

"QUEL TRANSPORT EN SITE PROPRE  
DANS LES VILLES MOYENNES APRES 1992"

COLLOQUE DE BREST  
17 et 18 Octobre 1988

INTERVENTION DE M. Gilles RICONO,  
DIRECTEUR ADJOINT à L'EQUIPEMENT  
lors du COLLOQUE de BREST

Il y a une vingtaine d'années, Monsieur le Président, vous receviez, en tant que Maire de BREST, un jeune étudiant de l'Ecole Supérieure des Transports, Gérard GUYON, devenu un de mes proches collaborateurs, et alors qu'il vous interrogeait sur l'intérêt d'un tramway à BREST, vous lui aviez répondu "aujourd'hui, en 1969, c'est prématuré. Dans vingt ans peut-être..."

Et vous aviez raison.

Pourtant, au début des années 80, qui croyait possible et raisonnable d'envisager ce mode de transport pour des agglomérations de la taille de BREST ? Personne ou presque.

Et ce, pour plusieurs raisons.

Malgré les réflexions engagées par l'Etat avec des spécialistes des transports urbains et des industriels, réflexions qui ont abouti à la mise au point du tramway français standart, ce mode restait quelque peu contesté, un de ses handicaps majeurs étant probablement son image qui semblait à l'époque peu conforme aux exigences affichées de modernité.

Par ailleurs, dans l'esprit de beaucoup et contrairement avec ce que l'on pouvait constater dans d'autres pays européens, s'était établie une sorte de hiérarchie des modes en fonction des tailles des agglomérations :

- plus d'un million d'habitants : le métro
- plus de cinq cent mille habitants : le tramway
- moins de cinq cent mille habitants : le bus

Enfin, et surtout, compte tenu des besoins existants, l'accent était plus volontiers porté sur un développement quantitatif de l'offre (kilomètres supplémentaires en périphérie, amélioration des fréquences en centre-ville) que qualitatif. Et l'aspect économique - malgré des actions souvent importantes visant à améliorer la productivité tant interne qu'externe - n'avait pas la force que lui accordent aujourd'hui et à juste titre les responsables des autorités organisatrices au moment des décisions stratégiques.

Depuis, les choses ont évolué.

Au niveau national, la LOTI, maintenant admise par tous, a rappelé l'intérêt qui s'attache, tant au plan économique que social, au bon fonctionnement des transports urbains.

Cet affichage législatif et réglementaire s'est accompagné d'une politique incitatrice de l'Etat.

- par la généralisation de contrats de développement avec les résultats positifs que l'on sait - BREST en est un bon exemple -

- par l'aide donnée aux Collectivités locales pour s'engager dans l'étude des Plans de Déplacements Urbains.

Je me permets d'insister sur ce point, car à l'évidence, cette approche très transversable et plurimodale des problèmes de transport a conduit les décideurs locaux à mieux appréhender les besoins actuels et futurs de transport collectif, à mieux cerner leur impact sur le fonctionnement urbain et à en déduire la stratégie à adopter en intégrant l'ensemble des paramètres à prendre en compte. C'est d'ailleurs, cette réflexion PDU qui a été, à BREST, à l'origine de l'élaboration du projet tramway.

Au niveau local, l'attention des élus et décideurs se porte de plus en plus sur l'aspect économique. L'on sent bien que la participation des Collectivités Territoriales à ce service public - comme à tout ordre service public d'ailleurs - ne pourra durablement augmenter. Les recettes ne sont pas extensibles (stagnation ou faible évolution du versement transport, contraintes sur les recettes directes qu'elles soient réglementaires ou sociales). De plus, les effets résultant des efforts importants faits ces dernières années en terme de productivité vont être de moins en moins significatifs. Et, dans ce contexte, le transport en site propre lourd peut apporter un élément de réponse.

Enfin, il y a lieu, à mon avis, de prendre en compte les exigences de l'utilisateur. L'utilisateur, qui est aussi consommateur, se voit proposer des produits de plus en plus adaptés à ses besoins. En est-il de même pour le produit "transport" et notamment le produit "transport collectif" ? Ne risque-t-on pas, si on ne prend pas les mesures adéquates visant à améliorer qualitativement ce produit, de s'apercevoir - et ce sera trop tard - une certaine désaffection, et par suite, ne risque-t-on pas de se retrouver dans les conditions difficiles que nous avons connues dans les années 50 et 60 ? Là encore, le TCSP peut être un élément de réponse.

En quoi, ces tendances lourdes appliquées au site de BREST militent-elles pour la réalisation d'un tramway ?

