatures, voire des interprétations douteuses. Le lecteur pourra donc trouver quelques développements utiles ci-dessous et dans les notes complémentaires (§3) établies par système (le renvoi à ces notes étant matérialisé par des astérisques (\*) dans le tableau).

1) La cinématique (voir tableau)

2) La relation au site

— **La sinuosité (§ 1 à 3)** : le problème des ruptures de pente a fait l'objet au sein du groupe de travail de nombreuses discussions portant aussi bien sur la définition même de cette notion que sur la faculté de tel ou tel système à s'adapter à ce type d'accident géographique. Il s'avère que la quantification des ruptures de pente est très délicate, d'où l'absence d'informations dans le tableau. Nous rappellerons ici que le problème se pose en termes particuliers dans le cas des systèmes à câbles pour lesquels toute sinuosité (en profil notamment) nécessite des dispositifs de guidage du câble qui entraînent son usure plus rapide et une consommation énergétique accrue.

Le cas des ruptures de pente très importantes ou des très faibles rayons de courbure (par exemple pour épouser le profil d'un cheminement de type couloir de métro, avec franchissement d'escaliers) renvoie à la logique particulière du DELTA V, théoriquement conçu pour résoudre de tels problèmes. Cependant, même pour ce dernier système, les brusques ruptures de profil impliquent des ralentissements, une complexité mécanique accrue... etc...

La faculté des systèmes de transport hectométrique à accepter les ruptures de pente importantes reste en définitive une notion controversée sur laquelle le groupe de travail ne se prononce pas actuellement.

— **Encombrement, compacité (§4 à 7)** : la notion d'encombrement des stations est délicate à analyser car dépendant de la conception même des stations. Il faut distinguer la longueur de quai qui peut être relativement constante pour un système donné (dans une configuration donnée) des dimensions d'une station qui peut regrouper des fonctions autres que l'embarquement-débarquement des passagers.

Ainsi divers locaux techniques (de propulsion, de garage pour adaptation de capacité...) peuvent contribuer à augmenter considérablement le volume requis. L'exemple du SK peut contribuer à illustrer notre propos. La station terminus type présentée par le constructeur dispose :

- d'une longueur de quai de 5 m,
- d'une longueur de retournement de 3 m, (plus éventuellement 2 m pour la motorisation),
- d'une longueur de bandes d'accélération - décélération de 13 m,
- d'une plateforme de transbordement de 2,50 m, soit une longueur totale **couverte** de 25 à 27 m (pour une longueur de quai de 5 m), avec une surlargeur à 7 m au niveau des quais et de la zone de stockage.

Pour une station intermédiaire, on peut imaginer une longueur de quai de 7 m à 10 m (fonctions embarquement et débarquement imbriquées) une zone d'accélération et une zone de décélération d'environ 13 m chacune soit une longueur couverte de 33 à 36 m.

— **Environnement (§8, 10 et 11)** : la notion d'intrusion visuelle est relativement subjective dans la mesure où elle est déconnectée d'une description précise de l'environnement.

Le problème du bruit reste à l'heure actuelle difficile à apprécier, certains systèmes fonctionnant sur des sites expérimentaux dans des conditions mauvaises, sous le rapport de l'isolation phonique, d'autres ne fonctionnant pas encore. La notion même du bruit doit par ailleurs être précisée,

en termes de niveau comme de permanence, compte tenu des caractéristiques du site particulièrement concernant la proche présence humaine.

3) La relation à la clientèle :

- **La capacité** est naturellement un paramètre fondamental de l'adéquation des systèmes à une demande précise; encore faut-il garder en mémoire que les fourchettes de capacité peuvent être sujettes à évolution en fonction de la définition des matériels au coup par coup.
- La capacité est d'autre part fonction du rapport du nombre de passagers **assis et debout**. La valeur de ce rapport nous paraît d'une importance assez marginale, concernant des déplacements de courte durée; ici encore, la définition des matériels laisse subsister une grande incertitude.
- **Le confort** est pris en compte au niveau du chauffage-éclairage et de l'attente; il est également lié au rapport assis-debout.
- **La clientèle "à problèmes"** regroupant d'une part les "handicapés" d'autre part les porteurs de bagages.

La mesure de l'adéquation des systèmes analysés au transport de ces clientèles reste un vaste sujet de débat. Par exemple, l'expérimentation du TRAX a montré que son utilisation par des personnes éprouvant des difficultés ambulatoires ne semble guère poser de problème; on a pourtant observé par ailleurs que de nombreuses personnes "âgées" préfèrent marcher à côté des bandes transporteuses classiques...

Le cas des non voyants est un autre exemple des termes du débat : un système discontinu leur semblerait plus abordable qu'un système continu ou semi-continu, mais les risques de chute sur la voie ne doivent pas être négligés.

- Enfin, les problèmes de **sécurité interpersonnelle** sont liés à la taille des véhicules (sa diminution augmente-t-elle les risques d'agression ?) et à l'automatisation.

4) La relation à l'exploitant :

- L'exposition au **vandalisme** est une notion liée essentiellement à la constitution (légère ou lourde) des matériels, les risques paraissant a priori plus élevés pour les petits véhicules que pour les gros. Ce concept mériterait toutefois d'être complété par la résistance aux petites agressions commises par exemple dans les véhicules (lacérations...) mais cette dernière approche est trop liée à la définition précise des matériels pour faire l'objet d'une appréciation globale.
- **La complexité** est parfois difficile à codifier, pouvant porter sur l'ensemble du système (complexité mécanique du TRAX par exemple) ou sur un élément spécifique (dispositifs électroniques de contrôle ou de régulation).
- **Les consommables** : la consommation d'énergie ne figure pas dans le tableau, tous les systèmes ayant une consommation auxiliaire d'électricité liée plus à l'option de confort (éclairage et surtout chauffage) et aux conditions de site qu'aux caractéristiques de la filière.

En ce qui concerne les autres consommables, les situations sont très diverses. Les phénomènes de friction (cas du SK notamment) impliquent des usures qui peuvent être compensées par des rattrapages de jeu. L'utilisation de câbles implique des consommations variables, la durée de vie du câble dépendant de l'existence ou non d'une épissure et du nombre de ses passages; l'usure du câble peut également être fonction des manœuvres d'accrochage, de décrochage et des sollicitations dues aux sinuosités ou à des enroulements - déroulements fréquents.

Enfin la qualité des guidages influe sur la consommation de pneumatiques ou de bandages.

- **La présence humaine minimale** est liée à la surveillance du système et aux interventions d'urgence éventuellement nécessaires; il est actuellement impossible de la quantifier pour la plupart des systèmes.

### 3. NOTES COMPLEMENTAIRES :

Nous présentons ci-dessous quelques précisions n'ayant pas trouvé place dans le tableau. Elles concernent les quatre premiers systèmes, soit que les autres ne présentent pas de problèmes spécifiques, soit que nous ne disposions que d'informations limitées à leur sujet.

CARACTERISTIQUES	SYSTEMES					DISCONTINU					OBSERVATIONS		
	CONTINU	SEMI-CONTINU	S.K.	POMA TYPE LAON	NAHSAT	TELEBUS	WEDWAY	N.A.L. VAL	N.A.L. Westinghouse	Les * renvoient aux fiches systèmes			
<b>I - CINÉMATIQUE</b>													
1. Fonctionnement normal	12 à 15 km/h	19 km/h	20 km/h	36 km/h	30 km/h	50 à 70 km/h(1)	24 km/h	80 km/h	48 km/h	(1) vitesse théorique			
11. vitesse max.	1 m/s <sup>2</sup>	1,2 m/s <sup>2</sup>	1 à 2 m/s <sup>2</sup> *	1 m/s <sup>2</sup>	0,4 m/s <sup>2</sup>	1 m/s <sup>2</sup> 0	1,3 m/s <sup>2</sup> 0	1,3 m/s <sup>2</sup> 0	0,9 m/s <sup>2</sup> 0				
12. $\gamma$ max.	3 km/h	global	en station : partiel	global sur l'interstation	global	rame	rame	rame	rame				
2. Vitesse en station	retournement	retournement*	en ligne : retournement*	tiroir	tiroir	retournement	tiroir	tiroir	tiroir				
3. Arrêt d'urgence													
4. Cinématique d'extrémité													
<b>II - GÉOGRAPHIE</b>													
1. Pente maximum	15% 60 m	70% 30 m*	10% 30 m	15% 50 m	15% 50 m	15% 20 m	15% 6,1 m (à vitesse lente)	7%	7%				
2. Rayon de courbure minimum	—	—	important faible	important nul	important nul	faible nul	faible nul	important nul	important nul				
3. Encombrement en station	—	—	—	importants 6m×3,5m (2)	importants 6m×3,5m (2)	réduits 4,6m×2,5m (2)	importants 6,1m×3,5m (2)	importants 2,8m×3,3m (1)	importants 2,8m×3,3m (1)				
4. Encombrement tiroir ou retournement	—	—	—	4m×3,5m (2)	4m×3,5m (3)	4,6m×3,75m (2)	4,6m×3,75m (3)	réduits 4,6m×3,75m (2)	réduits 4,6m×3,75m (2)				
5. Locaux techniques	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
6. Gabarit (xH)	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
7. Protection intempéries	site couvert impérial	site couvert impérial	découvert(1)*	découvert(1)	découvert(1)	découvert(1)	découvert(1)	découvert(1)	découvert(1)				
8. Possibilités d'allongement	non * liée à la couverture + (2)	non légère ?	simples légères +	possible * lourde 0	possible * lourde 0	possible légères 0	possible légères 0	possible légères 0	possible légères 0				
9. Intrusion visuelle													
10. Bruit (1)								I et II	I et II				
11. Site	I	III et IIb (et III bis)	I et II (et III bis)	II	II	I et II	I et II	I et II	I et II				
<b>III - CLIENTELE</b>													
1. Capacité (passagers/h)	8000 à 12000	1800 à 3600	3600*	900* à 4000	18000 à 24000	possible non	possible oui	possible oui	possible oui	voir ch. III			
2. Adaptations aux fluctuations journalières	non	oui	non	non	non	faible	faible	faible	faible	oui	oui	oui	oui
3. Augmentation de capacité à long terme (autre que par charge au m <sup>2</sup> )	non	non	non	non	non	30%	30%	30%	30%	(long. de quai) oui	(long. de quai) oui	(long. de quai) oui	(long. de quai) oui
4. % de places assises	0	100% site	50% non	0	0	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
5. Chauffage	site	site	site	site	site	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
6. Attente	non	très limitée	très limitée	très limitée	très limitée	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
		(sauf file)											

CARACTERISTIQUES	SYSTEMES	DISCONTINU					OBSERVATIONS		
		CONTINU	SEMI-CONTINU	POMA TYPE LAON	NAHSAT	TELEBUS	WEDWAY	N.A.L. VAL	N.A.L. Westinghouse
7. Mobilité réduite : 7.1 difficultés ambulatoires 7.2 fauteuil oulant 7.3 non voyant	TRAX	facile	facile	facile	facile	facile	facile	facile	facile
8. Bagages exceptionnels	DELTA V	facile	impossible	facile	facile	facile	facile	facile	facile
9. Sécurité interpersonnelle	S.K.	difficile	difficile	facile	facile	facile	facile	facile	facile
<b>IV - EXPLOITANT/CLIENTELE</b>		dangerous	dangerous	sans problème classique	sans problème classique	sans problème classique	sans problème classique	sans problème classique	sans problème classique
1. Chute dans le système	*	—	absence de porte	porte (1)	porte	porte (1)	porte (1)	portes (1)	portes (1)
2. Fin d'embarquement/débarquement	—	risque de tassement de chute	—	bout de quai sensible	porte sensible	porte sensible	portes sensibles	portes sensibles	portes sensibles
3. Usager distract	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4. Chute du quai sur la voie	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5. Corps étranger sur la voie	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6. Vandalisme	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7. Signal d'alarme	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>V - EXPLOITANT/SYSTEME</b>									
1. Complexité	mécanique*	importante	possible	moyenne possible	importante	oui	importante	moyenne facile	mechanique électronique classique pneus
2. Possibilité d'extraction (1)	mécanique	impossible	—	—	(automate)	—	—	—	—
3. Compétence équipes d'entretien	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4. Nettoyement quotidien	mécanique	onéreux	gabets-câbles	mécanique électrique classique galers-câble (élevée)	moyenne possible	—	—	—	—
5. Consommables	—	?	?	?	—	—	—	—	—
6. Disponibilité (1)	?	?	?	?	—	—	—	—	—
7. Déynchronisation (1)	nulle	nulle	limitée	*	nulle	oui	?	?	—
8. Présence humaine minimale (1)	?	?	?	?	?	?	?	?	—
9. Séquence cinématique d'entretien des éléments	arret complet	arret complet	—	—	surveillance globale	—	—	—	—

(1) choix de verrouillage ou déverrouillage des portes en discussion.

(1) Pour pannes n'exigeant pas l'arrêt immédiat du véhicule ou de l'élément

(1) Ne peut être précisée pour les systèmes qui ne sont pas en exploitation commerciale.

(1) Indépendance du fonctionnement général à un "incident décalage" local.

(1) Ne peut être précisée pour les systèmes qui ne sont pas en exploitation commerciale.

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

</

## 1. TRAX

<b>Possibilités d'allongement :</b>	non sauf par ajout d'un ou plusieurs systèmes complets (sans contrainte notable de rupture de charge).
<b>Chute dans le système :</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— risque spécifique de chute lié à l'accélération/décélération.</li><li>— problème particulier dans le cas où une personne ayant chuté ne serait pas relevée avant le débarquement (franchissement de la plaque palier et risque de tassement) (Analogue au problème des bandes transporteuses actuelles).</li></ul>
<b>Vandalisme :</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— problème de la protection de la main courante ? entrée de la main courante - débris de verre.</li></ul>
<b>Complexité :</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— particulière en raison du nombre de pièces en mouvement.</li></ul>
<b>Consommables :</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— Compte tenu de la complexité mécanique, on peut supposer que de nombreuses pièces mobiles subiront une usure nécessitant leur remplacement régulier (galets et chaînes).</li></ul>
<b>Rayon de courbure minimum :</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— Théoriquement : 50 m</li></ul>

## 2. DELTA V

Système en état de développement limité d'où nombreuses incertitudes, par exemple :

<b>Retournement :</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— sur un rayon minimum de 2 m (?). Difficulté particulière due à la présence des câbles (comportement des câbles).</li></ul>
<b>Rayon de courbure :</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— en ligne, même rayon que pour le retournement théoriquement possible à vitesse réduite (1km/h).</li></ul>
<b>Chute du quai sur la voie :</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— sans objet dans la mesure où l'accès à la zone d'accélération sera rendu impossible.</li></ul>
<b>Fin d'embarquement-débarquement :</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— problème crucial de définition d'une sécurité en bout de quai, qui devra nécessairement arrêter le système complet, course de 30 cm avant l'arrêt en station.</li></ul>
<b>Vandalisme :</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— système actuel extrêmement léger d'où de sérieux risques de détérioration.</li></ul>

### 3. S.K.

- Accélération :** — indépendante de la charge.
- Arrêt d'urgence :** — souplesse d'exploitation due à l'arrêt partiel en station (arrêt des véhicules indépendamment les uns des autres).
- Retournement :** — rayon de giration moyen inférieur à 1 m problème de sustentation auxiliaire de retournement.
- Intempéries :** — problème d'arrêt d'urgence en ligne : cas d'atterrissement sur patin en bois en cas de verglas ou givre.
- Capacité :** — jusqu'à 5000 passagers/heure si tous debout.
- Chute du quai sur la voie :** — le platelage sensible constitue une protection efficace.
- Usager distract :** — problème de la fermeture ou non de la porte pendant le retournement.
- Vandalisme :** — système conçu léger d'où risques de détériorations.
- Consommables :** — de nombreuses pièces sont soumises à des frottements ou à des chocs.  
Cependant des dispositifs sont prévus pour rattraper les jeux.
- Encombrement de la station :** — y compris protection des bandes.

### 4. POMA TYPE LAON

- Allongement :** — possible mais coûteux ou à prévoir à la conception (conception du tiroir).
- Capacité :** — faible à Laon en raison de la pente, des courbes et de la longueur d'interstation.
- Capacité à long terme :** — extension impraticable à Laon possible éventuellement sur d'autres sites, plats notamment, par augmentation de la taille des véhicules et constitution de rames.
- Complexité :** — essentiellement due aux problèmes de sécurité (gestion des automatismes).
- Désynchronisation :** — possibilité d'exploitation d'une interstation indépendamment des autres.

# Conclusion

Les transports hectométriques constituent un champ d'activité important pour les inventeurs et les promoteurs de nouvelles technologies, mais ils posent manifestement problème tant est grande la disproportion entre les efforts développés en inventions et les résultats acquis en débouchés et en résultats commerciaux.

Dans ce contexte, que le Chapitre I du présent rapport a concrétisé en rappelant les principales réalisations passées, les questions essentielles concernant :

- l'appréhension correcte des opportunités de développement,
- la comparaison fonctionnelle des filières techniques développées,
- l'appréciation aussi réaliste que possible des atouts et des problèmes restant à résoudre dans les différentes filières.

## 1. L'APPREHENSION CORRECTE DES OPPORTUNITES DE DEVELOPPEMENT

Par rapport aux réflexions du CODRA, qui soulignaient déjà en 1978, l'exigüité des débouchés nationaux, la nécessité de l'ouverture sur les marchés étrangers ne peut qu'être soulignée en 1984.

En effet, une hiérarchie très réelle des opportunités de développement est apparue face aux critères de réalisme dégagés : les aéroports, les grands nœuds de communication des systèmes de transport terrestre (à l'échelle de quelques uns par pays) et les manifestations temporaires exceptionnelles (expositions, centres d'attraction, etc...) constituent indiscutablement les opportunités de développement les plus probables. Les applications plus urbaines (au sens impliquant une certaine normalité de l'environnement du centre urbain traditionnel) paraissent beaucoup plus problématiques tant la marche à pied, l'automobile et l'autobus, lorsqu'ils bénéficient de conditions correctes de circulation, sont adaptées aux besoins courants qui s'y développent.

Le marché ne peut être qu'international et cet état de fait entraîne un certain nombre de conditions si l'on veut y déboucher : performance technologique absolument indiscutable, accords pluri-nationaux, etc...

## 2. LA COMPARAISON FONCTIONNELLE DES FILIERES

— Une comparaison très simplifiée des filières technologiques fait apparaître la situation de complémentarité des trottoirs roulants accélérés de fortes capacités mais lents et de ce fait impropre à des installations ne s'inscrivant pas dans la plage inférieure à 400-500 mètres et des systèmes discontinus type navette, plus rapides mais ne présentant des avantages nets de temps de transport qu'au-delà de cette plage.

— Les transports semi-continus ne présentent pas des caractéristiques de capacité favorables à faible distance mais ont sur les navettes l'avantage de les maintenir indépendamment de la distance parcourue.

Du point de vue des temps de transport les semi-continus sont légèrement supérieurs aux navettes de même vitesse maximale (du fait d'un temps d'attente indépendant de la distance parcourue).

— Les systèmes à câble, limités à 10 m/seconde, sont évidemment plus lents que les systèmes actifs non limités à 10 m/seconde. Une navette double active à 20 m/seconde par exemple surclasse nettement l'ensemble des systèmes à câble dès que l'on dépasse les 5-600 mètres. Mais le câble présente certains avantages (anti-collision simplifiée, chaînes cinématiques des véhicules simples).

— Les systèmes en navettes doubles présentent l'avantage de ne requérir la double voie qu'à l'endroit du croisement central, moyennant de fortes précautions sécuritaires en cas de véhicules non reliés mécaniquement (par exemple par le câble tracteur dans les solutions type funiculaire).

### **3. LES PROBLEMES A RESOUDRE PAR CHACUNE DES FILIERES**

#### **3.1. Les trottoirs roulants accélérés type TRAX**

Ils présentent deux atouts considérables : d'une part une forte capacité comme on l'a déjà souligné, d'autre part une caractéristique de "continuité piétonnière" dont l'agrément pourrait être tout à fait déterminant lorsque le trajet piétonnier ainsi amélioré conserve un caractère attractif indiscutable, (traversée de zones de fort intérêt visuel par exemple).

Les deux principaux problèmes à résoudre sont la maîtrise des coûts d'entretien mécanique et celle des bruits de fonctionnement.

Les recherches, fort avancées, sur le TRAX devraient permettre une percée technologique très intéressante. On ne peut pas toutefois exclure des recherches sur des systèmes plus lents et plus simples, en quelque sorte "intermédiaires" (dans leur complexité et leurs performances) entre le TRAX et les trottoirs roulants de conception et de production courante.

#### **3.2. Les navettes doubles (type NAHSAT)**

Elles présentent deux avantages essentiels : d'une part une conception n'impliquant aucune innovation et, de ce fait, aucun risque majeur de mauvais fonctionnement (même en environnement difficile de pente, et de clientèle, etc...), d'autre part des caractéristiques de fiabilité et de facilité d'utilisation par des personnes encombrées ou à mobilité réduite.

Deux problèmes à résoudre sont à souligner.

1. Le problème du choix de la propulsion, le recours au câble n'étant optimal que sur les faibles distances (du fait de la limitation à 10 m/secondes) et pour les faibles sinuosités (du fait des inconvénients du câble en parcours sinueux tant du point de vue énergétique que du point de vue de la fiabilité et de la maintenance du système).
2. Le problème de l'entrée en station des rames longues, problématique en l'absence de portes palières du point de vue de la sécurité (chute inopinée sur la voie en tête de quai, côté rame arrivante pouvant rendre inopérante les solutions automatiques ou mécaniques d'évitement de l'écrasement).

#### **3.3. Les systèmes semi-continus - type SK**

Les systèmes semi-continus tractés par câble paraissent constituer une véritable spécialité de la recherche technique française; l'effet d'entrainement de l'industrie des remontées mécaniques s'y est fait puissamment sentir dans les années 70.