En premier lieu, il nous faut constater que, si l'agglomération brestoise ne compte qu'un peu plus de deux cent mille habitants, sa texture urbaine la rend particulièrement adaptée à ce mode :

- avec une organisation spatiale organisée autour d'une arête centrale de 7 KM joignant les faubourgs au centre-ville - ce qui n'est pas sans rapprochement avec SAINT-ETIENNE -.

- avec une forte concentration autour de cet axe d'équipements générateurs de trafic comme des établissements scolaires, hospitaliers, commerciaux ou tertiaires.

- avec un espace central inextensible qui, si l'on n'y prend garde, arriverait à un engorgement total tant en terme de circulation que de stationnement.

- avec une évolution prévisible de l'urbanisation vers le périurbain mais avec un fort appel de la ville compte tenu des équipements existants.

Tous éléments expliquant que la réalisation du tramway sur ce site entraînerait une clientèle supérieure à celle de la ligne existante actuellement à NANTES.

Sur le plan physique, la configuration de la voirie présente un avantage certain - acquisitions foncières très limitées - et un inconvénient qui n'est pas sans impact, notamment en terme de matériel roulant - j'y reviendrai - inconvénient lié à la topographie qui impose à certains endroits des pentes de l'ordre de 9%.

Mais si les études préliminaires montrent que le mode de tramway paraît bien indiqué au trafic prévisible et, sous réserve d'adaptation du matériel roulant au site, encore faut-il que la faisabilité économique et financière soit établie en terme d'investissement et en terme de fonctionnement.

En ce qui concerne l'investissement, il y a lieu de réduire au maximum les coûts tant en infrastructures qu'en matériel roulant.

Sur le plan infrastructures, on a vu que la situation était relativement favorable compte tenu des faibles acquisitions foncières et du peu d'ouvrages spécifiques à réaliser. Il n'en reste pas moins que toute solution visant à réduire ce coût doit être recherchée. Je pense notamment à la réduction de la charge par essieu qui doit permettre, d'envisager une pose de voie à faible profondeur.

En ce qui concerne le matériel roulant, le site de BREST impose un certain nombre de contraintes qui ne sont sans doute pas spécifiques à cette ville. Je cite les problèmes de gabarit, de rampe ou de courbure, tous problèmes techniques devant être résolus dans une enveloppe financière raisonnable. Les réponses à ces questions existent, notamment l'adhérence totale indispensable pour franchir les plus fortes rampes en mode dégradé mais aussi pour assurer un service normal dans des conditions convenables d'usure du matériel.

A ces contraintes s'ajoute celle concernant la capacité, de façon à ne pas bouleverser l'économie du projet en obligeant l'achat d'un nombre plus élevé de rames pour éviter l'abaissement des fréquences et celle concernant l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite.

Je suis conscient des problèmes posés à ce niveau mais le pari de mise au point d'un matériel roulant répondant à ce cahier des charges avec une bonne maîtrise des coûts doit être gagné. En tout état de cause, la poursuite de la réflexion actuellement engagée s'impose car elle est un des éléments de réponse à la question posée "Quel transport en site propre dans les villes moyennes en 1992 ?"

Sur les bases des estimations faites avec des hypothèses d'un coût kilométrique de ligne (hors matériel roulant) de 53.5 MF et d'un coût unitaire de matériel roulant de 8 MF, soit une dépense globale de 773 MF pour les 11,5 Km de ligne, l'analyse financière confirme la faisabilité financière du projet envisagé. Je ne m'apesantirai pas plus avant sur ce point qui sera évoqué par d'autres intervenants.

Enfin, je voudrais ici souligner l'intérêt pour une agglomération comme BREST d'une opération de cette nature :

- amélioration quantitative et qualitative du service offert non seulement pour les usagers résidant dans la zone d'influence du tramway mais aussi pour ceux résidant en périphérie.

- amélioration de l'environnement urbain, exemples de ST-ETIENNE, NANTES et GRENOBLE, sont à cet égard très explicites.

- amélioration sur l'activité économique notamment TP pendant les travaux à un moment où les grands investissements routiers s'achèvent.

- enfin, et surtout amélioration de l'image de la ville et de son agglomération car aujourd'hui plus personne ne conteste que le tramway est un produit de l'avenir et non pas du passé.

En conclusion, et avant de laisser la parole à MM WIEL et CHRISTEN qui évoqueront plus en détail les problèmes spécifiques brestois, je voudrais vous faire part à titre personnel, de mes craintes quant à l'avenir des transports urbains, si des initiatives ne sont pas prises à brève échéance.