Les atouts des systèmes semi-continus sont bien connus : l'absence d'attente liée à l'intervalle a constitué une part essentielle de l'argumentaire développé en leur faveur. Cet argument a été progressivement atténué par la prise en compte plus fine des temps élémentaires d'accès à un système de transport lorsque la demande est aléatoirement fluctuante : le fait de ne pas attendre l'arrivée de véhicules ne signifie pas bien entendu que l'on n'attende pas pour accéder sur le quai. De plus les promoteurs des solutions navettes ont fait remarquer que pour les trajets courts l'attente se confondait avec le temps de marche correspondant à la distribution des voyageurs le long du quai de départ. Enfin, pour les trajets plus longs, la sujétion de faible vitesse maximale liée à la traction par câble devient plus lourde que l'avantage temporel de la semi-continuité. Reste l'avantage "psychologique" de la semi-continuité, effectif en situation de surcapacité, mais difficile à objectiver.

Le deuxième argument en faveur de la semi-continuité est lié à l'avantage de légèreté des systèmes en cause. Cet avantage est réel dans le cas de systèmes type SK dont le développement, pourtant avancé au plan des études de sécurité, n'a pas dénaturé le caractère. Mais l'évolution de ce type de système, lorsqu'il est destiné à évoluer en site urbain "intensif", avec tout ce que cela comporte en termes de recherche de sécurité et de résistance au vandalisme est bien connue et fait souvent disparaître cette légèreté, si attrayante au départ tant pour des raisons de coût que pour des raisons d'insertion visuelle.

Les "problèmes" de cette filière découlent des constatations précédentes :

1. La conception des véhicules et des systèmes de sécurité définitifs peut dénaturer le système et le rendre aussi lourd qu'un système plus classique, type navette, avec en plus l'inconvénient de la plus grande complexité.

Si l'on ne cède pas à la tentation de rendre le système lourd et "auto-résistant" au vandalisme par exemple, c'est en termes de surveillance et d'entretien qu'il faudra vraisemblablement payer la sophistication qu'introduit la semi-continuité. L'équation des coûts n'est de ce fait pas aussi favorable qu'on pourrait le penser sans analyse approfondie du comportement du système face à un public pas toujours dénué de malice, voire d'agressivité.

2. La traction par câble peut poser certains problèmes, comme on l'a déjà souligné pour les navettes, dès que le site présente une sinuosité importante.

Quatre constatations générales pour finir :

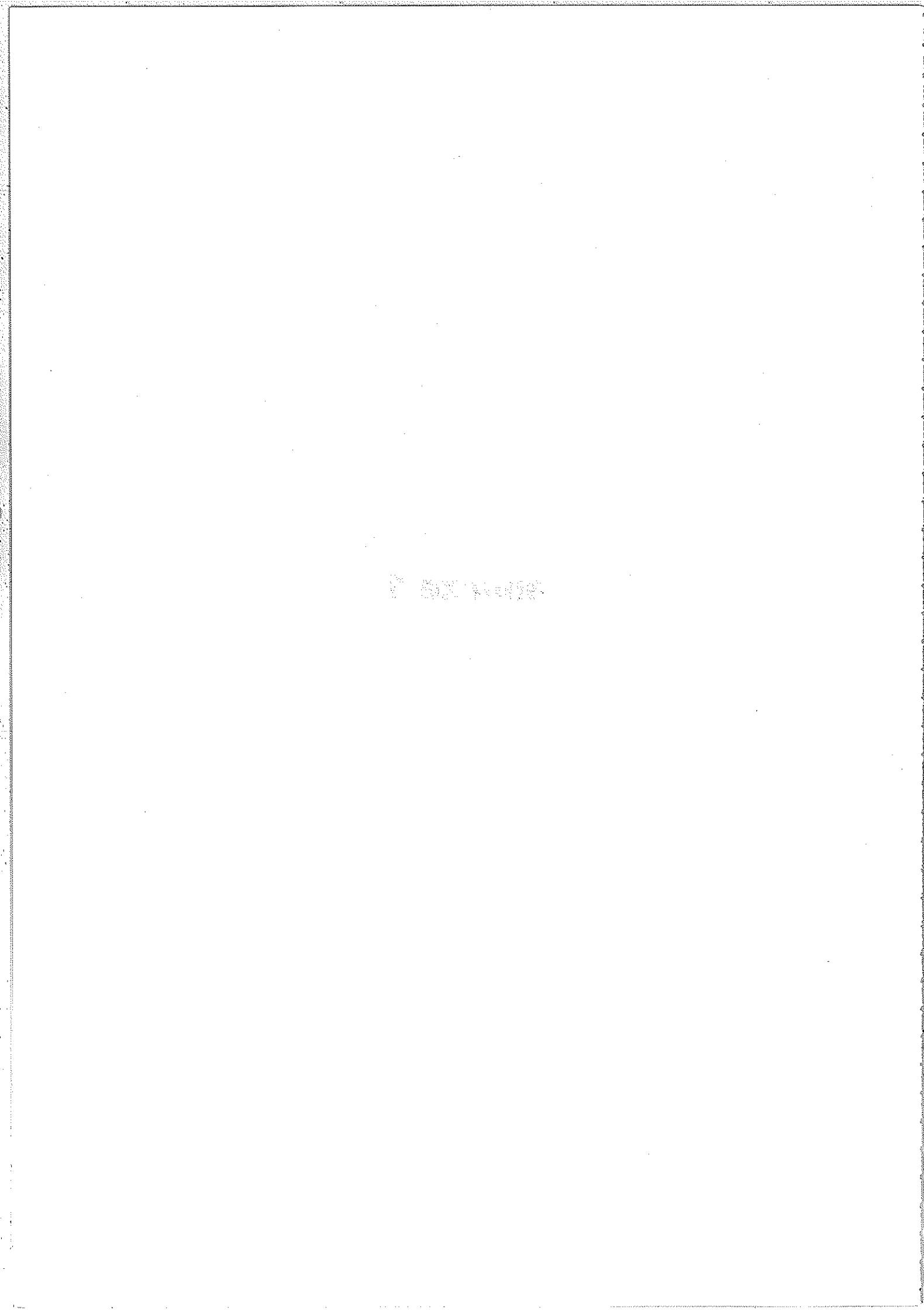
a) **La compacité** en termes de gabarit courant et de sur-volume des stations terminales (par rapport au gabarit courant) **jouera un rôle important** car ces systèmes sont destinés à s'insérer dans des environnements où l'espace est soit très valorisé (cas des installations aériennes) soit très coûteux (cas des installations souterraines).

b) **Les solutions "navettes" sont parfois sous-estimées**, peut-être parce qu'elles ne sont pas technologiquement originales. Pourtant, dès que l'on souhaite s'attaquer à certaines cibles (aéroports, grands nœuds de communication terrestres, etc...) intéressantes d'un point de vue commercial, l'observation des distances à parcourir pourra conduire à ce type de solution (cf. chapitre III analyse fonctionnelle) car les temps de transport seront, avec les facilités d'utilisation par des personnes chargées de bagages, des paramètres importants lors du choix des exploitants.

c) On ne devrait s'attacher aux solutions mécaniques basées sur le câble que lorsque les distances à parcourir ne justifient pas le recours à des solutions susceptibles de dépasser la vitesse maximale de 10 m/s. Pour les très longues distances les possibilités de la motorisation linéaire pourraient constituer un axe de recherche intéressant pour des solutions de la famille des navettes. Enfin on ne doit pas exclure de l'examen des solutions compétitives des véhicules très classiques exploités en navettes, et bénéficiant d'effets "de série" liés à leur production en plus grande série pour des marchés classiques.

d) Les paramètres économiques des différents "sites" seront essentiellement dépendants des solutions d'insertion retenues. Ceci exclut tout jugement définitif sur la base des performances économiques, théoriques de ces systèmes.

## **annexe 1**



**DENOMINATION : TRAX (Trottoir Roulant Accéléré)**



Prototype

**CONSTRUCTEUR :** A.C.B. : Ateliers et Chantiers de BRETAGNE.

**ETAT D'AVANCEMENT :**

Prototype en usine aux A.C.B. à Nantes.  
L'essai sur site prévu pour début 85, a été reporté compte tenu de modifications jugées souhaitables.

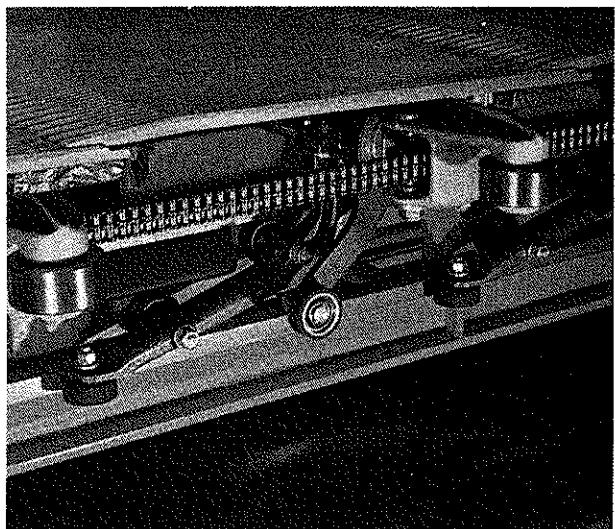
**IMPLANTATION PROJETÉE :**

Correspondance Métro-RER aux INVALIDES à Paris.

## DESCRIPTION DU SYSTEME :

### Principe :

Le TRAX est un trottoir roulant rapide dont la vitesse est réduite à l'entrée et à la sortie par mouvement relatif longitudinal des plaques formant le plancher. Ce mouvement est obtenu par la déformation de mailles quadrangulaires qui relient les éléments mobiles deux à deux :



Plaques, mailles et galets

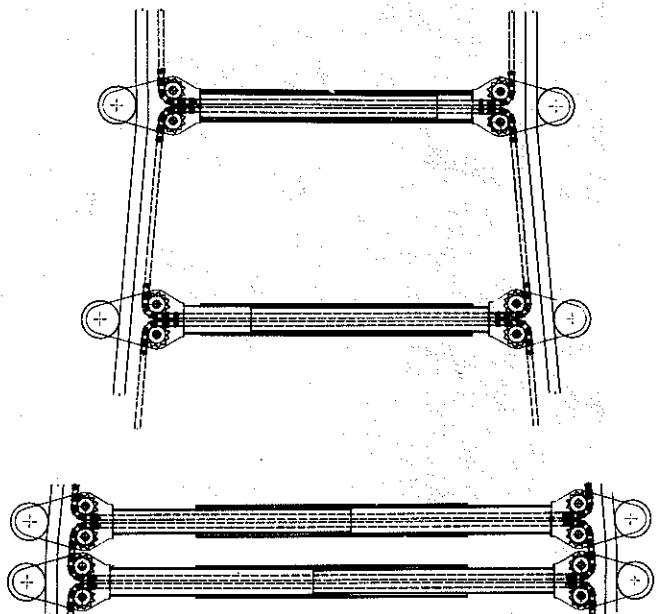
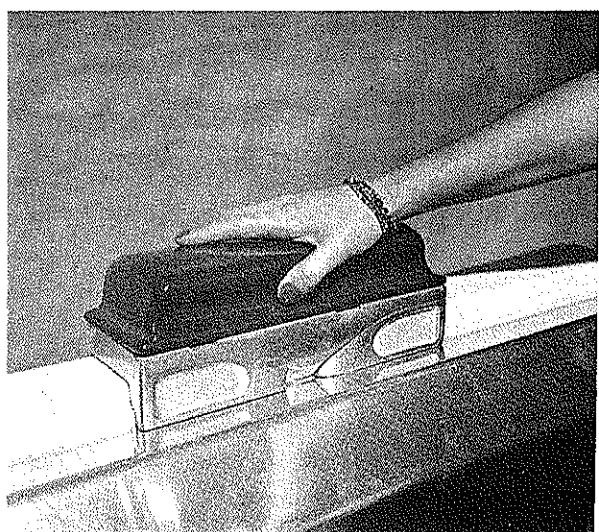


Schéma des mailles déformables du plancher

L'entrainement de l'ensemble se fait dans les portions à grande vitesse.  
Les mains courantes sont constituées de poignées reliées entre elles par une maille qui assure la variation de leur écartement tout en procurant un appui synchrone avec le plancher.



Main courante

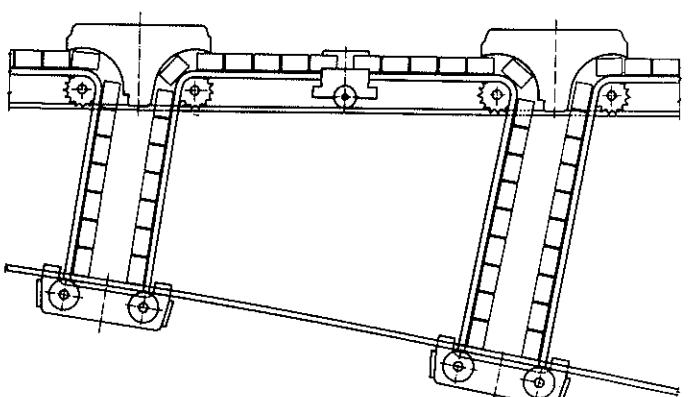


Schéma des mailles déformables des mains courantes

**Objectif de débit :**

Débit théorique : 12 000 passagers par heure et par sens

Débit pratique : 8 000 à 10 000

**Vitesse maximale en exploitation :**

10 à 12 km/h.

**Aptitude aux pentes :**

± 15 %

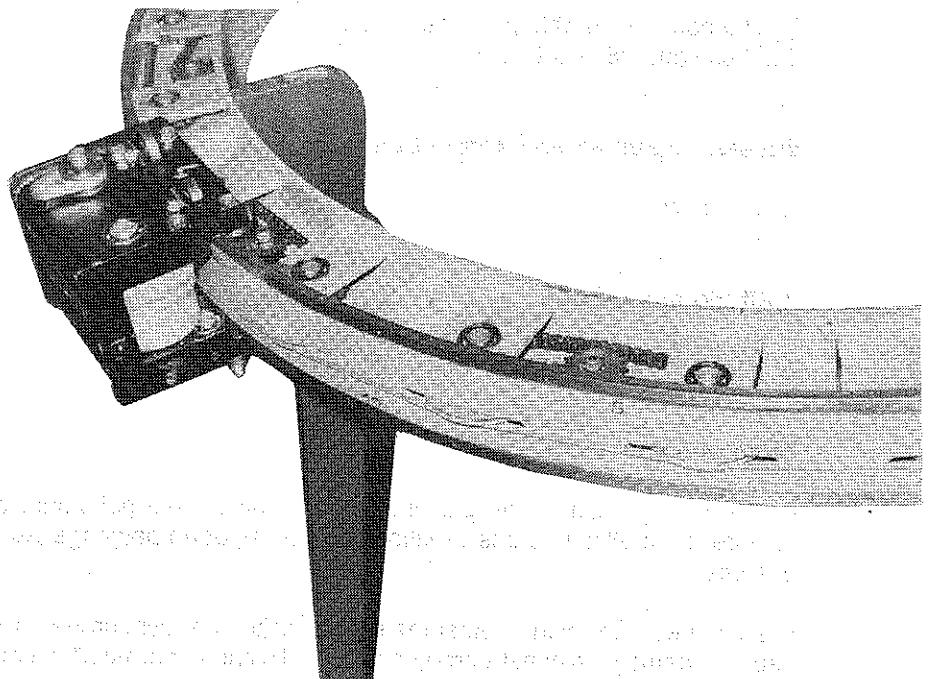
**Originalités :**

Le dessin des plaques du plancher produire un double peignage, c'est-à-dire un peignage des plaques entre elles lors des variations de vitesse et un peignage par les plaques palières d'entrée et sortie.

Les poignées de mains courantes sont parfaitement synchrones avec le plancher en tout point. Leur écartement minimal correspond à la distance "normale" entre deux voyageurs pour éviter leur tassement à la sortie.

## DENOMINATION : DELTA V

Maquette réduite



**CONSTRUCTEUR :** B.L.M. (Brissoneau et Lotz Marine - Groupe Jeumont-Schneider)

### ETAT D'AVANCEMENT :

Maquette réduite et prototype en usine en cours de réalisation.

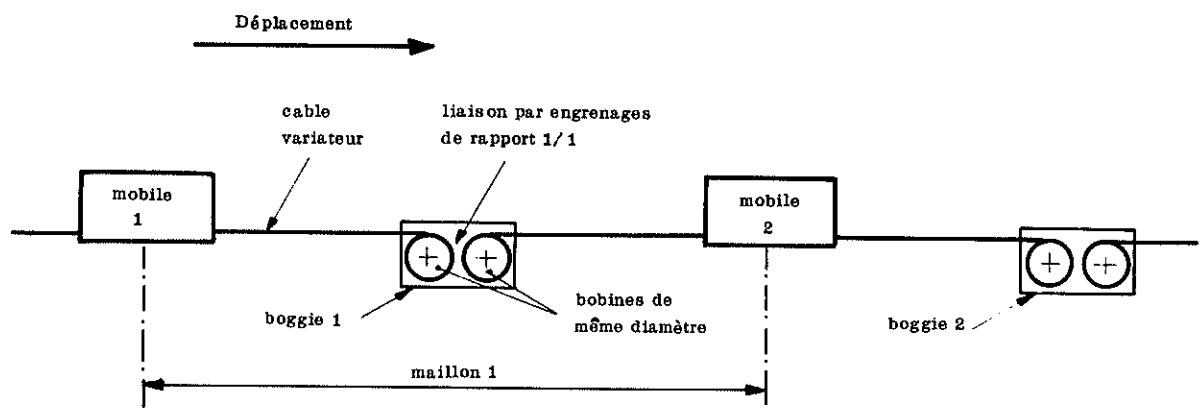
### IMPLANTATION PROJETÉE

Réseau RATP - Correspondance et rabattement.

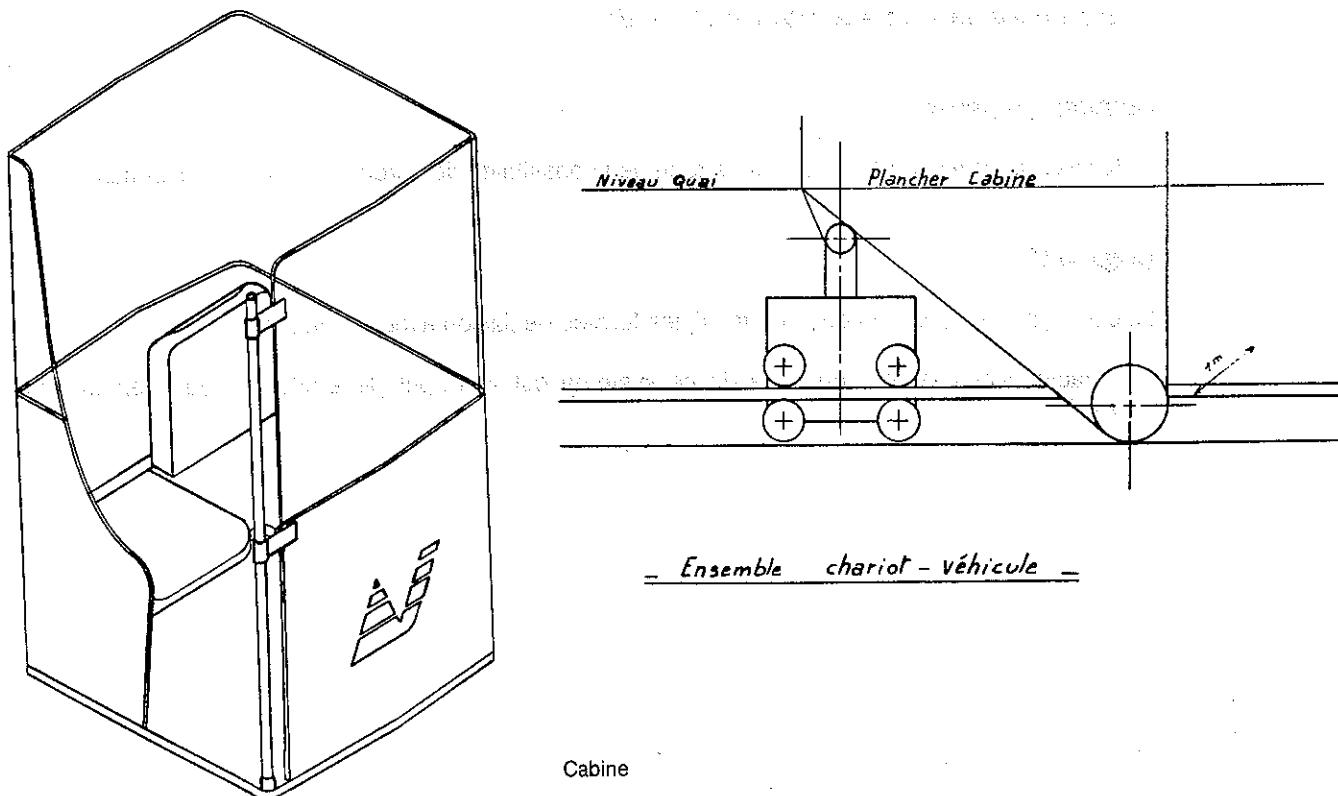
### DESCRIPTION DU SYSTEME :

#### Principe :

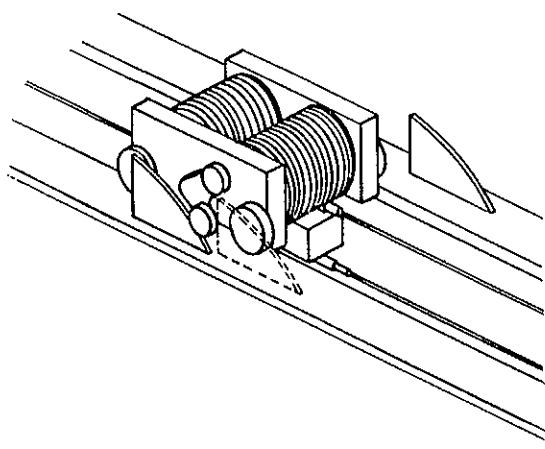
Le DELTA V est un système semi-continu à voie active et faible gabarit. Il est constitué d'une succession de bogies et chariots reliés entre eux par des tronçons de câble.



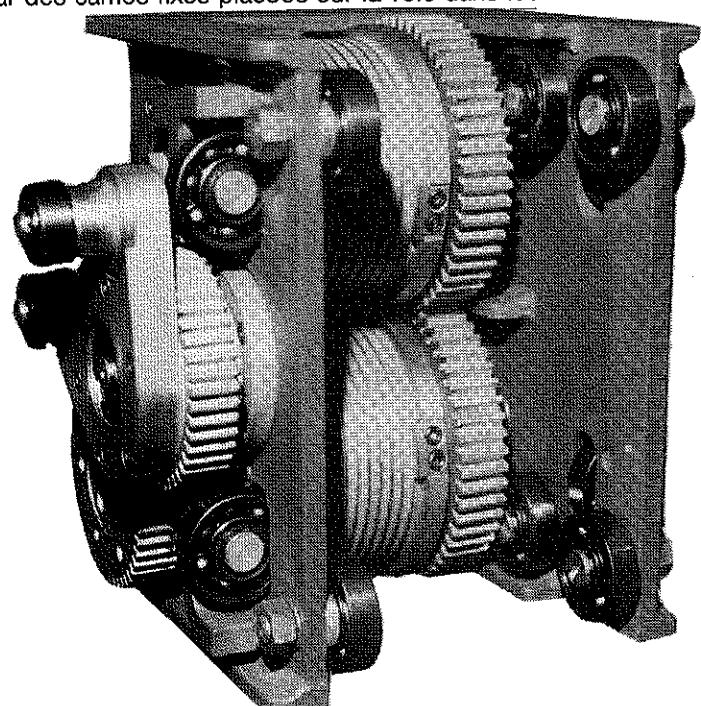
Ces bogies et chariots circulent sur deux rails placés à l'intérieur d'une gaine et sont guidés dans le sens vertical et transversal à l'aide de 12 galets par mobile. Les cabines, sans porte, offrent 2 places assises ou quatre debout. Elles sont semi-portées par les chariots et circulent sur deux pistes de roulement en acier indépendantes de celle des chariots afin de permettre une correction d'assiette dans les pentes.



Chaque bogie, (voir photo), intercalé entre deux chariots comporte deux tambours permettant l'enroulement ou le déroulement des tronçons de câbles les liant aux chariots amont et aval. Ce qui fait varier la distance entre chariots et donc leur vitesse. Les tambours possèdent des bras munis de galets, et leur rotation est commandée par des cames fixes placées sur la voie dans les zones d'accélération et décélération (fig.).



Pilotage de la variation de vitesse



A l'aide d'une pince simple, les bogies et les chariots peuvent s'accrocher à un câble tracteur qui effectue l'entraînement du système.  
Les véhicules n'ont pas de porte et se touchent en station, cachant la voie.

**Objectif de débit :**

Le dimensionnement du prototype prévoit un débit maximal de 2400 p/h et sens. Le débit maximal théorique avec deux places par véhicule est 1800 p/h et sens et de 3600 avec 4 places.

**Vitesse maximale en exploitation : 20 km/h****Aptitude en pente :**

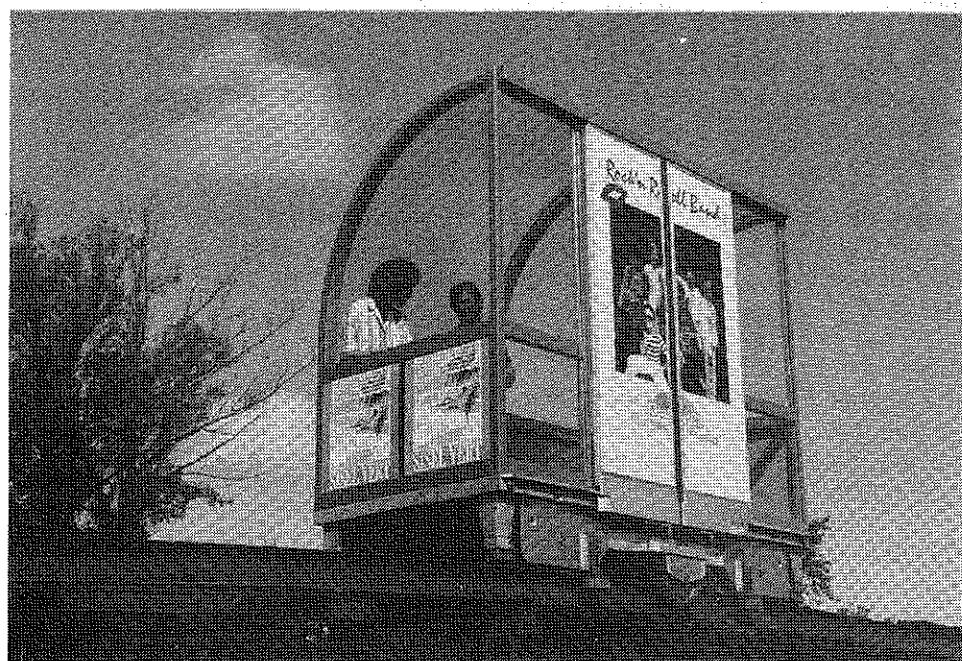
70% avec de fortes variations, compte tenu de la possibilité de garder le plancher horizontal.

**Originalité :**

Le convoyeur en gaine autorise de multiples formes de liaison avec le véhicule.

La caractéristique la plus originale de ce système est son aptitude à attaquer des pentes très fortes (70%).

**DENOMINATION : SK**

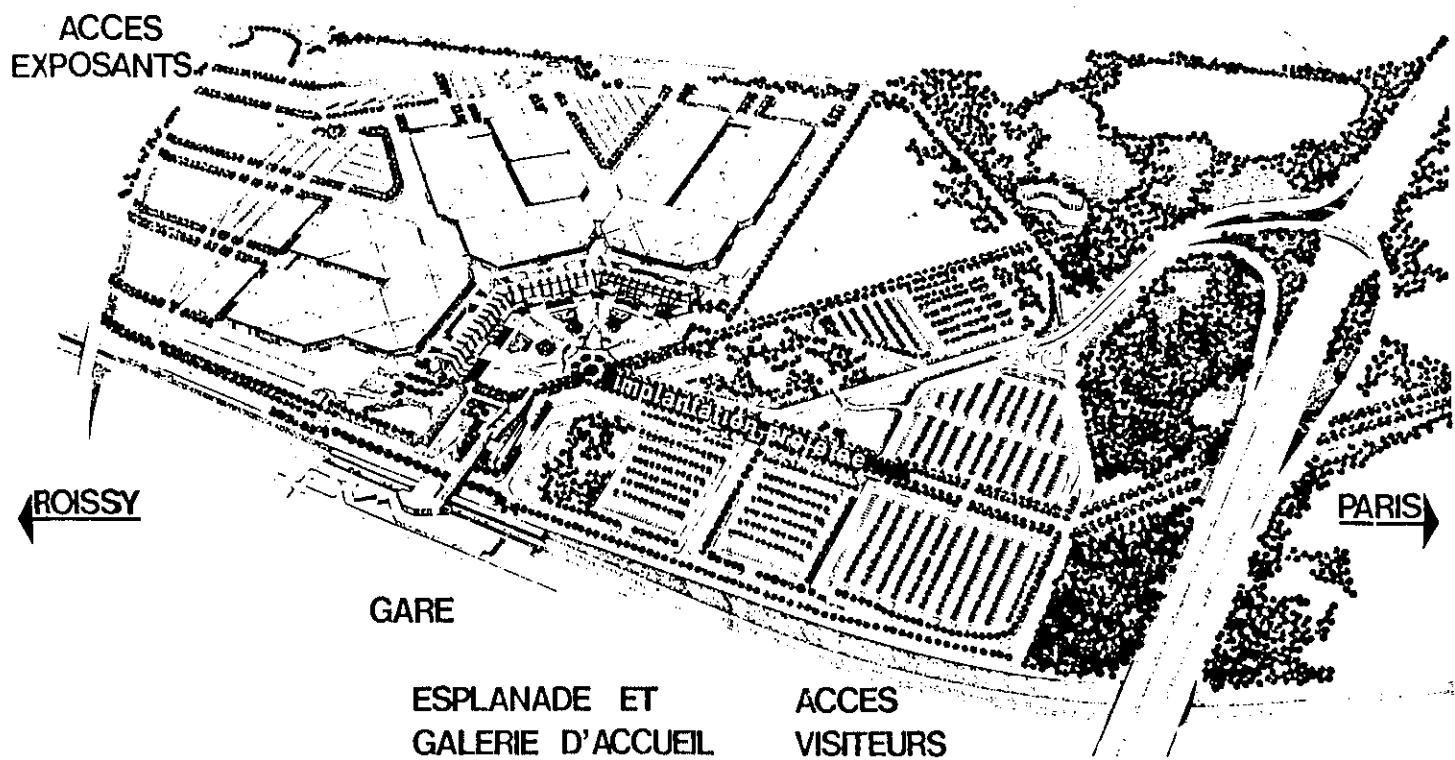


Prototype

**CONSTRUCTEUR : SOULE fer et Froid**

**ETAT D'AVANCEMENT : Prototype en usine**

**IMPLANTATION PROJETEE : Parc d'Expositions de Paris-Nord à Villepinte début 1986 - Expo 1986 à Vancouver en mai 1986.**



## DESCRIPTION DU SYSTEME :

### Principe :

Le SK est un système semi-continu à voie active.

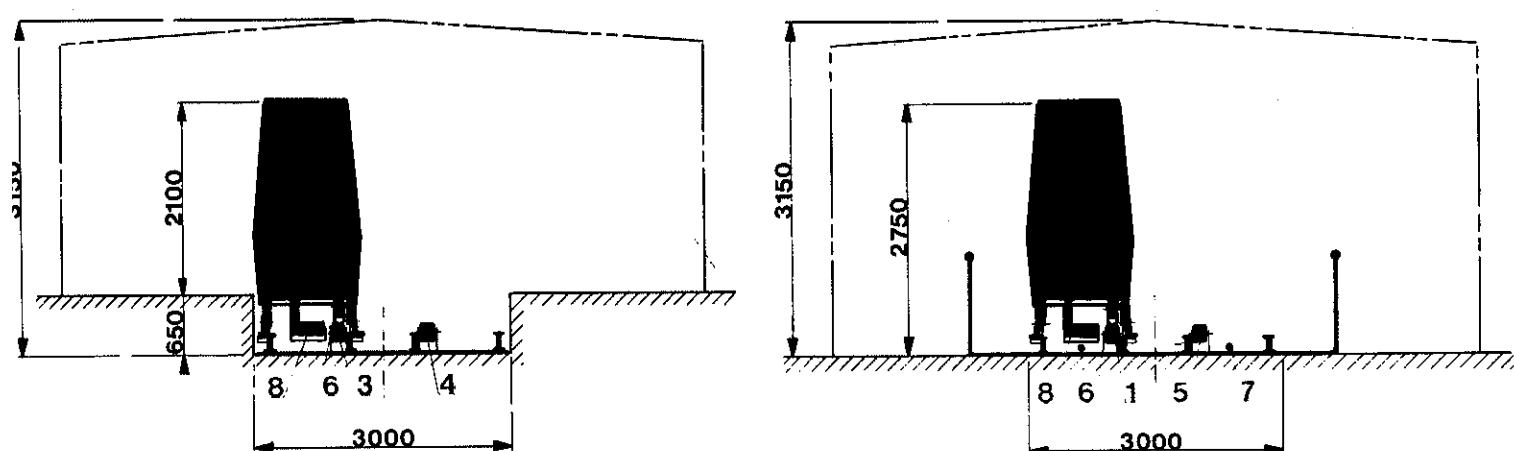
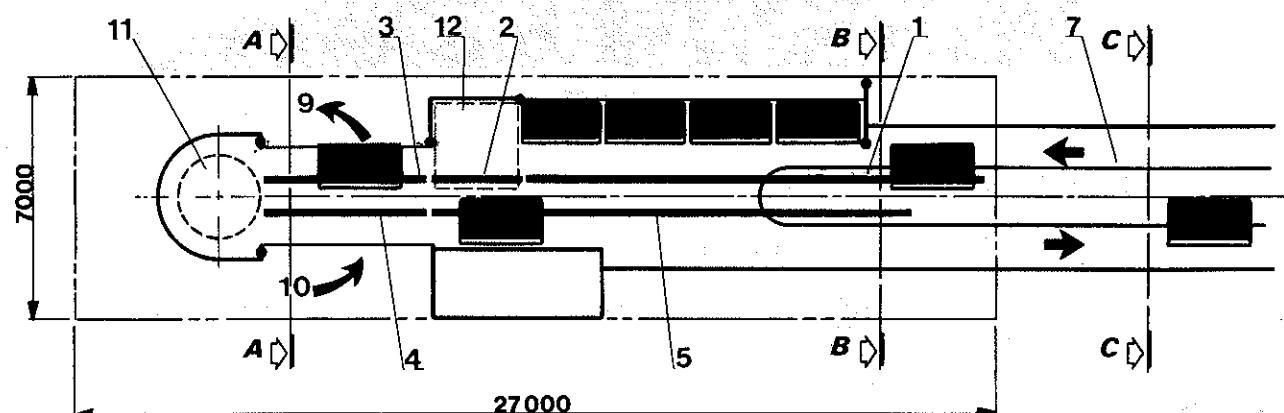
Les véhicules sont entraînés en interstation par un câble sans fin à 20 km/h. Une pince originale (8) assure l'embrayage progressif des véhicules sur le câble.

Dans les stations, les véhicules débrayent du câble (7) et, grâce à deux roues freinées (6) sont ralenti puis entraînés par de petits tapis roulants (1 à 5) à vitesse lente (1 km/h) devant les quais de débarquement. Puis ils sont retournés sans élargissement de la voie (11) et redéfilent pour l'embarquement.

La fermeture des portes du véhicule s'effectue mécaniquement à l'aide d'un dispositif fixé sur le quai. Les véhicules accélèrent grâce à des tapis roulants (5) et embrayent à nouveau sur le câble. Une partie des véhicules peut être retirée de l'exploitation à l'aide d'une plate-forme de transbordement (12).

Les cabines standard font 2,5 m de long et 1,3 m de large et accueillent jusqu'à dix personnes dont cinq assises. Elles sont suspendues sur des bogies comprenant quatre galets de sustentation et quatre galets de guidage (tous enrobés de polyuréthane). Le bogie porte aussi la pince et les roues freinées associées à un système de pesage de la cabine qui permet d'obtenir des lois de vitesse indépendantes de la charge.

Toutes les fonctions auxiliaires sont débarquées.



**Objectif de débit :**

L'intervalle de temps entre deux véhicules pouvant atteindre 10 secondes et la capacité étant de 10 passagers par véhicule standard, le débit théorique maximal est de 3600 passagers par heure et par sens. Toutefois, sur terrain plat et courte distance, avec uniquement des places debout dans des véhicules de même surface, le débit théorique maximal serait de 5000 passagers par heure et sens.

**Vitesse maximale :** 20 km/h.

**Aptitude aux pentes :** 10 %

**Originalités :**

Le défilement des véhicules en station pose des problèmes spécifiques de sécurité à l'embarquement - débarquement que résoud le SK, sans trop affecter sa disponibilité : avant la fermeture de la porte, tout élément débordant le gabarit du véhicule enfonce un bout de quai sensible et provoque l'arrêt du seul véhicule posant problème.

Le passager fautif peut alors finir de monter ou descendre sans arrêter tout le système qui n'impose pas d'écart rigide entre les véhicules au voisinage des stations. (Ils peuvent aller jusqu'à se toucher). Dès le relâchement de la pression sur le bout de quai sensible, il y a automatiquement réinjection cadencée des véhicules.

Malgré l'apparente complexité de sa conception, ce système reste d'une grande rusticité.

## DENOMINATION : POMA 2000 de LAON

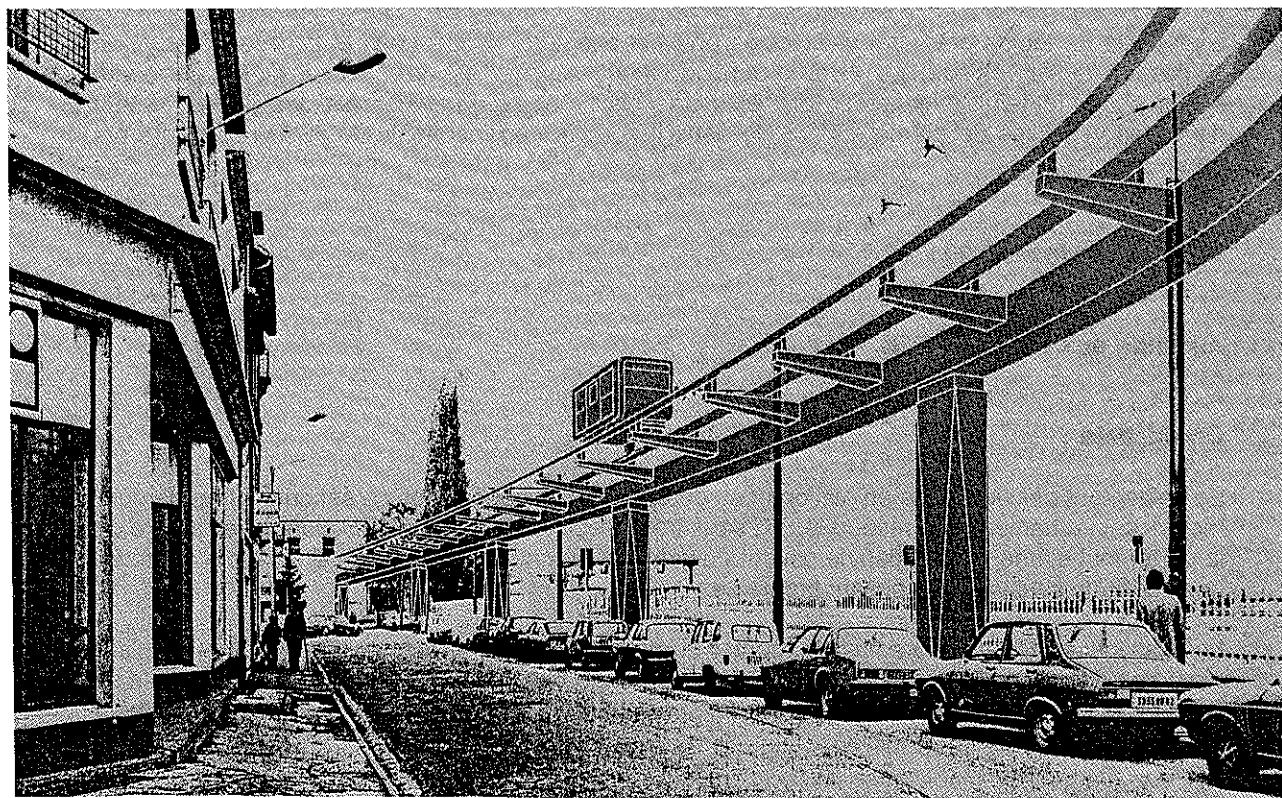
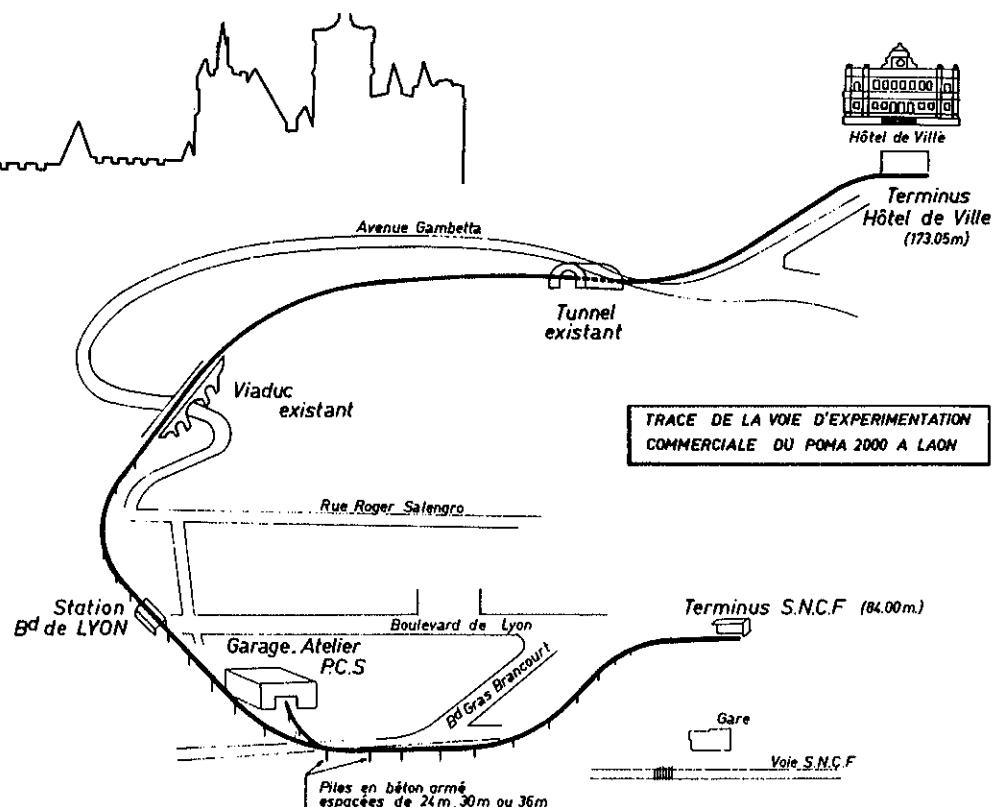


Photo montage sur site de LAON

### ETAT D'AVANCEMENT :

Prototype pour essai sur le site en cours de réalisation.