L'utilité économique et sociale des transports urbains n'est plus à démontrer. Et si les "comptes transports" étaient établis, on s'apercevrait très probablement que leur intérêt est encore plus important qu'on ne le pense généralement. Mais la situation reste très fragile et s'y l'on n'y prend garde, le renouveau de ce mode de transport auquel nous avons assisté depuis une vingtaine d'années risque de s'étioier. Dans un environnement qui bouge, marqué de plus en plus par des exigences de qualité de la part des usagers et par le souci exprimé des élus d'éviter des dérives financières trop importantes, le moment me paraît venu de se repositionner sur les plans institutionnels, économique et technologiques.

Le thème de ce colloque me paraît être dans ce cadre un point d'entrée intéressant car très transversal par rapport à ces préoccupations.

Merci de votre attention.





agence d'urbanisme  
de la communauté urbaine de brest  
et de son environnement

REF : 88/M.W.-M.B./N° 127

brest , le SEPTEMBRE 1988

L'APTITUDE DES VILLES MOYENNES FRANCAISES

A ACCUEILLIR UN SITE PROPRE

---





L'objet de cette intervention - aptitude des villes moyennes françaises à accueillir un site propre - est à resituer dans le contexte qui l'a motivé.

Au début de cette année 87, suite à des premiers contacts avec les représentants de l'Etat et certains constructeurs, élus et techniciens travaillant sur le dossier brestois nous étions très intrigués de savoir si les conclusions partielles auxquelles nous étions arrivés étaient aussi valables pour d'autres villes. En particulier, les caractéristiques du relief de la ville de BREST nous avaient amené à préconiser un matériel roulant quelque peu différent de ceux mis en oeuvre à GRENOBLE ou NANTES. Etions-nous un cas particulier totalement atypique ou au contraire représentatif d'une fraction des villes françaises concernées. Nous avons dès lors entrepris de visiter un certain nombre de villes et avec l'aide de nos interlocuteurs locaux (exploitants, techniciens des syndicats de transport ou de la municipalité, des agences d'urbanisme, etc...) à essayer de nous faire une philosophie globale du "marché" en quelque sorte du transport en commun en site propre (et tout particulièrement du matériel que nous préconisions pour BREST : un tramway à adhérence totale et à faible charge à l'essieu) dans les villes moyennes françaises.

L'échantillon des villes visitées a été défini de la façon suivante :

- Absence d'étude du TCSP très récente ou en cours ou TCSP déjà réalisés (impliquant un matériel différent de l'autobus ou du trolley)... Ceci nous a amené à exclure la majeure partie des agglomérations françaises les plus importantes.

- Versement transport supérieur à 40 millions de francs par an en 1986, (au taux de 1 %) pour ne garder que les villes nous paraissant disposer des ressources financières suffisantes. Ce seuil a évidemment quelque chose d'arbitraire, mais nous n'avions pas la prétention de faire un travail exhaustif. 16 villes répondaient à ces critères, 13 ont fait l'objet d'analyses plus ou moins sommaires ou plus ou moins approfondies, 3 (VALENCIENNES, MONTPELLIER et NANCY) n'ont pu être visitées dans les délais impartis pour ce travail, mais des informations concernant VALENCIENNES ont pu être recueillies.

Ces 13 villes sont rangées selon l'importance de leur VT, CLERMONT FERRAND, ORLEANS, TOURS, NICE, TOULON, DIJON, CAEN, LE MANS, ANGERS, METZ, DUNKERQUE, AMIENS, LE HAVRE.

Nos conclusions sont loin d'être formelles et quelque fois étayées sur des intuitions qui nécessiteraient vérification. Elles aident en tout cas, croyons-nous, à poser les termes d'un travail restant à faire de façon beaucoup plus systématique et avec des moyens d'investigation plus conséquents. Ce colloque est également pour nous l'occasion de rendre compte collectivement aux villes que nous avons visitées, des observations que ces visites nous ont inspirés.

Que cherchions-nous au juste ? Principalement à dégager une ou plusieurs hypothèses de tracé à partir de la morphologie urbaine et en s'aidant des performances des réseaux de bus existant de façon à rapidement repérer les types de contraintes d'insertion rencontrées, les virtuels enjeux d'urbanisme associés à un site propre et le type de restructuration du réseau susceptible de maximiser la charge du TCSP.

Nous ne rentrerons pas ici dans tous les détails de ces analyses, mais tenterons plutôt de proposer une première synthèse de ces observations et finalement de typologie des villes analysées.

## 1 - L'APTITUDE "PHYSIQUE"

L'aptitude physique recouvre plusieurs notions...