### IMPLANTATION EN COURS : LAON dans l'Aisne.



## DESCRIPTION DU SYSTEME

Le POMA 2000 de LAON est un système à câbles sans fin avec une station intermédiaire.

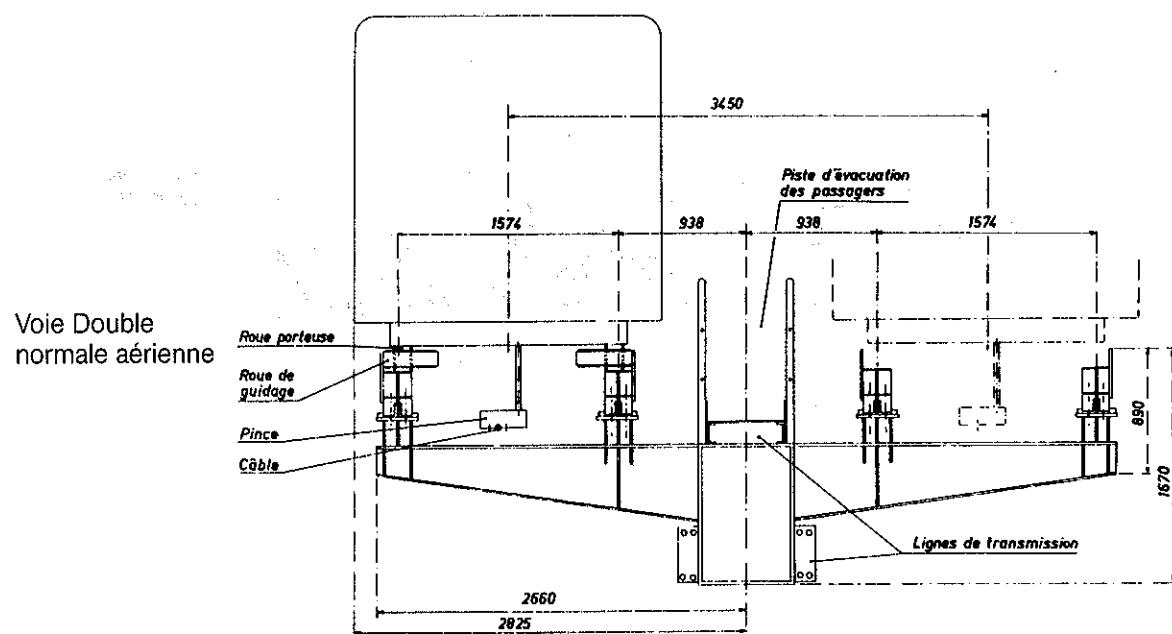
Sur une interstation, il fonctionne comme un funiculaire classique mais en station, les véhicules, équipés de pinces débrayables, changent de brin de câble, si la station est intermédiaire le nouveau brin appartient à la boucle de câble de l'interstation suivante, si elle est un terminus, le brin appartient à la même boucle de câble et lui permet de repartir en sens inverse (tiroir avant station).

Contrairement au funiculaire classique, ceci permet d'avoir un véhicule (ou rame) par interstation et par sens et de positionner les stations intermédiaires autrement qu'équidistantes. C'est le cas à LAON où 500 mètres séparent le terminus SNCF et la station Bd de Lyon contre 1000 mètres entre Bd de Lyon et l'Hôtel de Ville.

Un premier véhicule fait un aller et retour sur l'interstation la plus courte pendant qu'un deuxième monte et un troisième descend sur l'interstation la plus longue.

Une cabine fait 4,9 m de long sur 2,2 de large et peut accueillir 12 personnes assises et de 14 à 28 debout (pour 4 à 8 personnes par m<sup>2</sup>). Elle est ventilée, chauffée et éclairée et possède une liaison phonique avec le P.C. Elle repose sur un châssis équipé de quatre roues avec pneumatiques. Les rails sont constitués de profilés en I. Des fers plats soudés aux I, servent d'appui à 8 roulettes de guidage avec pneumatique increvable qui agissent sur l'orientation des roues. Celles-ci sont à pivot indépendant et sont reliées deux à deux par une barre de direction, des mentonnets suppléent aux roues de guidage au niveau des aiguillages et des passages en voie imbriquée.

Les portes des véhicules sont équipées de chants sensibles détectant la présence de tissu voire même d'une feuille de papier.



En station, la voie est recouverte d'un platelage sensible détectant les chutes.

La ligne de LAON possède des aiguillages.

### objectif de débit :

A LAON, le débit normal est de 600 passagers par heure et par sens, en surcharge, il peut atteindre 940.

Ces chiffres ne constituent pas une limite. Si on se réfère au chapitre analyse fonctionnelle, on voit qu'en réduisant la longueur de l'interstation et en augmentant la capacité des rames le débit peut être augmenté.

La limite est en réalité celle de la force de traction transmissible par la pince. Avec des interstations toutes inférieures à 500 m et des pentes plus faibles qu'à LAON, on peut espérer atteindre des débits maximaux théoriques proches de 5000 passagers par heure et sens.

**Vitesse maximale en exploitation : 36 km/h.**

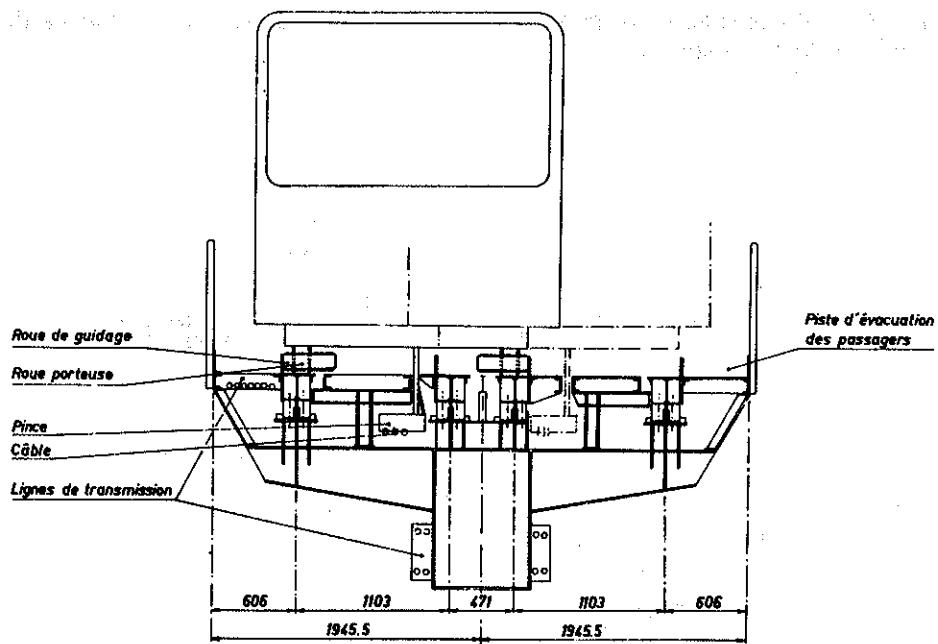
**Aptitude aux pentes : 15 %**

**Originalités :** La sécurité.

La porte à chant très sensible et un platelage sur la voie associé à de faibles vitesses des véhicules en station remplace les portes palières.

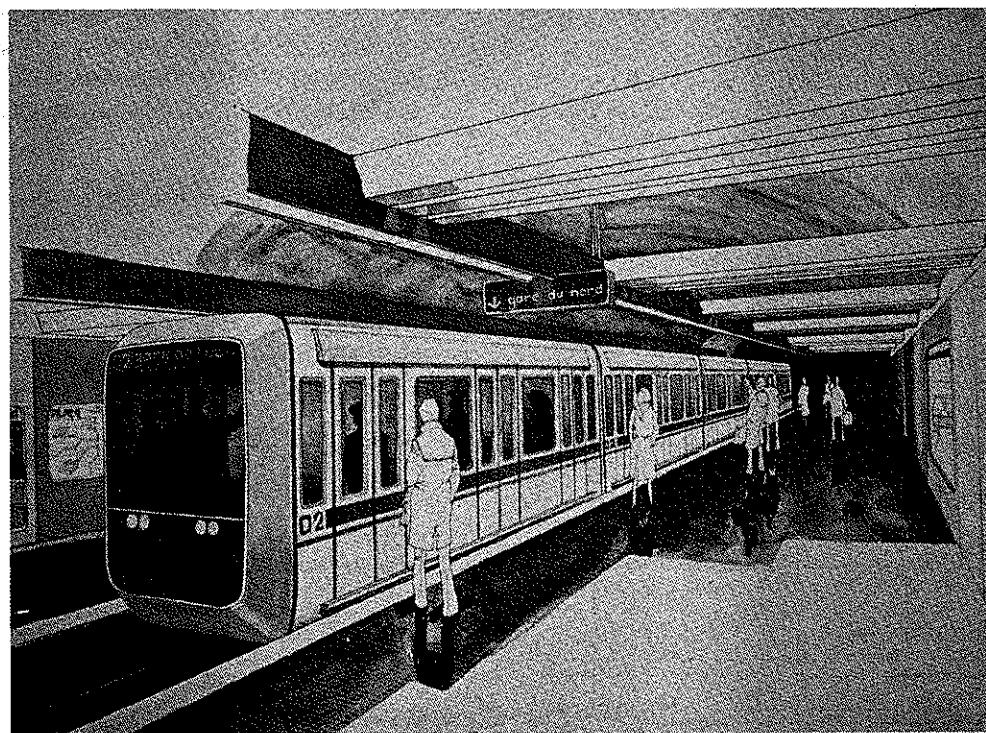
Des calculateurs associés à des balises fixes gèrent les véhicules et un processeur auto-contrôlé (PAC 6) veille au respect des lois de vitesse et gère les échanges d'informations sol-bord.

Une autre originalité : la voie imbriquée.



## DENOMINATION : NAHSAT

(Navette Hectométrique Sans Attente)



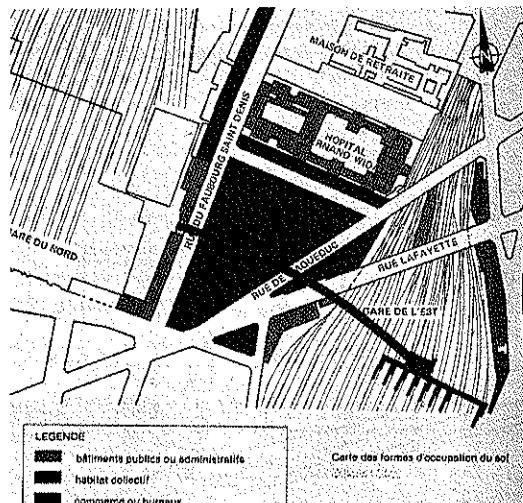
Constructeur : CREUSOT-LOIRE (POMAGALSKI)

### ETAT D'AVANCEMENT :

Au sens strict la NAHSAT n'en est qu'au niveau du concept. Toutefois le classicisme des solutions techniques retenues (roulement roue rail et traction funiculaire sans débrayage) permettront la construction directe des véhicules opérationnels sans phase prototype.

### IMPLANTATION :

Inscrite au Contrat de Plan Etat-Région, pour l'équipement de la liaison Gare de l'Est-Gare du Nord, date de réalisation en discussion.

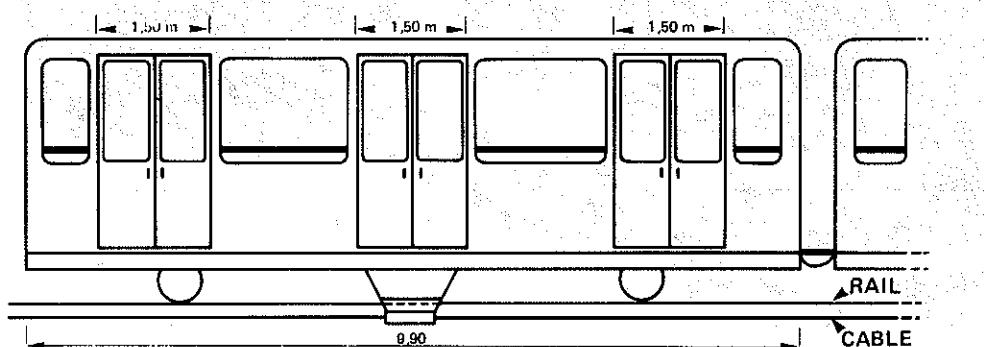


## DESCRIPTION DU SYSTEME :

### Principe :

La NAHSAT est une sorte de funiculaire horizontal comportant deux rames de cinq caisses (49,5 m au total) tractées par le même câble dont elles sont solidaires et animées d'un mouvement symétrique. Les deux rames sont simultanément arrêtées à quai, l'une à gare du Nord, l'autre à gare de l'Est. Le débarquement et l'embarquement des voyageurs s'effectuent sur deux quais séparés (de part et d'autre des véhicules) et les rames se mettent en marche en même temps, toutes les minutes, en sens inverse l'une de l'autre, sur la voie unique qui se dédouble à mi-parcours, permettant leur croisement.

La voie est à écartement normal avec des rails classiques. Les roues sont à double boudin pour permettre le croisement à partir d'un aiguillage fixe. La traction est réalisée par un câble actionné par un moteur de traction situé à une des extrémités, dont le véhicule central de chaque rame est solidaire au moyen d'un châssis d'ancrage.



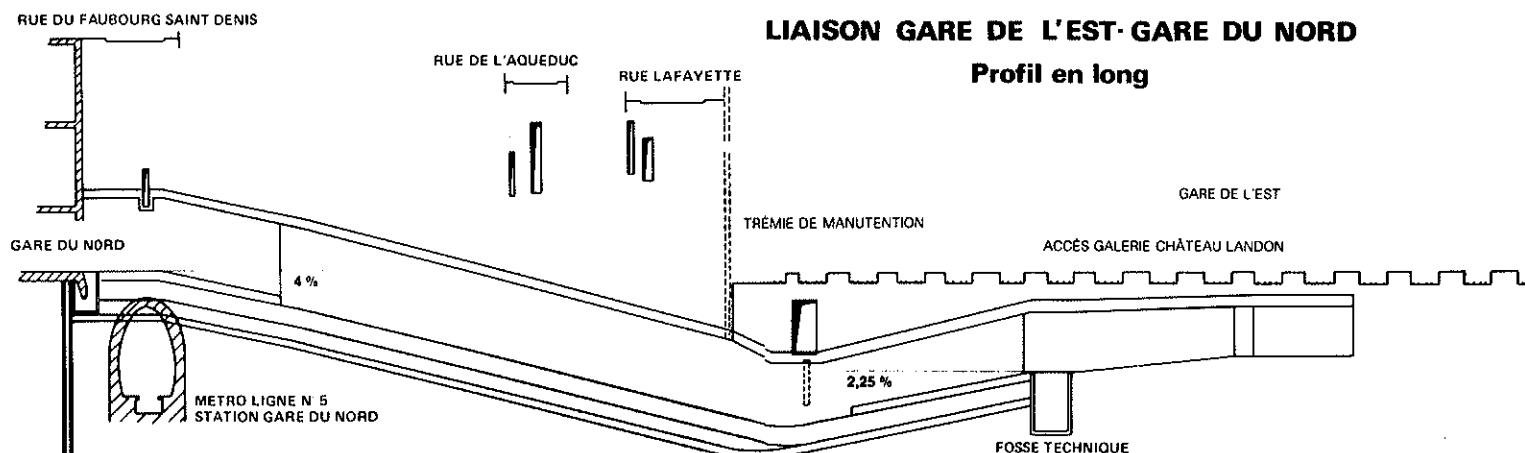
SCHEMA DU VEHICULE CENTRAL

### Objectif de débit et vitesse :

La rame complète peut accueillir au total 365 voyageurs. Elle circule toutes les minutes à une vitesse maximale de 30 km/h. Ces caractéristiques conduisent à un débit maximal possible supérieur à 20 000 voyageurs par heure et par sens.

### Aptitude à la pente :

Des pentes de quelques % sont envisageables. A titre d'illustration la liaison gare du Nord - gare de l'Est présente des pentes de 2,5% et 4%.

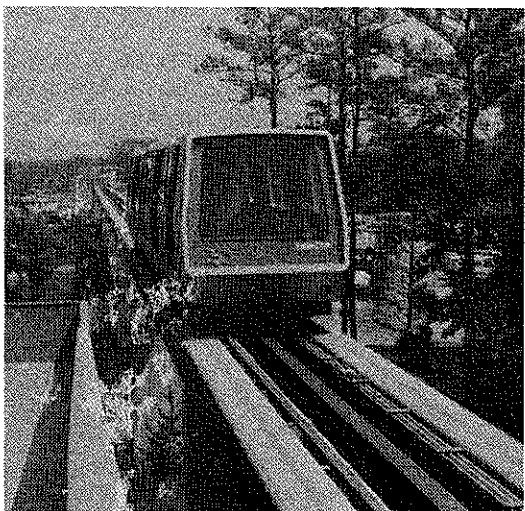


### **Originalités :**

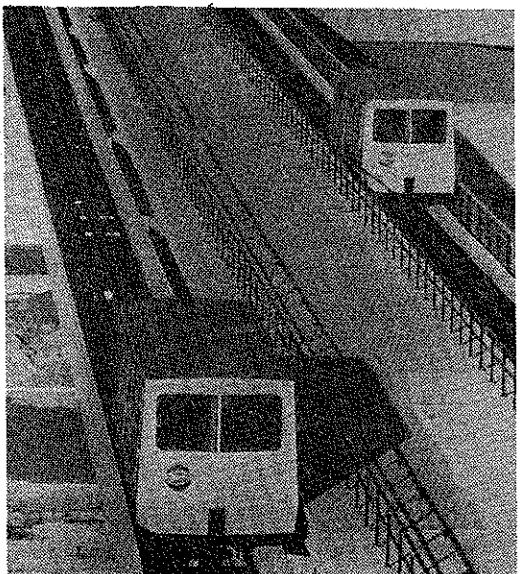
L'originalité du système est double :

- il sera, malgré son caractère physique discontinu, perçu par l'utilisateur comme un système quasi continu car le temps de trajet d'une rame plus son temps de stationnement sont égaux au temps nécessaire pour parcourir les 58 mètres de longueur des quais des stations, aussi le voyageur qui pénètre à l'extrémité du quai voit arriver un train avant d'avoir pu parcourir ce quai de bout en bout,
- il ne fait appel qu'à des techniques simples et éprouvées gages de faisabilité et de fiabilité opérationnelle.

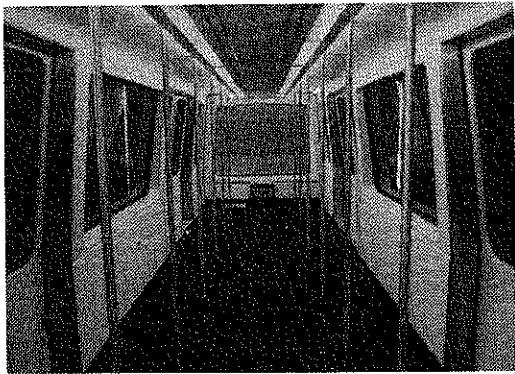
## DENOMINATION : Westinghouse Transit Expressway.



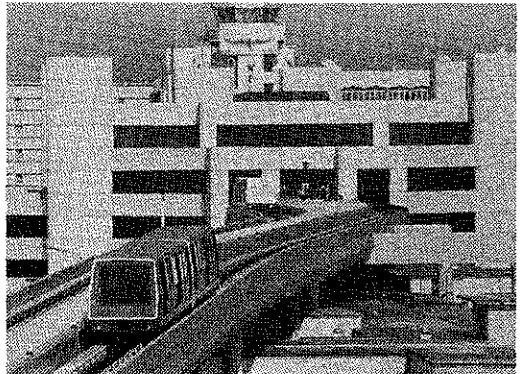
Véhicule (Busch Gardens)



Véhicule et voie de TAMPA



Intérieur du véhicule



Véhicule et voie de MIAMI

**CONSTRUCTEUR :** Westinghouse Electric Corporation

**ETAT D'AVANCEMENT :** En service régulier.

**IMPLANTATIONS ACTUELLES :** Aéroports internationaux de Tampa, Seattle, Miami et Atlanta, Busch Gardens.

### DESCRIPTION DU SYSTEME :

#### **Principe :**

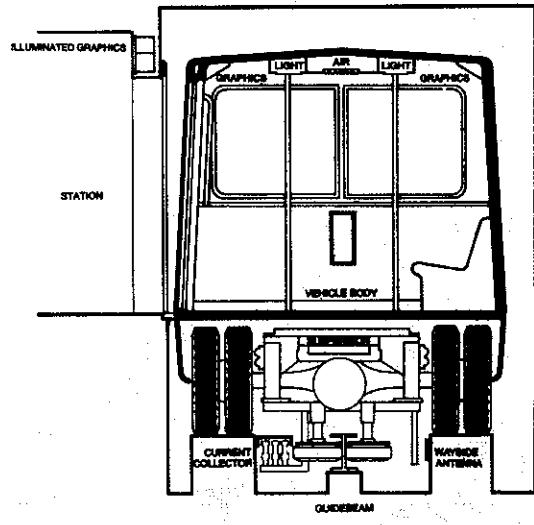
Le système Westinghouse est constitué de véhicules automoteurs de 150 places (18 tonnes) circulant en solo ou en rames.

La captation de courant se fait en triphasé mais les moteurs de traction sont à courant continu.

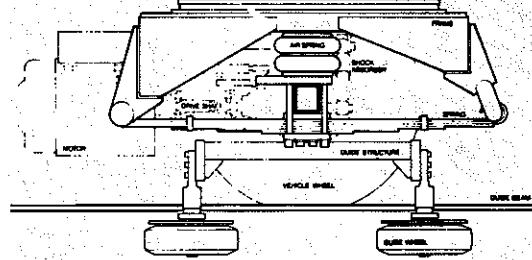
Les véhicules reposent sur deux essieux pivotants équipés de roues jumelées avec pneumatiques, ils roulent sur des pistes en béton ou en acier.

Le guidage est assuré par quatre roues horizontales par essieu, portant sur un monorail central profilé en I.

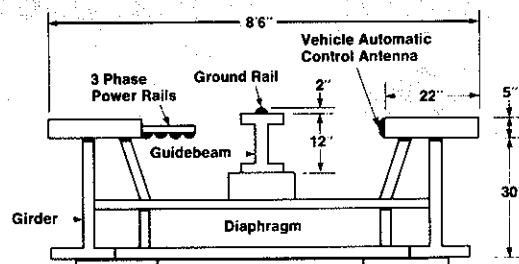
Le système, entièrement automatique, est exploité soit en navette simple entre un terminal et des satellites, soit en boucle, avec possibilité d'aiguillages.  
 La voie est très souvent aérienne.  
 Les stations sont équipées de portes palières.



Coupé transversale d'un véhicule en station



Coupé transversale de la voie en acier de Tampa



Guidage et suspension

**Débit :** Actuellement, l'intervalle entre rames varie suivant les sites de 70 à 100 secondes et la capacité des rames change également; ce qui conduit à des capacités comprises entre 2000 et 6000 passagers par heure et sens. (Pour imaginer d'autres cas, on peut se référer au chapitre analyse fonctionnelle).

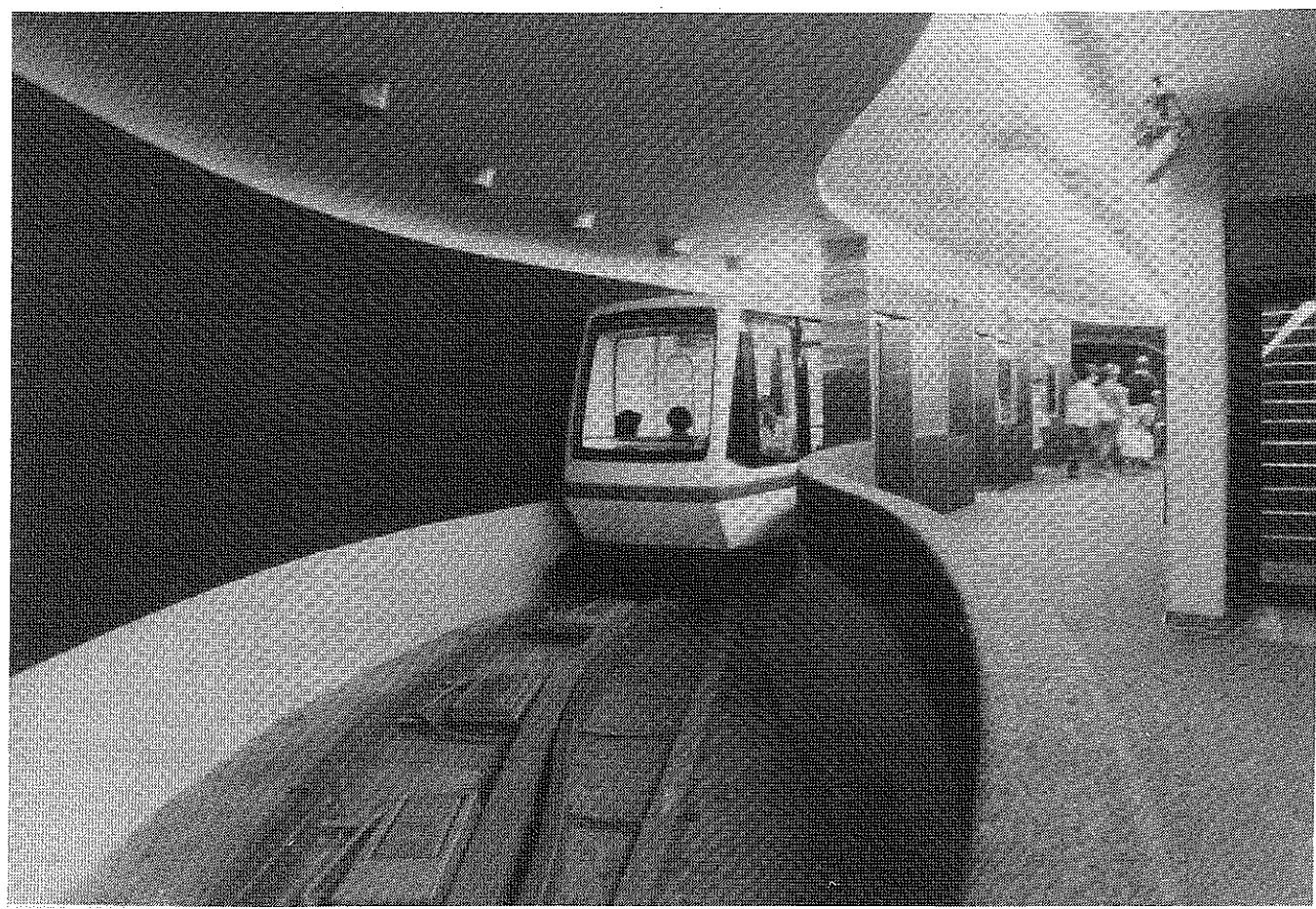
**Vitesse maximale :** Comprise entre 42 et 48 km/h sur les divers sites en exploitation.

**Aptitude aux pentes :** 10%.

**Originalités :** La sécurité est assurée par un cantonnement fixe associé à un contrôle par micro-processeurs.

Le système est installé sur plusieurs sites avec des équipements standardisés.

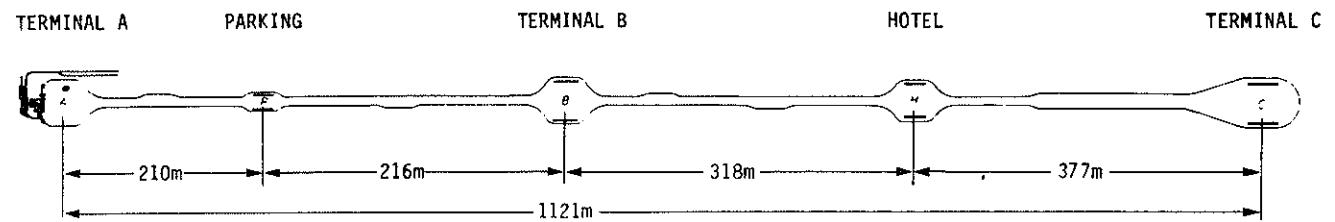
## **DENOMINATION : WEDWAY**



**CONSTRUCTEUR : DISNEY / TURNER**

**ETAT D'AVANCEMENT :** En service régulier.

**IMPLANTATION ACTUELLE :** Aéroport International de Houston (U.S.A.).



## DESCRIPTION DU SYSTEME

### Principe :

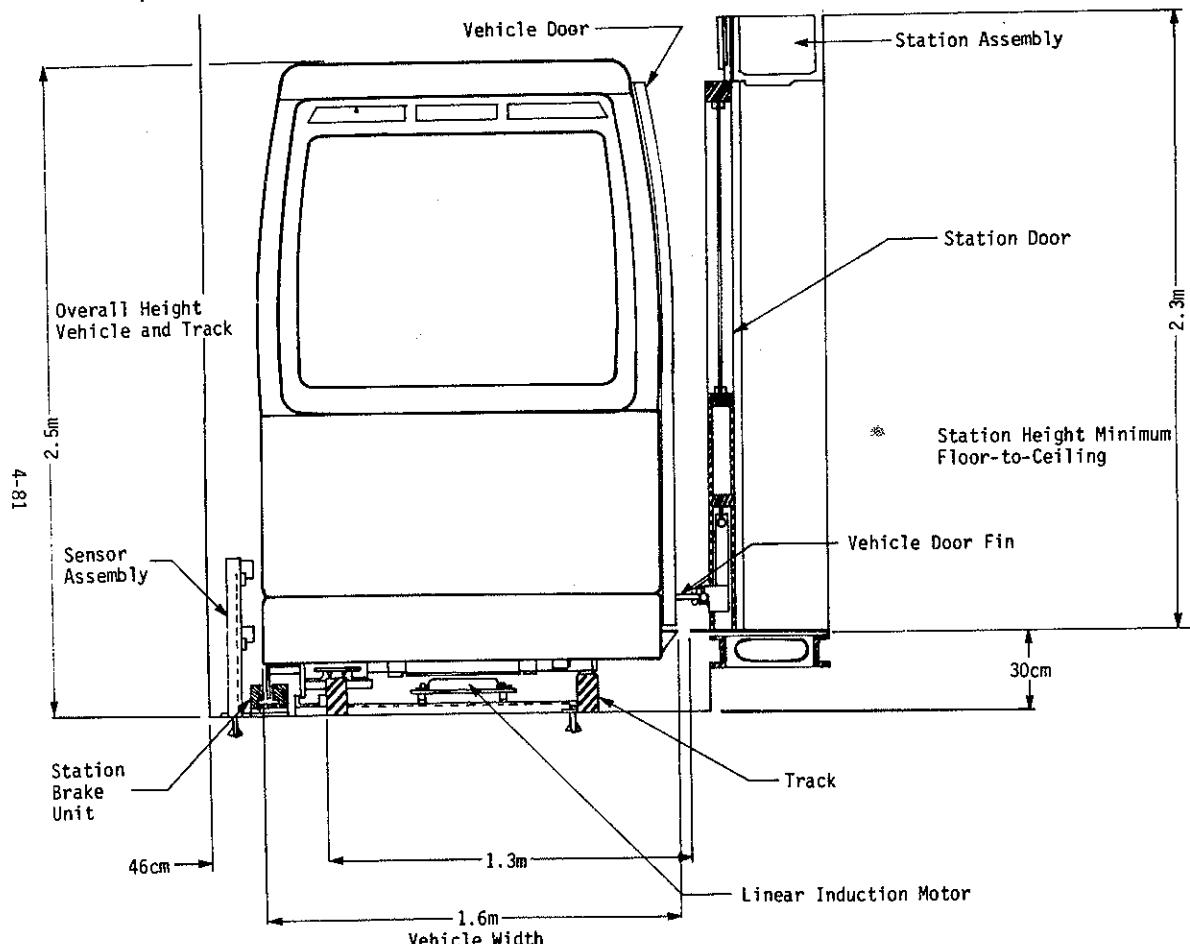
Le Wedway de Houston est un système à voie active à moteurs linéaires, composé de 6 rames de trois cabines d'une capacité unitaire de 12 passagers, (soit 36 passagers par rame). Il fonctionne en discontinu sur une ligne bouclée de 2,2 km, comprenant 5 stations.

Les cabines reposent sur un châssis équipé de quatre roues porteuses en aluminium avec bandage en polyuréthane. Les rails sont en acier de section rectangulaire; les parties verticales d'un des rails servent d'appui à 8 roulettes de guidage agissant directement sur les 2 roues d'un côté et par l'intermédiaire de barres de direction, sur les deux autres roues. Le rayon minimal des courbes atteint 7,3 m.

La voie est équipée de moteurs linéaires fonctionnant à fréquence fixe. Leur espacement dépend du profil de vitesse donné une fois pour toutes. Les corrections de la vitesse réelle par rapport à la vitesse théorique s'obtiennent en modulant la tension.

Le système évoluant dans un tunnel, les fonctions auxiliaires telles que l'éclairage, le chauffage, la phonie, etc... sont débarquées pour rendre les véhicules entièrement passifs.

L'embarquement se fait à niveau par portes palières.



### Objectif de débit :

La capacité maximale théorique du système est de 3320 passagers par heure et sens, en pratique 2220. Actuellement, à Houston, elle n'est que de 720 pas/heure et sens avec un intervalle entre rames de 180 secondes. En revanche, l'amplitude horaire est de 21 h 30 soit une capacité journalière de 15 000 voyageurs par sens.

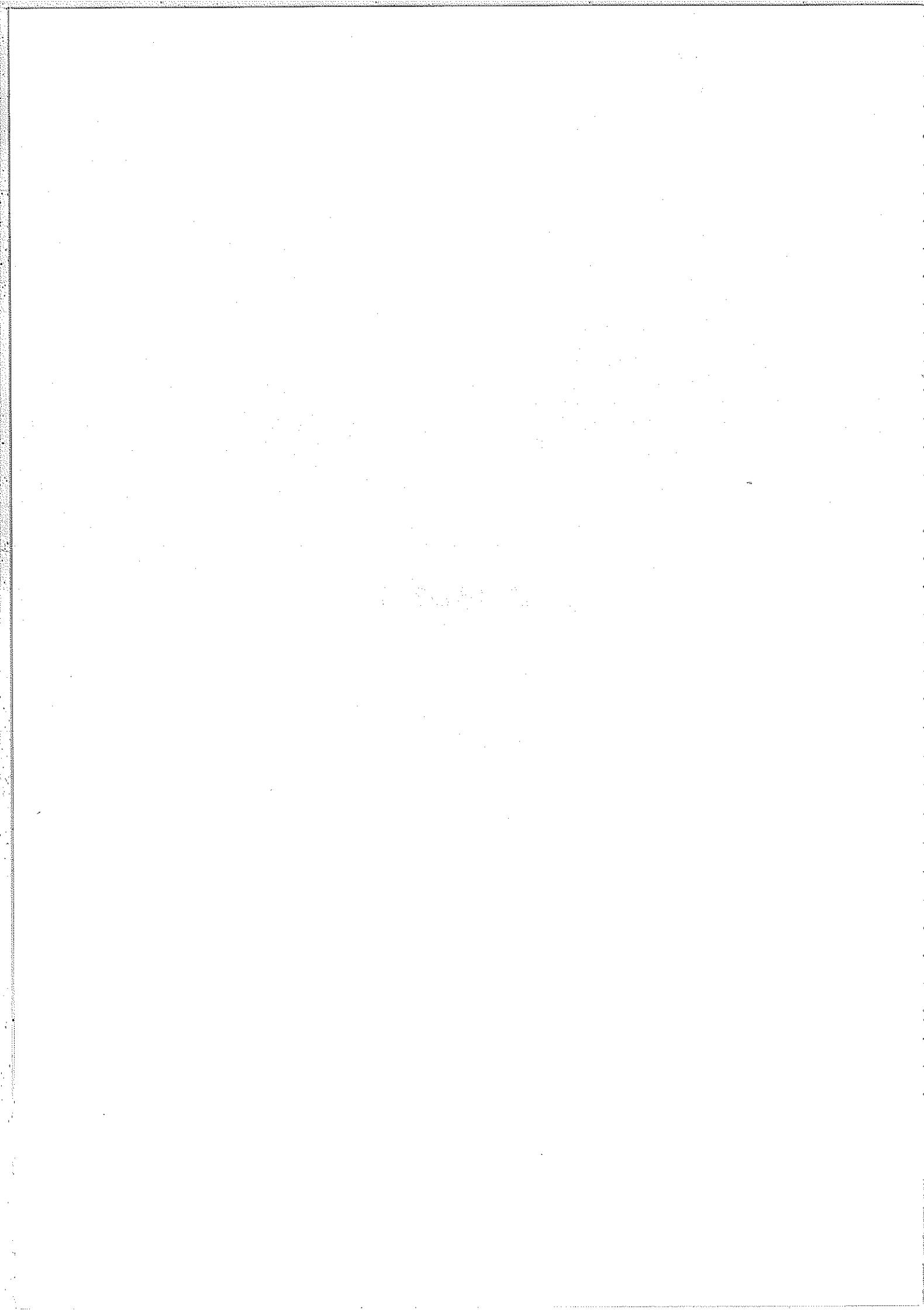
**Vitesse maximale :** 25 km/h.

**Pente :** Le site de Houston est plat mais le système est conçu pour des pentes de 15%.

**Originalités :** La qualité la plus originale du Wedway est sans aucun doute son excellente disponibilité, (0,996). Elles est due essentiellement à l'utilisation de véhicules entièrement passifs et à la recherche d'une modularité poussée des équipements pour permettre la majorité des opérations de maintenance durant l'exploitation.



## **annexe 2**



## QUELQUES EXEMPLES DE COUTS D'OPERATIONS

### 1. TRAX

Source : R.A.T.P.

Conditions Janvier 1984

Mise en œuvre à Invalides : longueur 175 m

- coût d'investissement : 20,6 MF
- installation sur le site : 3,7 MF

Le coût d'investissement est obtenu par application de la formule :

$$C = 7,5 \times (1 + \frac{D}{100}) \quad D : \text{longueur en m.}$$

### 2. S.K.

Source : SOULE S.A.

Conditions de Décembre 1983.

Mise en œuvre à Villepinte : longueur 310 m.

- coût d'investissement : 7,9 MF (pour 14 véhicules en service)
- installation sur le site : 3,2 MF (y compris couverture des stations)
- autres hypothèses : pour une longueur doublée : + 25% }  
pour une longueur moitié : -25%. }      hors génie civil

### 3. POMA TYPE LAON

Source : CREUSOT-LOIRE ENTREPRISES

Conditions de Janvier 1984.

Hypothèses : 1 km de voie double, 3 stations, 4 véhicules

- 1 véhicule par rame.
- coût d'investissement :
    - . au sol : 41 à 47 MF
    - . en viaduc : 50 à 57 MF
  - génie civil : 2,7 à 3 MF par km (dans tous les cas)
  - autres hypothèses :
    - 2 véhicules par rame :
      - . au sol : 49 à 57 MF
      - . en viaduc : 59 à 67 MF
- }      hors génie civil

### 4. NAHSAT

Source : CREUSOT-LOIRE ENTREPRISES

Conditions de Juin 1983

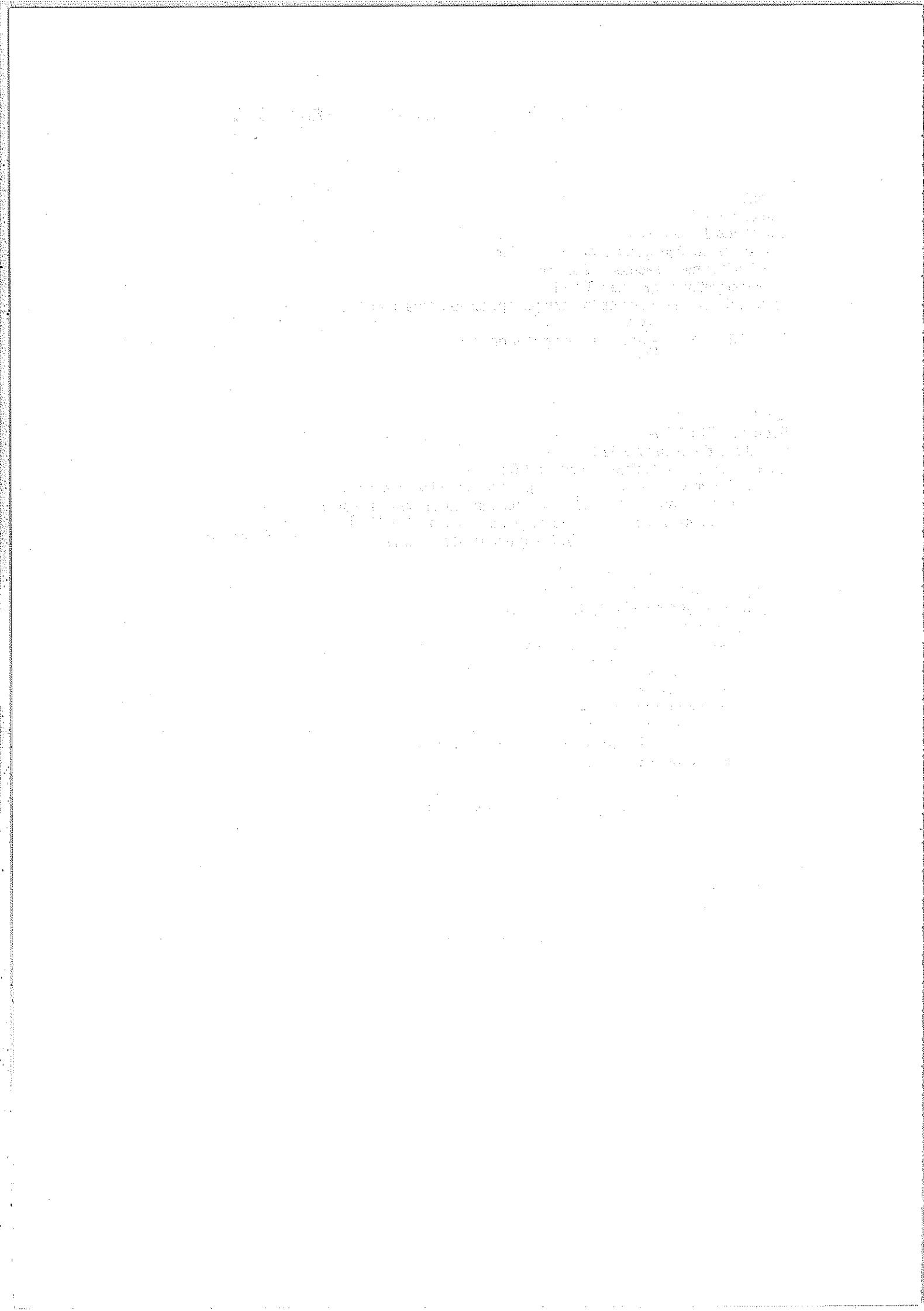
Mise en œuvre entre Gare du Nord et Gare de l'Est : longueur 258 m.