La première renvoie à la morphologie urbaine générale, plus ou moins propice à un transport collectif en site propre.

La deuxième correspond aux virtuelles difficultés d'insertion urbaine qui dépendent principalement des caractéristiques du système de voirie.

### 1.1. - Morphologie urbaine générale

Nous distinguerons trois catégories d'agglomérations :

a) Celles dont la forme est particulièrement propice à l'organisation d'un T.C.S.P., constituant l'épine dorsale d'un système de transports collectifs.

Il s'agit des agglomérations de forme linéaire ou structurées sur deux pôles assez proches pour définir un couloir de transport principal.

DUNKERQUE, TOULON, CLERMONT-FERRAND et TOURS rentrent à notre avis dans cette catégorie. Pour ces trois dernières peut se poser la question de réaliser une deuxième ligne.

b) Celles dont la forme est particulièrement peu propice au T.C.S.P. Il s'agit moins des agglomérations radioconcentriques, que celles où les pôles urbains principaux sont trop éloignés les uns des autres. A égalité de population desservie, les coûts d'infrastructures nouvelles s'en trouvent majorés en pénalisant l'économie du projet.

3

Dans cette catégorie, nous mettons VALENCIENNES et ORLEANS. Dans ces villes, il nous paraît plus raisonnable, si on cherche à créer un transport en site propre, d'examiner de nouveaux usages des infrastructures routières ou ferroviaires existantes.

c) Entre ces deux extrêmes, se situent les autres agglomérations, qui plutôt radioconcentriques que linéaires, ont toutefois des couloirs de déplacements principaux qui s'identifient suffisamment clairement en général, parce qu'à leur extrémité se situe une forte concentration d'habitat : (relevant des politiques d'urbanisme d'après-guerre : grands ensembles, Z.U.P., ou grandes Z.A.C.).

Il est fréquent que se dégagent trois couloirs de transports, le troisième étant moins important et posant la question de l'existence virtuelle d'une 2ème ligne (ANGERS, CAEN, METZ, LE HAVRE). Le cas de DIJON avec ces cinq couloirs de transports est un cas très particulier dans l'ensemble de l'échantillon.

## 1.2. - Les contraintes d'insertion

Dans chaque agglomération, sauf peut-être pour LE HAVRE pour la première ligne, nous rencontrons des problèmes d'insertion, c'est-à-dire des arbitrages délicats entre différents usages de la voirie (piétons, automobilistes, transport en site propre). Mais dans toutes les agglomérations sauf quatre, il s'agit de problèmes très ponctuels et solubles par des artifices qui relèvent du plan de circulation (mise à sens unique, plateau piéton-tram, etc...) ou d'aménagements (acquisitions foncières, et exceptionnellement création d'arcades, ouvrages d'art nouveaux). Dans un certain nombre de cas sur quelques dizaines ou centaines de mètres, le maintien rigide du principe du site propre paraît bien coûteux, d'autres moyens pouvaient garantir une régularité et une vitesse commerciale suffisantes.

VALENCIENNES n'ayant pas fait l'objet de visite sur le terrain, sur les 13 villes visitées, quatre posent des problèmes qui ne peuvent pas être qualifiés de "ponctuels" : ORLEANS, DIJON, METZ, et NICE.

- Pour ORLEANS, la cause en est l'exiguïté du réseau de voirie non pas dans le centre mais aux abords du centre et en périphérie, au moins dans certaines directions. Une ligne combinant l'usage de la voie ferrée et des emprises routières paraît envisageable entre le Sud et l'Est, mais l'inconvénient de cette solution est que si on joue le tramway sur cette ligne, on utilise des emprises importantes dans la voirie du centre sans avoir éliminé le besoin de couloirs de bus pour les autres lignes urbaines.

- Dans le cas de DIJON et METZ, le problème est celui des caractéristiques de la voirie dans le centre ancien. La solution préconisée pour éviter des interventions traumatisantes est la boucle à sens unique dans le centre pour certaines lignes radiales.

Dans le cas de NICE, nous nous trouvons en présence d'une ville particulièrement dense, enserrée dans un relief très contraignant, avec de fortes pointes estivales de trafic automobile. Cette configuration exigera très probablement des solutions souterraines difficiles à préciser sans études approfondies.