2 rames de 5 caisses

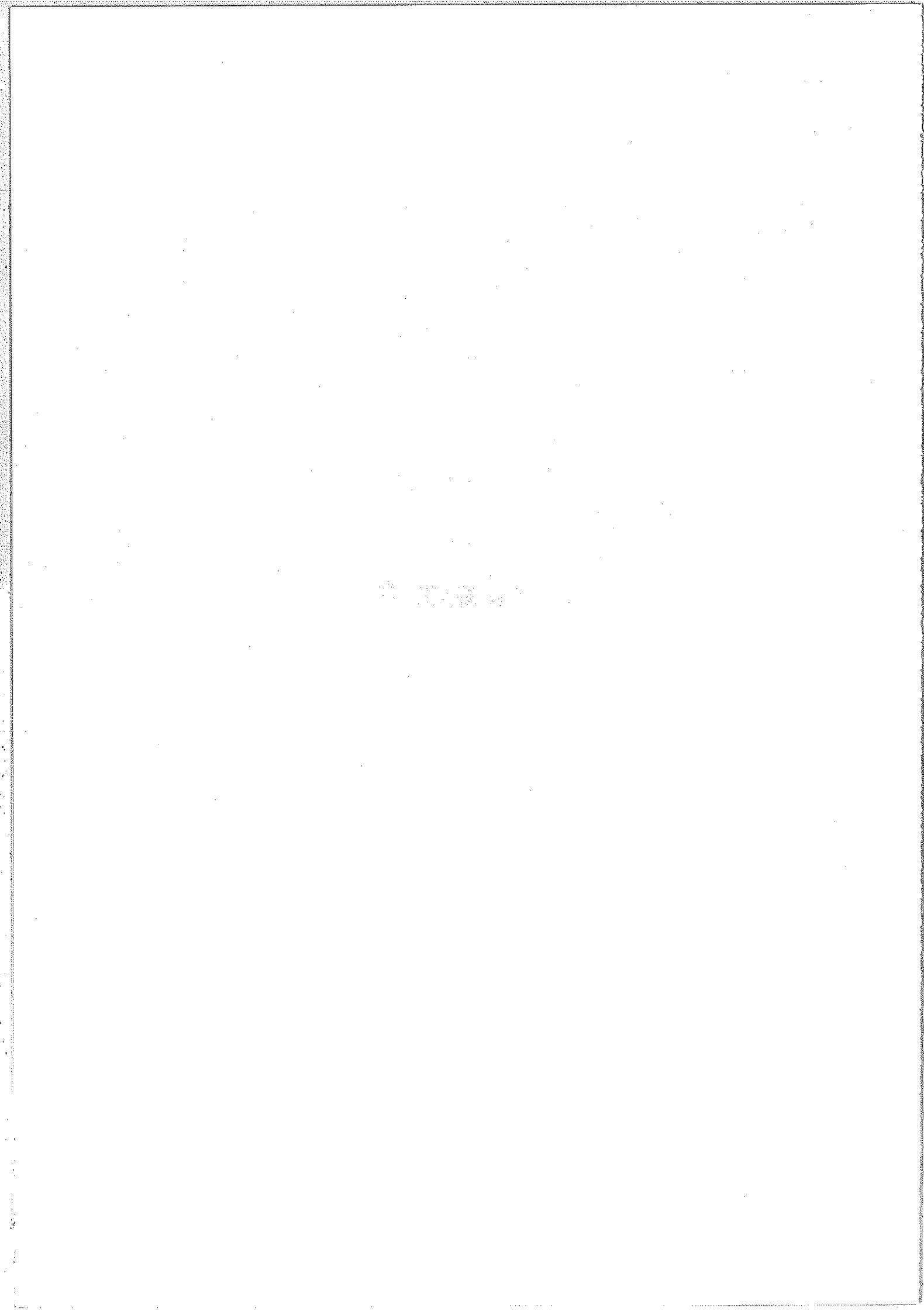
- coût d'investissement : 33,5 MF }
- mise en service : 1,5 MF      }      ± 15 %

**Pour mémoire :** coût du tunnel, stations terminales et accès : 138 MF

Les coûts volontairement globalisés présentés ci-dessus doivent à notre avis être considérés comme purement indicatifs. Ils ne peuvent en aucun cas servir de base de comparaison entre les systèmes du fait des différences existant entre les sites, et de la relation complexe existant entre longueur et coût.



## **annexe 3**



**NOTE D'OBSERVATIONS SUR LE RAPPORT  
DU GROUPE DE TRAVAIL RELATIF  
AUX TRANSPORTS HECTOMETRIQUES**

Le rapport est relativement complet quant à l'analyse des transports hectométriques tant du point de vue de l'évolution historique que du point de vue de la description des systèmes et des diverses familles technologiques. En ce qui concerne la possibilité d'implantation dans les années à venir il est souvent fait allusion à la "leçon de l'histoire" pour montrer que dans ce domaine peu d'innovations arrivent à se concrétiser par des réalisations reproductibles en plusieurs exemplaires. Si l'on veut se tourner plus résolument vers le futur, il convient toutefois de prendre en compte plusieurs éléments d'appréciation en considérant d'une part que l'échec du passé peut s'expliquer autant par les insuffisances des systèmes alors en présence que par un environnement défavorable, et d'autre part, que la situation est différente pour les distances très courtes (TRAX, VEC, DELTA V) et les hectométriques a priori bien adaptés également pour les distances comprises entre 1 et 2 km (SK, POMA).

Pour le choix des infrastructures de l'avenir, plusieurs critères importants sont à prendre en considération parmi lesquels :

- l'engorgement de l'espace urbain par le stationnement et la circulation automobile;
- l'aspect énergétique. La consommation de carburant par les véhicules individuels est très élevée en milieu urbain (environ 8 millions de Tonnes Équivalent Pétrole) du fait de l'usage important de l'automobile y compris pour des déplacements hectométriques;
- les diverses nuisances parmi lesquelles la pollution atmosphérique est devenue un problème d'actualité, celle-ci dépend de la nature de l'énergie consommée (électricité ou carburant) ainsi que de la quantité d'énergie consommée.

Il est bien évident que les transports hectométriques considérés isolément ne peuvent pas à eux seuls avoir un impact significatif, par contre, ils peuvent jouer un rôle essentiel en tant que maillon d'une chaîne de transport offrant une alternative à l'usage de l'automobile. Dans certains cas, ils peuvent également permettre un usage plus rationnel de l'automobile en facilitant un emplacement plus judicieux des aires de stationnement.

Dans ce contexte, l'impact énergétique des transports hectométriques (qui a également des répercussions sur le niveau de nuisances) peut s'apprécier à trois niveaux :

1. leur possibilité de contribuer à la création ou l'amélioration de chaînes de transports économes et relativement attractives face à l'usage de la voiture particulière;
2. l'utilisation d'électricité plutôt que de carburants légers d'origine pétrolière;
3. la consommation intrinsèque peut varier en fonction du site d'implantation et de la solution technologique; dans la plupart des cas elle peut rester dans une fourchette raisonnable compte tenu le cas échéant, que les distances et les vitesses sont modérées et que la consommation doit être rapportée à celle de l'ensemble de la chaîne de transport.

L'aspect énergétique étant replacé dans son contexte général, la consommation spécifique peut néanmoins être considérée comme l'un des critères d'appréciation d'une solution technologique, à condition de ne pas généraliser le résultat de calculs faits sur un cas particulier. Ainsi le rapport insiste à trois reprises sur le "problème" ou l'"inconvénient" des systèmes à câbles pour lesquels toute sinuosité entraînerait une usure plus importante et une consommation énergétique accrue. Il est exact que dans le cas du POMA 2000 à Laon les courbes provoquent une augmentation notable de la consommation d'énergie, mais ceci est dû à l'accumulation de plusieurs facteurs :

- une sinuosité importante,
- une interstation très longue,
- un câble dimensionné en diamètre et en tension pour assurer le démarrage dans la pente maximum d'une masse concentrée de 6,5 tonnes lorsque l'autre brin de câble n'est pas chargé.

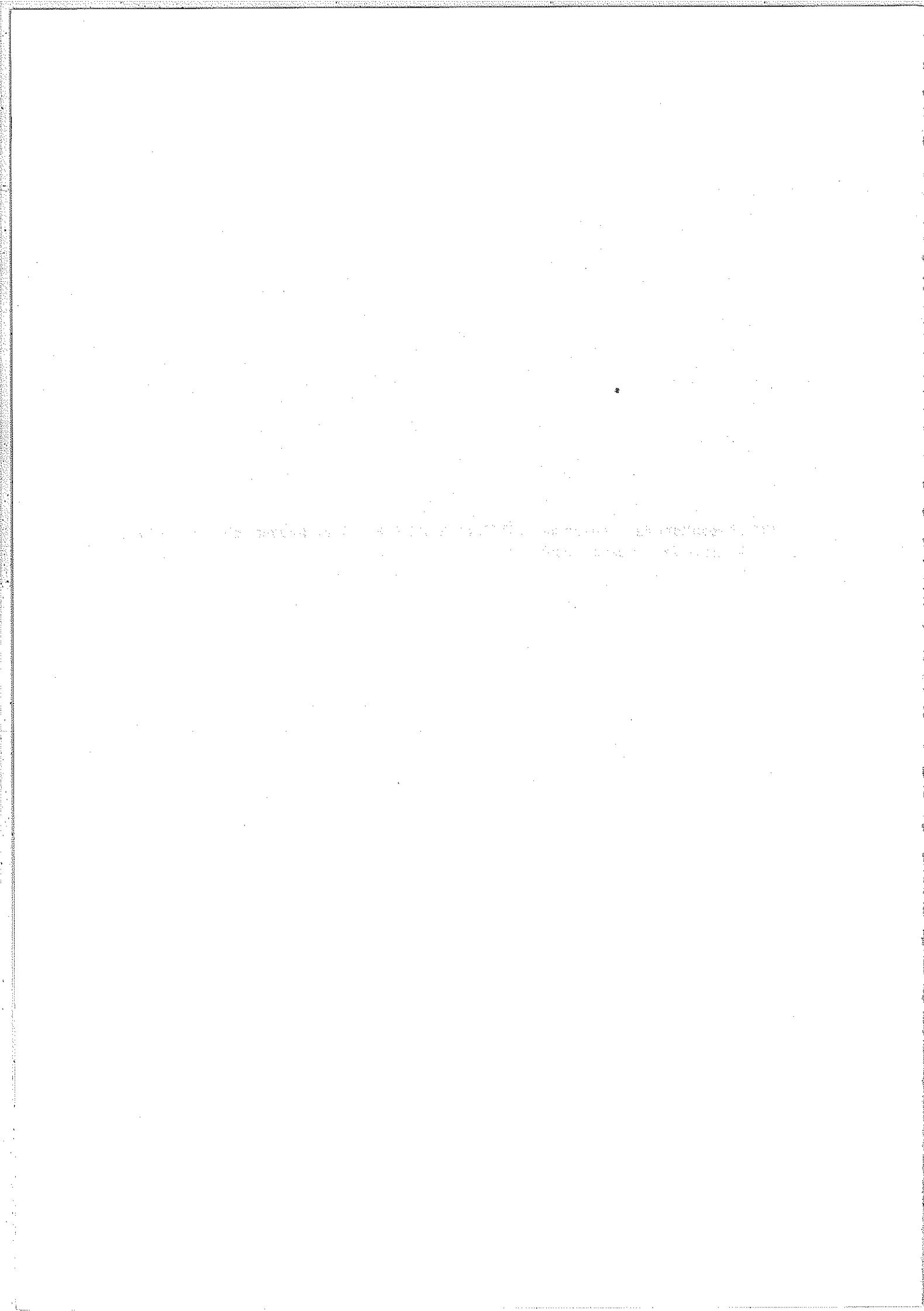
L'impact de la sinuosité sur la consommation d'énergie des systèmes à câble (et sur l'usure) dépend beaucoup de la tension du câble qui est elle-même tributaire des caractéristiques du site et de la conception du système.

Une autre caractéristique énergétique est plus spécifique de la traction par câble : la possibilité de récupération directe de l'énergie potentielle dans les sites en pente, or cette caractéristique n'est pas mentionnée dans le rapport.

Une approche plus globale et plus juste des surconsommations énergétiques pourrait être la suivante : le roulement sur pneu induit une certaine surconsommation par rapport au roulement sur fer, mais il permet le cas échéant de concevoir un système bénéficiant d'une meilleure adhérence. La traction par câble ainsi que la traction par moteur linéaire permettent d'aller plus loin dans ce sens, dans la mesure où ils permettent de s'affranchir des contraintes d'adhérence (fortes pentes, voies glissantes) au prix de surconsommations énergétiques qui peuvent apparaître dans certaines configurations. Une telle approche permettrait également de ne pas condamner la traction par moteur linéaire (souvent mise en avant par ailleurs dans le rapport) par le fait que le système Wedway de Houston (jusqu'à présent une des principales références en la matière) a une consommation supérieure aux estimations faites pour le POMA 2000 de Laon alors que le site est beaucoup moins difficile du point de vue des pentes et des courbes.

En conclusion, le rapport appelle deux types d'observations : une incitation à la prudence afin de replacer l'aspect énergétique dans son véritable contexte, et une ouverture plus importante vers l'avenir afin de ne pas exclure des possibilités de développement des transports hectométriques qui ne se situeraient pas dans la logique du passé.

**L'INRETS résultant de la fusion de l'I.R.T. et de l'O.N.S.E.R. on trouvera ci-après la liste des publications de ces deux organismes.**



## RAPPORTS DE RECHERCHE I.R.T. :

N° 1 : LES TRANSPORTS PUBLICS DE SURFACE DANS LES VILLES - J. FREBAULT - Mars 1970

- 1 - Situation actuelle des réseaux
- 2 - Perspectives d'avenir (épuisé)

N° 2 : LES TRANSPORTS NOUVEAUX DANS LES VILLES MOYENNES - J. FREBAULT et X. GODARD (I.R.T.)

- J. VILLE et P. COUTHEILLAS (B.C.E.O.M.), H. FERRAG (Ville Nouvelle d'Evry) - Octobre 1970 (épuisé)
- Enquêtes sur les besoins
- Propositions d'un cahier des charges

N° 3 : EQUILIBRE OFFRE-DEMANDE ET TARIFICATION SUR UN RÉSEAU DE TRANSPORT - J.G. SENDER et M. NETTER -

- Décembre 1970 (épuisé)
- Modèle ASTARTE - Application de systèmes tarifaires à un réseau de transport : trafics et tarifs d'équilibre
- 1 - Partie théorique
- 2 - Données disponibles et applications réalisées

N° 4 : LE CHOIX DU MODE DE TRANSPORT DANS LES VILLES DE PROVINCE - J.M. NETTER et J. FREBAULT (I.R.T.)

A. DANET et B. AVEROUX (C.E.R.A.U.) - Septembre 1971 (épuisé)

N° 5 : ETUDE DES TRANSPORTS DE MARCHANDISES EN ZONE URBAINE - P. MASSON (I.R.T.) et F. KOLB (C.E.R.L.I.C.) -

- Octobre 1971 (épuisé)
- 1 - Synthèse
- 2 - Annexes

N° 6 : LES RUPTURES DE CHARGE DANS LES VILLES DE PROVINCE - A. BUDILLON (I.R.T.), P. LYSARAGUES,

D. ALATZAS et J.C. LY (O.T.A.M.) - Janvier 1972 (épuisé)

Le parking d'échange

Les correspondances dans les transports collectifs

N° 7 : L'INTERVENTION DE LA PUISSANCE PUBLIQUE DANS LES TRANSPORTS URBAINS DE MARCHANDISES -

P. MASSON (I.R.T.), F. KOLB et COUDRAI (C.E.R.L.I.C.) - Octobre 1972 (épuisé)

N° 8 : PROPULSION PAR MOTEUR LINÉAIRE DE TRANSPORTS TERRESTRES GUIDES - O. APPERTS (L.M.L.),

F. BOUDIN et R. KAISER (I.R.T.) - Septembre 1973 (épuisé)

N° 9 : METHODOLOGIE DE L'ANALYSE MULTICRITERE APPLIQUEE AUX TRANSPORTS URBAINS - X. GODARD -

Décembre 1973 (épuisé)

N° 10 : EVALUATION PAR LA SIMILITUDE DU SYSTÈME DE FREINAGE SENF - J.L. GIOVACHINI et J.P. PASCAL -

Mars 1976

N° 11 : LE SUIVI DE L'EXPERIENCE DE BESANCON - C. BOURGIN et A. BIEBER - Juin 1976  
ISBN 2-85782-000-3 FF 36,40

N° 12 : ENVIRONNEMENT VIBRATOIRE DANS LES VEHICULES DE TRANSPORT, ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE CRITIQUE -  
G. BONNARDEL, B. FAVRE, J.L. FLORES - Juin 1976  
ISBN 2-85782-004-6 FF 36,40

N° 13 : ETUDE DE L'EMBARQUEMENT-DEBARQUEMENT LATERAL D'UN VEHICULE EN MOUVEMENT - D. DUNOYE (I.R.T.),  
J.P. BIGOT et L. HAMEL (C.E.T.E. de ROUEN) - Juin 1976  
ISBN 2-85782-005-4 (Edition complète) FF 83,20  
1 - Présentation générale et résultats de l'expérimentation  
ISBN 2-85782-006-2 (Volume I) FF 31,20  
2 - Recommandations pour la conception et le dimensionnement des divers éléments constitutifs d'une ligne de transport  
semi-continu  
ISBN 2-85782-007-0 (Volume II) FF 26,00  
3 - Présentation technique des moyens d'essais et d'observation mis en oeuvre au cours de l'expérimentation  
ISBN 2-85782-008-8 (Volume III) FF 26,00

N° 14 : INFLUENCE DE LA VITESSE DES VEHICULES SUR LE COUT DE L'INFRASTRUCTURE D'UN SYSTEME DE TRANSPORTS  
TERRESTRE RAPIDE - M. LEYRIT - Septembre 1976  
ISBN 2-85782-009-7 FF 52,00

N° 15 : RECHERCHE DES PERFORMANCES OPTIMALES POUR LES SYSTEMES DE TRANSPORTS TERRESTRES INTERURBAINS  
DE VOYAGEURS - P. GERAUD - Novembre 1976  
ISBN 2-85782-013-5 FF 26,00

N° 16 : ETUDE THEORIQUE SUR LES PERFORMANCES D'UN AEROGLISSEUR MARIN - J.C. BROUSSAUD - Novembre 1976  
ISBN 2-85782-015-1 FF 41,60

N° 17 : RAPPORT DES ESSAIS DU PROTOTYPE DU MOTEUR LINEAIRE A INDUIT EN U - J.P. PASCAL - Octobre 1976  
ISBN 2-85782-016-X FF 33,28

N° 18 : UNE METHODE D'ENQUETE ORIGINE-DESTINATION PAR PHOTOGRAPHIE AERIENNE - EVALUATION ET  
COMPARAISON AVEC UNE METHODE AU SOL - O. DESFORGES - Septembre 1976  
ISBN 2-85782-017-8 FF 18,72

N° 19 : CHOC LIMITE NON PREJUDICIALE A LA SECURITE DES USAGERS DE PETIT VEHICULE DE TRANSPORTS EN  
COMMUN - R. KAISER (I.R.T.), J.C. CAYET - J.P. COTTE - A. CHAPON - J.P. VERRIEST (Laboratoire des Chocs et  
de Biomécanique de l'O.N.S.E.R.) - Mars 1977  
ISBN 2-85782-018-6 FF 33,28

N° 20 : SIMULATION D'UNE LIGNE DE TRANSPORTS EN COMMUN EN SITE PROPRE DU TYPE SEMI-CONTINU -  
D. DUNOYE - Décembre 1976  
ISBN 2-85782-022-4 FF 20,80

N° 21 : DEFINITION D'UN RESEAU EUROPEEN DE TRANSPORTS TERRESTRES A GRANDE VITESSE - J. ROUDIER et  
D. SCHWARTZ - Avril 1977  
ISBN 2-85782-023-2 FF 26,00

- N° 22 : UNE METHODE DE CALCUL AUTOMATIQUE D'INDICATEURS DU BRUIT DU A LA CIRCULATION URBAINE - IBIS -  
O. DESFORGES - Mars 1977  
ISBN 2-85782-026-7 FF 22,88
- N° 23 : IMAGE ET ADOPTION DU BUSPHONE PAR LES HABITANTS DE SAINT-CLOUD - J. NAHMIAS et J.Y. PENICAUD (I.R.T.),  
N. ARES - J.P. FAIVRE - J.P. FRAPPAT (Burke Marketing Research) - Avril 1977  
ISBN 2-85782-028-3 FF 20,80
- N° 24 : LES INFRA-SONS ET LES TRANSPORTS - Note Documentaire - G. BONNARDEL - Juin 1977  
ISBN 2-85782-027-5 FF 28,08
- N° 25 : POLYVALENCE DE LA VOIE D'EAU - M. GUILBAULT - Octobre 1977  
ISBN 2-85782-030-5 FF 41,60
- N° 26 : LA REGULATION DES CORRIDORS AUTOROUTIERS URBAINS PAR LE CONTROLE D'ACCES - J.M. MORIN -  
Novembre 1977  
ISBN 2-85782-031-3 FF 31,20
- N° 27 : UN MODELE DE RECONSTITUTION DE MATRICES ORIGINE-DESTINATION EN MILIEU URBAIN - S. DEBAILLE -  
Décembre 1977  
ISBN 2-85782-032-1 FF 41,60
- N° 28 : EFFETS DU BRUIT DE CIRCULATION AUTOMOBILE - DONNEES PSYCHOPHYSIOLOGIQUES ET ECONOMIQUES -  
C. LAMURE, M. VALLET, M. MAURIN, M. VERNET, J. LAMBERT - Décembre 1977  
ISBN 2-85782-033-X FF 20,80
- N° 29 : COMPARAISON DE TROIS MODELES D'AFFECTATION DE LA CIRCULATION URBAINE - O. DESFORGES - Février 1978  
ISBN 2-85782-036-4 FF 20,80
- N° 30 : LA SIMULATION DU FONCTIONNEMENT DE LA FLOTTE FLUVIALE EN FRANCE - M. ARON - Mars 1978  
ISBN 2-85782-035-6 FF 29,12
- N° 31 : LES BUDGETS-TEMPS DE TRANSPORT - ANALYSE DE QUELQUES AGGLOMERATIONS FRANCAISES - X. GODARD  
Avril 1978  
ISBN 2-85782-038-0 FF 36,40
- N° 32 : COMMANDE ADAPTATIVE D'UN CARREFOUR ISOLE - ETUDE COMPARATIVE DE QUELQUES ALGORITHMES -  
L. AMY DE LA BRETEQUE, M. DURAZ, R. JEZEQUEL - Mai 1978  
ISBN 2-85782-037-2 FF 31,20
- N° 33 : INFORMATION DES USAGERS DES RESEAUX D'AUTOBUS - Processus d'information et besoins de l'usager -  
C. POULENAT-ABALLEA, A. TARRIUS - Juin 1978  
ISBN 2-85782-039-9 (Edition complète)  
ISBN 2-85782-040-2 (Tome I) FF 52,00

N° 84 : CONTRIBUTION A L'ETUDE ET A LA VERIFICATION EXPERIMENTALE DES LOIS DE SIMILITUDE DANS LES MACHINES A INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE - G. COQUERY - Août 1978  
ISBN 2-85782-043-7 FF 38,48

N° 85 : LA SIMULATION FINE DU TRAFIC DANS UN RESEAU URBAIN - Analyse bibliographique et critique - S. DEBAILLE, M. ARON - Octobre 1978  
ISBN 2-85782-045-8 FF 17,68

N° 86 : LES EVOLUTIONS DANS L'USAGE DES MODES DE TRANSPORTS - Influence des moments de transition dans le cycle de vie - C. BOURGIN - Octobre 1978  
ISBN 2-85782-044-5 FF 38,28

N° 87 : INFLUENCE DE LA QUALITE DE SERVICE DES TRANSPORTS COLLECTIFS URBAINS SUR LEUR FREQUENTATION - Approches quantitatives - C. BOURGIN, J.P. LAINE (consultant) - Janvier 1979  
ISBN 2-85782-046-1 FF 21,84

N° 88 : RECHERCHE SUR LA MOBILITE DES PERSONNES EN ZONE URBAINE - Exploitation de l'enquête de Dijon :  
ISBN 2-85782-049-6 (Edition complète)  
1 - Rapport introductif - X. GODARD - Mars 1979  
ISBN 2-85782-050-10 (Tome I) FF 31,20  
2 - Motorisation et usage individuel de la voiture - B. AVERCUS et B. MATALON (B.E.T.E.R.E.M.), X. GODARD et J.P. ORFEUIL (I.R.T.) - Mars 1979  
ISBN 2-85782-051-8 (Tome II) FF 26,00  
3 - Les pratiques d'achat - J.P. ORFEUIL et X. GODARD (I.R.T.), B. AVEROUS et B. MATALON (B.E.T.E.R.E.M.) - Octobre 1979  
ISBN 2-85782-052-6 (Tome III) FF 52,00  
4 - Analyse de la mobilité comme traduction des pratiques d'activités - X. GODARD - Décembre 1980  
ISBN 2-85782-053-4 (Tome IV) FF 46,80  
5 - Analyse comparée de la mobilité dans trois quartiers - B. FORASTE - Juillet 1981  
ISBN 2-85782-054-2 (Tome V) FF 46,80

N° 89 : LES EFFETS D'UN COULOIR RESERVE SUR LA PROGRESSION DES AUTOBUS - Le cas de la R.N. 806 - B. FAIVRE D'ARCIER - Mars 1979  
ISBN 2-85782-056-9 FF 41,60

N° 40 : LES CONDITIONS DE L'INSERTION SOCIALE DES HANDICAPES PHYSIQUES ET SENSORIELS COMME DETERMINANTS DE LA MOBILITE - C. POULENAT-ABALLEA, A. TARRIUS - Mars 1979  
ISBN 2-85782-048-8 FF 52,00

N° 41 : EVOLUTION DE L'OFFRE DE TRANSPORT COLLECTIF DANS LA PERIPHERIE DES AGGLOMERATIONS FRANCAISES - M.A. DEKKERS - Mars 1979  
ISBN 2-85782-060-7 FF 38,40

N° 42 : EXPERIENCES DE TRANSPORTS COLLECTIFS EN VOITURE INDIVIDUELLE EN MILIEU RURAL - Les conditions de leur implantation - G. MAROTEL, A. TARRIUS - Mars 1979  
ISBN 2-85782-064-X FF 31,20

N° 43 : PRIORITE DES AUTOBUS AUX FEUX DE CARREFOURS - M. COTTINET - Juin 1979  
ISBN 2-85782-042-9 FF 52,00

N° 44 : ACTUALISATION DE MATRICES ORIGINE-DESTINATION SUR UNE LIGNE D'AUTOBUS - B. FORASTE - Mai 1979  
ISBN 2-85782-068-2 FF 31,20

N° 45 : LES PLANS DE CIRCULATION : EVOLUTION D'UNE PROCEDURE TECHNIQUE - B. FAIVRE D'ARCIER, J.M. OFFNER,  
A. BIEBER - Octobre 1979  
ISBN 2-85782-069-0 FF 36,40

N° 46 : UTILISATION DES SERVICES SPECIFIQUES DE TRANSPORT POUR LES HANDICAPES PHYSIQUES - Cas de Nancy et  
d'Amiens - C. POULENAT-ABALLEA (I.R.T.) - G. MASSON, E. PILATRE-JACQUIN (Fondation pour la Recherche Sociale) -  
Juin 1980  
ISBN 2-85782-073-9 FF 52,00

N° 47 : COMPORTEMENTS DANS L'HABITAT SOUMIS AU BRUIT DE CIRCULATION - J. LAMBERT, F. SIMONNET, M. VALLET  
(C.E.R.N.E.) - Septembre 1980  
ISBN 2-85782-075-5 FF 46,80

N° 48 : SIMULATION DU TRAFIC MARITIME EN MANCHE ET DANS LE PAS-DE-CALAIS - A. COUPARD (I.R.T.) - T. DEGRE,  
X. LEFEVRE (Société ORION) - Février 1981  
ISBN 2-85782-076-3 FF 41,60

N° 49 : EVALUATION SUR MODELE DE SIMULATION DU FONCTIONNEMENT DE L'ALGORITHME DE MILLER SUR UN CARREFOUR  
ISOLE, UN ITINERAIRE ET UN RESEAU - Y. DAVID, M. COTTINET (I.R.T.) - J.J. HENRY, J.F. GABARD (Centre d'Etude et  
de Recherche de Toulouse) - Janvier 1981  
ISBN 2-85782-077-1 FF 36,40

N° 50 : CONSOMMATION D'ENERGIE ET DEPLACEMENTS DES VOITURES PARTICULIERES EN MILIEU URBAIN - S. COHEN -  
Septembre 1981  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-081-X FF 57,20

N° 51 : DISSUASION DU TRAFIC DE TRANSIT ET CONTINUITÉ DES ITINÉRAIRES NATIONAUX - B. FAIVRE D'ARCIER -  
Septembre 1981  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-082-8 FF 34,82

N° 52 : ETUDE SIMPLIFICATRICE DES MODELES ANALYTIQUES DU MOTEUR LINEAIRE - J.B. AYASSE - Novembre 1981  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-084-4 FF 41,60

N° 53 : RYTHMES SOCIAUX ET APPREHENSION DES BESOINS DE DEPLACEMENTS EN ZONE RURALE - A. TARRIUS -  
Novembre 1981  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-085-2 FF 41,60

N° 54 : SIMULATION DE MARCHE ET CALCUL DE CONSOMMATION D'UN VEHICULE AUTOMOBILE LEGER - Modèle automatisé  
SIMULCO - C. FOUILLOUX avec la collaboration de J.P. ROUMEGOUX - Décembre 1981  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-088-7 FF 36,40

- N° 55 : REGROUPEMENT DES USAGERS DE LA VOITURE PARTICULIERE DANS LE CADRE DES DEPLACEMENTS DOMICILE.  
TRAVAIL (car-pool) - M.A. DEKKERS - Décembre 1981  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-087-9 FF 72,80
- N° 56 : LA REGULARISATION DE VITESSE SUR AUTOROUTE EN FRANCE ET A L'ETRANGER - J.M. MORIN - Janvier 1982  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-089-5 FF 88,20
- N° 57 : TRANSPORTS COLLECTIFS ET ACTIVITES COMMERCIALES LOCALES - LES EFFETS DE L'IMPLANTATION D'UNE NOUVELLE STATION DE METRO SUR LES COMMERCES AVOISINANTS - J.M. OFFNER - Avril 1982  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-090-9 FF 88,20
- N° 58 : INFLUENCE DU COMPORTEMENT DU CONDUCTEUR SUR LA CONSOMMATION DE CARBURANT - Etude bibliographique - G. LABIALE - Mai 1982  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-094-1 FF 52,00
- N° 59 : UN MODELE INTERACTIF D'EVALUATION DES CONDITIONS DE DEPLACEMENT ET DE L'ACCESSIBILITE - B. FORASTE - Juin 1982  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-095-X FF 86,40
- N° 60 : ETUDE SUR LE TRACE DES AIRES D'ATTENTE UTILISEES EN NAVIGATION AERIENNE - Une approche par simulation probabiliste - G. CAPLAIN - Septembre 1982  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-097-6 FF 46,80
- N° 61 : ETUDE DES CONDITIONS D'ACCOSTAGE DES GRANDS NAVIRES - J.M. FAYSSE - Novembre 1982  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-102-6 FF 41,60
- N° 62 : METHODES D'ESTIMATION DE LA CAPACITE DES AUTOROUTES - S. COHEN - Mars 1983  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-104-2 FF 52,00
- N° 63 : ETUDES ET DECISIONS - LA LIGNE C DU METRO LYONNAIS - J.M. OFFNER - Avril 1983  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-108-4 FF 72,80
- N° 64 : L'IMPORTANCE DE LA VOIE D'EAU DANS LES TRANSPORTS TERRESTRES DE 1974 A 1980 - C. RIZET - Octobre 1983  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-107-7 FF 41,60
- N° 65 : LES MARCHES POTENTIELS DE LA VOIE D'EAU - M. GUILBAULT - M. OLIVIER-TRIGALO - C. RIZET - Avril 1983  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-106-9 FF 88,20
- N° 66 : ETUDE DES PROCESSUS DE DETECTION ET DE RESOLUTION DES RISQUES D'ABORDAGE A PARTIR DES RADARS - Y. DAVID - T. DEGRE - Octobre 1983  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-111-5 FF 41,60

N° 67 : VIBRATIONS A PROXIMITE DES VOIES ROUTIERES - Eléments descriptifs de la gêne exprimée par les populations exposées et analyse physique des sollicitations mesurées dans les habitations - G. BONNARDEL - B. FAVRE - V. BLANCHET -  
Octobre 1986  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-112-6 FF 65,00

N° 68 : LES PRATIQUES DE GESTION DE LA MAIN-D'OEUVRE DANS LES RESEAUX D'AUTOBUS - Leurs logiques et performances -  
M.H. MASSOT - Novembre 1988  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-116-6 FF 68,00

N° 69 : DYNAMIQUE URBAINE ET LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT - B. FAIVRE D'ARCIER -  
Mars 1984  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-118-2 FF 82,00

N° 70 : MOBILITE ET BUDGET ENERGETIQUE DE FIN DE SEMAINE - F. POTIER - Avril 1984  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-119-0 FF 65,00

N° 71 : ETUDE DES DEPLACEMENTS DOMICILE-TRAVAIL  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-123-9 (Edition complète)  
1 - Méthodologie et premiers résultats - J.P. COINDET, F. POTIER - Août 1984  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-124-7 (Volume 1) FF 60,00

N° 72 : REGULATION CENTRALISEE DE LA CIRCULATION EN VILLE - J.B. LESORT, Y. DAVID (I.R.T.) -  
M. MUÑOZ (C.E.T.E. de l'EST) - M. CORREGE, J.L. FARGES, J.F. GABARD, J.J. HENRY, J. TUFFAL (C.E.R.T.-DERA)  
Septembre 1984  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-127-1 FF 110,00

N° 73 : FONCTIONNEMENT DE LA VOIRIE - Un modèle d'aide au diagnostic et à la reconnaissance de tronçons urbains  
G. SCEMAMA - Septembre 1984  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-128-X FF 64,00

N° 74 : SYSTEMES D'AIDE A L'EXPLOITATION ET ALGORITHMES DE REGULATION D'UNE LIGNE D'AUTOBUS  
(Evaluation par simulation) - C. CURE, B. FORASTE - Novembre 1984  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-130-1 FF 81,00

N° 75 : ETUDE DE LA MOTORISATION DES MENAGES PAR L'ANALYSE PROBIT  
P. LEBACQUE, G. CAPLAIN - Avril 1985  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-133-6 FF 57,00

N° 76 : ESTIMATION DE TEMPS DE PARCOURS SUR AXE URBAIN A PARTIR DE TAUX D'OCCUPATION  
S. ABOURS - Février 1985  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-134-4 FF 74,00

N° 77 : ASPECTS METHODOLOGIQUES DES ETUDES DE SUIVI - Applications aux métros lyonnais et lillois  
J.M. OFFNER - Juin 1985  
ISSN 0150-8997 - ISBN 2-85782-135-2 FF 80,00

N° 78 : PHEDRE : UN OUTIL D'EVALUATION D'UN RESEAU URBAIN - Application à la ville de Rennes  
M. DANECH-FAJOUH - Juin 1985  
ISSN 0150-6997 - ISBN 2-85782-136-0 FF 108,00

N° 79 : MODELISATION DE SYSTEMES ELECTRO-MAGNETIQUES PAR LA METHODE DES INTEGRALES DE SURFACE -  
Cas bidimensionnel, statique et linéaire - J.B. AYASSE - G. CAPLAIN (I.R.T.), J.P. LEBAQUE (E.N.P.C.) - Juillet 1985  
ISSN 0150-6997 - ISBN 2-85782-140-8 FF 80,00

## NOTES D'INFORMATION I.R.T. :

N° 1 : ZONES PIETONNIERES EN CENTRE VILLE  
Septembre 1971 (épuisée)

N° 2 : QUATRE EXPERIENCES DE PROMOTION DES TRANSPORTS COLLECTIFS  
Septembre 1973 (épuisée)

N° 3 : VALORISATION D'UNE LIGNE DE TRANSPORT EN COMMUN EN SITE PROPRE  
Avril 1974 (épuisée)

N° 4 : AMENAGEMENT PROGRESSIF DE LIGNES EN SITE PROPRE  
Novembre 1974 FF 15,60

N° 5 : LE BRUIT DU AUX MOYENS DE TRANSPORT  
Septembre 1975

N° 6 : LES TRANSPORTS COLLECTIFS A LA DEMANDE EN GRANDE-BRETAGNE  
Mai 1976 - ISBN 2-85782-008-8 FF 41,60

N° 7 : DESSERTE DES ZONES PIETONNES PAR LES LIGNES D'AUTOBUS  
Mai 1976 - ISBN 2-85782-001-1 FF 36,40

N° 8 : CONSOMMATION D'ENERGIE PAR LES VEHICULES ROUTIERS  
Juin 1976 - ISBN 2-85782-010-0 FF 26,00

N° 9 : LES PRATIQUES ACTUELLES DES RESEAUX D'AUTOBUS EN MATIERE D'INFORMATION  
Avril 1977 - ISBN 2-85782-024-0 FF 27,04

N° 10 : LES MODELES DE DEMANDE EN TRANSPORT INTERURBAIN DE VOYAGEURS  
Juin 1977 - ISBN 2-85782-025-0 FF 41,60

N° 11 : FORMES D'URBANISATION NOUVELLES ET TRANSPORTS EN ZONES PERIPHERIQUES : QUELQUES CAS D'AMENAGEMENT  
A L'ETRANGER  
Novembre 1977 - ISBN 0839-8676 - ISBN 2-85782-029-1 FF 41,60

N° 12 : LES SILENCIEUX D'ECHAPPEMENT DES DEUX ROUES A MOTEUR  
Janvier 1978 - ISBN 0839-8676 - ISBN 2-85782-034-8 FF 20,80

N° 13 : LA POLLUTION DUE AUX MOYENS DE TRANSPORTS  
Mars 1979 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-047-X FF 26,00

N° 14 : CONSOMMATION D'ENERGIE PAR LA CIRCULATION ROUTIERE  
Mai 1979 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-066-6 FF 41,60

N° 15 : BRUIT DU AUX MOYENS DE TRANSPORTS  
Octobre 1979 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-067-4 FF 31,20

N° 16 : LES SERVICES DE TRANSPORTS LOCAUX A L'INITIATIVE DES MUNICIPALITES - AGGLOMERATIONS DE PROVINCE  
Janvier 1980 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-068-1 FF 31,20

N° 17 : L'INCITATION A L'UTILISATION COLLECTIVE DE LA VOITURE PARTICULIERE - BILAN DE L'EXPERIENCE  
AMERIQUE DE «CARPOOL»  
Janvier 1980 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-070-4 FF 52,00

N° 18 : LE POIDS LOURD - CONCEPTION ET FONCTIONNEMENT  
Septembre 1980 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-047-7 FF 104,00

N° 19 : CONFORT DANS L'AUTOBUS - APPROCHE ERGONOMIQUE  
Septembre 1981 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-088-6 FF 88,40

N° 20 : LES DEPLACEMENTS PIETONNIERS - ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE  
Décembre 1981 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-086-0 FF 67,60

N° 21 : LES DEUX ROUES A MOTEUR  
Juin 1982 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-091-7 FF 104,00

N° 22 : LES ODEURS - ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE ET CAS DU TRAFIC ROUTIER  
Juin 1982 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-092-5 FF 41,60

N° 23 : EFFETS DES POLLUANTS AUTOMOBILES SUR LA SANTE  
Octobre 1982 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-093-3 FF 104,00

N° 24 : LES CARBURANTS POUR LES VEHICULES ROUTIERS  
Novembre 1982 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-096-3 FF 88,40

N° 25 : LES DEPLACEMENTS DOMICILE-TRAVAIL  
Avril 1983 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-105-0 FF 52,00

N° 26 : PATHOLOGIE DES CONDUCTEURS ROUTIERS  
Juin 1983 - ISSN 0389-8676 - ISBN 2-85782-110-7 FF 75,00

N° 27 : TRAVAILLER A PARIS - VIVRE A 100 KM  
LES MIGRANTS S.N.C.F. EN GRANDE REGION PARISIENNE  
Décembre 1983 • ISSN 0889-8676 • ISBN 2-85782-113-1 FF 50,00

N° 28 : EFFETS DU BRUIT DE CIRCULATION AUTOMOBILE  
Données psychologiques, physiologiques et économiques  
Décembre 1983 • ISSN 0889-8676 • ISBN 2-85782-114-X FF 105,00

N° 29 : LE DOSSIER DU PLOMB, ADDITIF DES CARBURANTS AUTOMOBILES  
Novembre 1983 • ISSN 0889-8676 • ISBN 2-85782-115-8 FF 50,00

N° 30 : L'AFFECTATION PREVISIONNELLE DES RESSOURCES DANS LE TRANSPORT COLLECTIF URBAIN : LES ENJEUX, LES METHODES ET LES OUTILS  
Décembre 1983 • ISSN 0889-8676 • ISBN 2-85782-117-4 FF 45,00

N° 31 : BIBLIOGRAPHIE SUR LA PLANIFICATION DES TRANSPORTS URBAINS  
Juillet 1984 • ISSN 0889-8676 • ISBN 2-85782-121-2 FF 90,00

N° 32 : ACCESSIBILITE DES TRANSPORTS ET DE LA VILLE AUX PERSONNES HANDICAPÉES  
Août 1984 • ISSN 0889-8676 • ISBN 2-85782-122-0 FF 52,00

N° 33 : LE BRUIT DES TRAINS (aspects physiques et physiologiques)  
Décembre 1984 • ISSN 0889-8676 • ISBN 2-85782-129-8 FF 52,00

N° 34 : LES TRANSPORTS INFORMELS URBAINS DE PERSONNES DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT - Cent références bibliographiques  
Octobre 1984 • ISSN 0889-8676 • ISBN 2-85782-131-X FF 50,00

N° 35 : LE BRUIT DE CONTACT PNEUMATIQUE-CHAUSSEE  
Décembre 1984 • ISSN 0889-8676 • ISBN 2-85782-132-8 FF 90,00

**Les prix indiqués sont T.T.C. (T.V.A. 4 %)**

**(Pour l'étranger pas de T.V.A., déduire 4 % des prix indiqués)**

Les commandes doivent être adressées au Secrétariat Général (Service de publications) • INRETS • B.P. 84 • 94114 • ARCUEIL CEDEX, accompagnées d'un chèque bancaire, mandat ou virement postal à l'ordre de l'Agent Comptable de l'INRETS, C.C.P. PARIS 9070-80 M ou, dans le cas d'une Administration, d'un bon de commande.

## O.N.S.E.R. ACTUALITES :

Bulletin N° 1 : - L'O.N.S.E.R. et la presse  
(janvier 1968) - Le document O.N.S.E.R. : étude comparative des accidents de la circulation en Europe  
- Les enquêtes

Bulletin N° 2 : - Un commentaire de l'O.N.S.E.R. sur les statistiques provisoires des accidents en 1962  
(février 1968) - Grâce au port du casque, on observe une nette réduction du nombre de tués en deux roues  
- Premiers résultats de l'enquête «Kinsey de l'automobiliste» :  
• les conducteurs ne savent pas freiner  
• 51 % d'entre eux sous-estiment les distances d'arrêt

Bulletin N° 3 : - Les pneus inégalement usés favorisent le dérapage  
(mars 1968) - Les premières constatations en faveur des ceintures de sécurité  
- Evolution des types d'accidents de la circulation en France depuis 1955

Bulletin N° 4 : - Pâques 1968 :  
(mai 1968) Par rapport à 1962, 30 % de tués en moins pour une augmentation de circulation de 16 %  
- Quand doit-on considérer qu'un véhicule est surchargé ?  
- Un piéton accidenté sur quatre est un enfant  
- Les fautes majeures du conducteur restent :  
• la vitesse excessive  
• le non-respect de la priorité  
• la conduite à gauche  
• le non-signalement des manœuvres

Bulletin N° 5 : - Les barres de protection à l'arrière des poids lourds réduiront le taux de gravité des collisions par l'arrière  
(juin 1968) - Les défaillances mécaniques d'un véhicule sont responsables d'accidents dans 12 cas sur 100  
- Visibilité, sécurité du dépassement  
- Une étude technique présentée par l'O.N.S.E.R.

Bulletin N° 6 : - Le colloque de Saint-Germain-en-Laye  
(juillet 1968) - Le comportement des piétons dans la traversée des chaussées  
- La circulation en files des véhicules à deux roues  
- Les défauts techniques des véhicules

Bulletin N° 7 : - Alerte aux accidents en ville  
(octobre 1968) - Le coût des accidents corporels de la circulation

Bulletin N° 8 : - La mort frappe à l'avant  
(novembre 1968) - Le français et la moyenne  
- C'est le temps du brouillard  
- Les roues glissent, attention aux pneus

Bulletin N° 9 : - L'expérience des conducteurs et les accidents  
(décembre 1968) - Marche à droite - marche à gauche

- Bulletin N° 10 : • La voiture-laboratoire de l'O.N.S.E.R. révèle les réactions secrètes des conducteurs  
(janvier 1964) • Connaissez-vous votre voiture ?  
• Les accidents dus au verglas coûtent plus cher que les autres
- Bulletin N° 11 : • Evolution des accidents corporels en France entre 1962 et 1963  
(mars 1964) • Un Français sur trois dédaigne encore les passages cloutés  
• Gravité des collisions en fonction de la vitesse des véhicules
- Bulletin N° 12 : • Visibilité des véhicules arrêtés sur la chaussée  
(mai 1964) • Attention au gravillon !  
• Comment effectuer un dépassement ?
- Bulletin N° 13 : • Ivresse et alcoolisme  
(juin 1964) • Les vieilles voitures  
• Les routes à trois voies
- Bulletin N° 14 : • Accidents de la circulation : le danger continue d'augmenter pour les piétons  
(avril 1964) • 50 % des conducteurs sont prêts à se passer d'un compteur de vitesse
- Bulletin N° 15 : • Le laboratoire d'essais de Lyon-Bron  
(octobre 1964) • L'augmentation du taux d'accidents
- Bulletin N° 16 : • Conseils au public  
(décembre 1964) • Transport de bagages sur «deux roues»  
• Les «fous du volant»  
• Largeur des terre-pleins séparant les chaussées
- Bulletin N° 17 : • Conduite en circulation intense  
(mars 1965) • Conducteur fatigué : risque d'accident  
• 8 ans : âge dangereux
- Bulletin N° 18 : • Présentation à la presse du laboratoire d'essais de Lyon-Bron  
(juillet 1965) • Quelques opinions de conducteurs français sur la ceinture de sécurité  
• Baisse de vigilance = accident
- Bulletin N° 19 : • A vitesse raisonnable, le fumeur supporte-t-il mieux la fatigue au volant ?  
(septembre 1965) • Le «Rapport Buchanan» en traduction française  
• La vitesse n'est pas la préoccupation majeure des automobilistes  
• Conférence du Pr L.M. Patrick
- Bulletin N° 20 : • La limitation de vitesse  
(janvier 1966) • Les expériences anglaises et françaises
- Bulletin N° 21 : • Les accidents corporels de la circulation routière en 1965  
(octobre 1966)

Bulletin N° 22 : - Les ceintures de sécurité  
(janvier 1967)

Bulletin N° 23 : - Médecins et ingénieurs confrontent leur point de vue sur les ceintures de sécurité  
(septembre 1967)

Bulletin N° 24 : - Les accidents corporels de la circulation routière en 1966  
(octobre 1967)

Bulletin N° 25 : - 50 % des conducteurs français font toujours confiance à Saint-Christophe  
(décembre 1967)

Bulletin N° 26 : - L'alcool et la conduite des véhicules  
(décembre 1968)

Bulletin N° 27 : - L'efficacité des ceintures de sécurité  
(février 1969)

Bulletin N° 28 : - Réglementation de la vitesse - Opinion des usagers  
(juin 1969)

Bulletin N° 29 : - Une vaste étude clinique des accidents de la circulation routière  
(décembre 1969)

Bulletin N° 30 : - Le point sur les routes à trois voies et sur les autoroutes  
(mars 1970)

Bulletin N° 31 : - Alcool et conduite : «Les Français face au taux légal»  
(avril 1970)

Bulletin N° 32 : - Neuf mois d'expérience de limitation de la vitesse  
(juin 1970)

Bulletin N° 33 : - Limitation de vitesse à 110 km/h - Rapport provisoire (avril 1970 - août 1970)  
(décembre 1970)

Bulletin N° 34 : - Jeunes conducteurs : votre risque d'accident en rase campagne dépasse la moyenne de 48 %  
(mars 1971)

Bulletin N° 35 : - 97,75 % des conducteurs devraient repasser le permis de conduire s'ils étaient soumis à un examen complet  
(avril 1971) sur la signalisation routière

Bulletin N° 36 : • Un tiers seulement des conducteurs savent reconnaître les signaux qui leur indiquent une perte de priorité (décembre 1971)

Bulletin N° 37 : • 9 % des conducteurs impliqués dans un accident corporel dépassent le taux légal d'alcoolémie (mars 1972)

Bulletin N° 38 : • Des preuves de l'efficacité des ceintures de sécurité (juin 1972)

Bulletin N° 39 : • Effet du relèvement expérimental de la vitesse maximale des poids lourds (juin 1972)

Bulletin N° 40 : • Accident, qui est vraiment responsable ? (janvier 1973)

Bulletin N° 41 : • Dans les petites agglomérations, 74 % des conducteurs de voitures particulières rouent au-dessus de la vitesse permise (mai 1973)

Bulletin N° 42 : • L'augmentation de la vitesse de pointe des voitures va de pair avec l'accroissement du nombre et de la gravité des accidents de la route (juin 1973)

Bulletin N° 43 : • Le fait de placer des enfants à l'arrière des voitures aurait épargné en 1972 au moins 820 petites victimes (mars 1974) (tués ou blessés graves)

Bulletin N° 44 : • Un conducteur débutant a besoin de parcourir 3.000 km pour se sentir à l'aise au volant (octobre 1974)

Bulletin N° 45 : • La diminution du nombre des tués en rase campagne hors autoroute est imputable pour 88 % aux limitations de vitesse, 83 % au port de la ceinture et 29 % à l'interaction des deux mesures pour la période de Juillet à Décembre 1973

Bulletin N° 46 : • Les chaussées de béton rainurées ne sont pas dangereuses pour les motocycles (avril 1977)

Bulletin N° 47 : • L'efficacité des pneus avec crampons l'emporte nettement sur celle des pneus antidérapants (février 1978)

Bulletin N° 48 : • Aucun progrès des conducteurs en matière de sobriété au volant (mars 1978)

Bulletin N° 49 : • Poids lourds : danger de la conduite nocturne et des durées excessives de travail (octobre 1978)

Bulletin N° 50 : - L'efficacité de la ceinture de sécurité affirmée par les trois quarts des conducteurs  
(mai 1979)

Bulletin N° 51 : - Comment évolue l'état mécanique des voitures en circulation  
(novembre 1980)

## CAHIERS D'ETUDES :

Bulletin N° 1 : Les accidents sur pistes cyclables  
S. GOLDBERG - J.C. AZERES (septembre 1962)

Bulletin N° 2 : Les accidents de la circulation en fonction de l'âge des conducteurs de véhicules automobiles  
S. GOLDBERG (septembre 1962)

Bulletin N° 3 : Etudes détaillées d'accidents de la route - I - Les facteurs liés à l'infrastructure  
S. GOLDBERG - C. PLANTEVIN - P. DUFLOT (septembre 1962)

Bulletin N° 4 : Un instrument d'étude du comportement des conducteurs d'automobiles : la voiture équipée  
G. MICHAUT (septembre 1962)

Bulletin N° 5 : Etudes détaillées d'accidents de la route - II - Les facteurs liés au conducteur et au véhicule  
P. DUFLOT - F. HOFFMANN (juin 1963)

Bulletin N° 6 : Confrontation de données objectives et subjectives relatives à des épreuves de vigilance  
G. TARRIERE (juin 1963)

Bulletin N° 7 : Etude de la visibilité au sol dans les véhicules automobiles  
E. CHAPOUX (juin 1963)

Bulletin N° 8 : Etude du comportement des conducteurs d'automobiles : conduite en situation monotone  
G. MICHAUT - M. POTTIER (mai 1964)

Bulletin N° 9 : Etude des projections de gravillons par les véhicules automobiles  
H. LEGUEN (mai 1964)

Bulletin N° 10 : Etudes détaillées d'accidents de la route - III - Les victimes  
P. DUFLOT - F. HOFFMAN (mai 1964)

Bulletin N° 11 : Etude biomécanique des traumatismes crâniocérébraux  
M. POTTIER (mai 1965)

Bulletin N° 12 : Quelques aspects psychosociologiques de la vitesse  
M. LUCET (août 1965)

Bulletin N° 13 : Etude de l'influence dans les accidents de l'âge du conducteur, de son expérience de la conduite, de l'âge et de la puissance du véhicule  
F. LEYGUE • P. DUFLOT • F. HOFFMANN (août 1965)

Bulletin N° 14 : Effets de l'oxyde de carbone et de la nicotine en conduite automobile  
F. HARTEMANN • C. TARRIERE (août 1965)

Bulletin N° 15 : Application de techniques électrophysiologiques à l'étude de la conduite automobile  
Melle M.C. PIN (août 1966)

Bulletin N° 16 : Corrélation entre données de vigilance opérationnelle et physiologique  
C. TARRIERE • F. HARTEMANN • M. NIARFEIX (août 1966)

Numéro spécial : Conduite automobile et sécurité - Deux parties  
P.H. Giscard (décembre 1966 - mars 1967)

Bulletin N° 17 : Etude sur l'efficacité d'opérations de sécurité  
F. LEYGUE • P. DUFLOT (janvier 1968)

Bulletin N° 18 : Conduite automobile et charge mentale  
G. MICHAUT (janvier 1968)

Bulletin N° 19 : Les niveaux d'activation lors de différentes situations de conduite  
Melle M.C. PIN • F. LECRET • M. POTTIER (janvier 1969)

Bulletin N° 20 : Le danger des actions aérodynamiques pour la conduite  
F. LEYGUE • P. DUFLOT (février 1969)

Bulletin N° 21 : La notion de priorité de passage et son apprentissage en auto-école  
M. SIMONNET (mars 1969)

Bulletin N° 22 : Représentations, comportements et attitudes des conducteurs avant un long trajet  
J.M. VILLARET • M. LUCET • B. MATALON (septembre 1969)

Bulletin N° 23 : Efficacité comparée de différents systèmes de présentation et d'apprentissage des notions de priorité  
M. SIMONNET (septembre 1969)

Bulletin N° 24 : L'estimation statistique de la propension aux accidents  
D. SROUR (décembre 1969)

Bulletin N° 25 : Etude clinique d'accidents de la circulation routière  
(mai 1970)

Bulletin N° 26 : Tolérance humaine aux chocs  
A. WISNER - J. LEROY - J. BANDET (avril 1970)

Bulletin N° 27 : Prise de risque en automobile : étude expérimentale d'un parcours routier  
M. MONSEUR - G. MALATERRE (juillet 1970)

Bulletin N° 28 : Etude biomécanique de la liaison tête-thorax  
J. BANDET (décembre 1971)

Bulletin N° 29 : Le guidage de la conduite : étude d'un système de guide électronique  
J. CRESPY (février 1972)

Bulletin N° 30 : Sécurité comparée de diverses classes de conducteurs de voitures de tourisme françaises de grande diffusion  
C. BERLIOZ - B. BAYLATRY - C. FILOU (avril 1973)

Bulletin N° 31 : Le contrôle technique des véhicules (Vehitest)  
(novembre 1973)

Bulletin N° 32 : Alcoolémie des conducteurs et accidents de la route  
M.B. BIECHELER - M.C. REMOND (mai 1974)

Bulletin N° 33 : Enseignement programmé des situations de conduite : conception d'un matériel et sa mise à l'épreuve  
D. MOUKHWAS - M. SIMONNET (avril 1974)

Bulletin N° 34 : Contribution au diagnostic des problèmes de sécurité routière des conducteurs débutants  
M. SIMONNET (janvier 1975)

Bulletin N° 35 : Connaissance de la signalisation routière  
B. AVEROUS (avril 1975)

Bulletin N° 36 : Perception et compréhension du panneau «Cédez le passage»  
D. MOUKHWAS (mai 1976)

Bulletin N° 37 : La protection par sacs gonflables  
M. DEJEAMMES - R. QUINCY (septembre 1976)

Bulletin N° 38 : La fatigue des conducteurs  
F. LECRET (septembre 1976)

Bulletin N° 39 : Influence de l'état de la musculature cervicale sur le comportement dynamique du système tête-cou du babouin : étude expérimentale sur banc d'essais et modélisation  
J.P. VERMEEST - F. MARTIN - P. VIVIANI (octobre 1976)

Bulletin N° 40 : Alcool et conduite : préparation d'une campagne d'information  
J. L'HOSTE - M. MOGET - MONSEUR (décembre 1976)

Bulletin N° 41 : Formation du conducteur • Approche psychopédagogique de l'enseignement de la conduite automobile  
C. BLANCHARD - M. NEBOIT (avril 1977)

Bulletin N° 42 : Synthèse de diverses études sur les expériences de limitation de vitesse  
P. de BUHAN - C. FILOU - C. GONTIER - Y. SYSTERMANS (novembre 1977)

Bulletin N° 43 : Synthèse des études sur les pneus à crampons et les antidérapants  
J.L. FAVERO - F. FERRANDEZ (janvier 1978)

Bulletin N° 44 : Influence sociale et sécurité routière : réalisation d'une campagne expérimentale d'incitation au port de la ceinture  
M.J. LABADIE - J. L'HOSTE (juin 1978)

Bulletin N° 45 : La sécurité routière dans l'organisation de la circulation d'une cité en construction. Mission de conseil à la ville  
nouvelle de Vandreuil  
D. MOUKHWAS - N. MUHLRAD (janvier 1979)

Bulletin N° 46 : Identification des mesures de sécurité en zone urbaine (Le Mans)  
F. FERRANDEZ - D. FLEURY (mars 1979)

Bulletin N° 47 : Sécurité et conception des poids lourds  
J.L. FAVERO (mars 1979)

Bulletin N° 48 : Dossier guide sur une procédure d'analyse des zones d'accumulation d'accidents en agglomération  
F. FERRANDEZ - D. FLEURY - G. MALATERRE (octobre 1979)

Bulletin N° 49 : Utilisation des deux roues  
D. FLEURY (mai 1980)

Bulletin N° 50 : Synthèse statistique sur les accidents de deux-roues  
D. FLEURY - S.H. TAN (septembre 1980)

Bulletin N° 51 : Protection des piétons et des deux-roues dans la commune d'Asnières  
N. MUHLARD (septembre 1980)

Bulletin N° 52 : Etude de l'influence des facteurs relatifs à la conception des deux-roues sur leur sécurité par l'examen des  
données accidents  
J.L. FAVERO - F. FERRANDEZ (avril 1981)

Bulletin N° 53 : La visibilité de nuit des plots rétroréfléchissants  
M. BRY (L.C.P.C.) - D. MOUKHWAS (juillet 1981)

Bulletin N° 54 : Vision Exploration Visuelle et Sécurité Routière  
M. NEBOIT (octobre 1981)

Bulletin N° 55 : Etude de la sécurité sur un axe dangereux en zone urbaine  
F. FERRANDEZ - D. FLEURY (mars 1982)

Bulletin N° 56 : L'exploration visuelle du conducteur : rôle de l'apprentissage et de l'expérience  
M. NEBOIT (juin 1982)

Bulletin N° 57 : Intérêt et limites de la simulation dans les études sur le comportement des conducteurs  
M. NEBOIT (septembre 1982)

Bulletin N° 58 : La valeur monétaire d'une vie humaine  
H. DUVAL (mars 1983)

Bulletin N° 59 : Perception et contrôle de la vitesse en conduite automobile  
F. SAAD (octobre 1983)

Bulletin N° 60 : Accidents impliquant des motocyclettes : I - Revue bibliographique  
C. TETARD (novembre 1983)

Bulletin N° 61 : Recherche de méthodes d'analyse des accidents à un niveau global en zone urbaine  
F. FERRANDEZ - D. FLEURY (mai 1984)

Bulletin N° 62 : Contribution à l'analyse du contrôle de la vitesse par le conducteur : évaluation de deux limiteurs  
G. MALATERRE - F. SAAD (octobre 1984)

Bulletin N° 63 : Recherche de la sécurité des petites agglomérations  
D. FLEURY - H. FONTAINE - G. MALATERRE (janvier 1985)

Bulletin N° 64 : Le comportement de base. Normes légales, sociales et individuelles en sécurité routière  
M. MOGET - M.B. BIECHELER (avril 1985)

Bulletin N° 65 : Alcool, conduite et insécurité routière  
M.B. BIECHELER (avril 1985)

Bulletin N° 66 : Estimation du volume de circulation dans l'ensemble des agglomérations de plus de 20.000 habitants et détection de son évolution  
M.A. CAMBOIS - H. FONTAINE (avril 1985)

## ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES :

N° 1 : Formation de l'enfant à la sécurité  
B. OCIO (octobre 1972)

N° 2 : Comparaison des caractéristiques des pare-brise en verre trempé et des pare-brise en verre feuilleté  
D. CESARI et M. RAMET (novembre 1972)

N° 3 : Note bibliographique sur quatre études américaines illustrant la relation entre vitesse et gravité des accidents  
O. TETREL (septembre 1978)

N° 4 : Influence de la consommation de médicaments sur la conduite automobile  
J. CRESPY (janvier 1974)

N° 5 : Rôle de l'anticipation perceptive dans la conduite automobile  
M. NEBOIT (avril 1974)

N° 6 : Revue des connaissances - apport des recherches actuelles en matière de tolérance humaine à l'impact  
A. CHAPON - M. DEJEAMMES (mai 1974)

N° 7 : Les sacs gonflables  
M. DEJEAMMES (janvier 1975)

N° 8 : La signalisation routière : revue de la littérature. Etat présent et perspectives  
D. MOUKHWAS (octobre 1974)

N° 9 : La biomécanique du système tête-cou  
J.P. VERRIEST (mai 1975)

N° 10 : Etat des connaissances sur l'aménagement urbain et la sécurité routière en agglomération  
H. DUVAL (novembre 1978)

N° 11 : Equilibre dynamique latéral des deux roues au voisinage de la ligne droite  
J.L. FAVERO (octobre 1979)

**Tarif des Cahiers d'Etudes et Etudes Bibliographiques :**  
**38,08 F H.T. + 1,52 F (T.V.A. 4 %) = 39,60 Francs**

**Les O.N.S.E.R.-ACTUALITES sont gratuits (parution arrêtée au N° 51)**

Les commandes doivent être adressées au Secrétariat Général (Service de publications) - INRETS - B.P. 34 - 94114 - ARCUEIL CEDEX, accompagnées d'un chèque bancaire, mandat ou virement postal à l'ordre de l'Agent Comptable de l'INRETS, C.C.P. PARIS 9070-80 M ou, dans le cas d'une Administration, d'un bon de commande.

**RAPPORTS INRETS :**

- N° 1 : CARACTERISATION DYNAMIQUE SUR MODELES REDUITS, AU LABORATOIRE DES SIMILITUDES DE VITRY,  
DE NOUVELLES STRUCTURES D'ELECTRO-AIMANTS POUR VEHICULES MAGNETIQUES  
J.P. PASCAL, G. COQUERY, J.L. MAUPU, P. CAROFF - Janvier 1986  
ISSN 0768-9756 - ISBN 2-85782-141-7 FF 50,00
- N° 2 : PREVISIONS GLOBALES DES EMISSIONS DE POLLUANTS AUTOMOBILES EN FRANCE A L'HORIZON 2000  
J. LAMBERT avec la collaboration de E. CHRISTIN, T. JACQUIN, CH. PASCUAL (I.N.S.A. LYON) - Mai 1986  
ISSN 0768-9756 - ISBN 2-85782-142-5 FF 70,00
- N° 3 : MOBILITE URBAINE ET CONSOMMATION DE CARBURANT DANS UNE AGGLOMERATION DU MAGHREB -  
LE CAS DE SFAX  
L. HIVERT, J.P. ORFEUIL - Mai 1986  
ISSN 0768-9756 - ISBN 2-85782-144-1 FF 125,00



**SYNTHESES INRETS :**

N° 1    COMPARAISON DES SYSTEMES DE TRANSPORT HECTOMETRIQUE  
A. BIEBER - J.P. COINDET - B. DUPONT - J.L. MAUPU - Avril 1986  
ISSN 0789-0274 - ISBN 2-85782-143-8 FF 66,00

**Les prix indiqués sont T.T.C. (T.V.A. 4 %)**

**(Pour l'étranger pas de T.V.A., déduire 4 % des prix indiqués)**

Les commandes doivent être adressées au Secrétariat Général (Service de publications) - INRETS - B.P. 84 - 94114 - ARCUEIL CEDEX,  
accompagnées d'un chèque bancaire, mandat ou virement postal à l'ordre de l'Agent Comptable de l'INRETS, C.C.P. PARIS 9070-80 M ou,  
dans le cas d'une Administration, d'un bon de commande.