Les problèmes d'insertion propres à chaque ville réagissent-ils sur le choix du matériel ? Chaque tracé identifié pour chaque ville même s'il était globalement le meilleur, comporte de nombreuses variantes qui empêchent d'avoir une réponse nette sur la largeur des véhicules ou les rayons de giration. Le travail entrepris serait donc à poursuivre. Concernant le problème de pente par contre, les secteurs "pentus" sont clairement identifiés et se rapportent aux agglomérations du HAVRE, TOURS, LE MANS, CAEN et CLERMONT-FERRAND, (auxquelles nous pouvons rajouter les virtuelles extensions de ROUEN) mais à des niveaux toujours moindres - en nombre de kilomètres avec pente - que BREST.

## 2. L'APTITUDE EN TERME DE "DEMANDE"

En référence avec les études en cours, où les résultats d'exploitation des villes déjà doté de T.C.S.P., l'ordre de grandeur de 10 millions de voyageurs annuels sur sept à dix kilomètres de lignes paraît nécessaire pour commencer à justifier de recourir à des solutions de type tramway. Ce seuil est à interpréter avec précaution. Nous ne voulons ni dire qu'avec un couloir de déplacements comptabilisant 10 millions de voyages, le tramway est une solution nécessaire, ni que au-dessous de ce seuil, le tramway est a priori à écarter. Tout au plus, pensons-nous raisonnable d'émettre des doutes sur l'intérêt du tramway au-dessous du seuil, et ne plus en avoir au-dessus si dans ce dernier cas cet intérêt se mesure à l'absence de surcapacité à l'heure de pointe, (sans avoir à trop espacer les passages).

La distribution du nombre annuel de voyages était le suivant en 1986 :

NICE	: 41 Millions	VALENCIENNES	: 19 Millions
DIJON	: 36 "	LE HAVRE	: 19 "
CLERMONT-FERRAND	: 26	METZ	: 19
TOURS	: 22	AMIENS	: 17
TOULON	: 22	DUNKERQUE	: 11
OLEANS	: 21		
LE MANS	: 21		
CAEN	: 21		
ANGERS	: 20		

Un grand nombre de villes ont un nombre de voyages très voisin. 9 villes entre 19 et 22 Millions de voyages. Pour ces villes, il convient de capter près de 50 % de la clientèle du réseau.

Cela ne paraît pas possible pour ORLEANS et VALENCIENNES pour les raisons précédemment évoquées, très probable sinon certain pour la plupart des villes. A coût équivalent au HAVRE et à METZ cela paraît possible mais mérite une vérification plus fine. Pour AMIENS et DUNKERQUE, il paraît beaucoup moins évident d'atteindre cet objectif.

Le cas très particulier de DUNKERQUE mérite d'être signalé. L'organisation actuelle du réseau profite très peu, semble-t-il, du caractère avantageux de la morphologie urbaine générale et le ratio du nombre de voyages par habitant est particulièrement bas, (54 pour 88 dans la classe de villes dont fait partie DUNKERQUE). Ceci laisse présager un impact virtuellement très élevé sur la fréquentation des transports collectifs, d'un changement d'organisation. Donc, là encore, des études plus approfondies seraient nécessaires pour assurer un diagnostic.

### 3 - L'APTITUDE FINANCIERE

Les simulations financières réalisées à l'occasion des divers projets ou réalisations démontrent surtout deux résultats généraux à notre avis très importants.

. Le gain de productivité et le surcroît de recette dans le budget d'exploitation peut varier d'une ville à l'autre suivant la morphologie urbaine, la desserte préexistante, etc... mais le résultat essentiel est que le T.C.S.P. et plus particulièrement le tramway, en rendant concevable la multiplication des correspondances et des gains de clientèle plus élevés, est la meilleure garantie de la maîtrise à terme de la dérive des coûts.

. L'essentiel du financement de l'investissement est généralement assuré par le V.T.

A partir de cette dernière observation, nous nous sommes livrés à un exercice évidemment très théorique mais qui a quand même, croyons-nous, l'avantage de clarifier le problème. Ces résultats sont évidemment à utiliser avec prudence, car ils ne visent à repérer que les ordres de grandeurs. La méthode a consisté à remplacer dans les simulations financières réalisées à BREST le V.T. par celui des diverses agglomérations étudiées et à calculer de la sorte la longueur des lignes qui pouvaient être construites en conservant un coût moyen du projet au kilomètre réalisé identique (70 MF).

AGGLOMERATIONS	LONGUEUR DU RESEAU POSSIBLE AVEC CONDITIONS BRETOISES	ESTIMATION DE LA LONGUEUR DU RESEAU NECESSAIRE	
		1° ligne	Total à terme envisageable
TOULON	14,8	11	16
NICE	15,1	11	24,5
TOURS	15,9	11	17
CLERMONT-FERRAND	16,3	8	18
LE HAVRE	9	7	12
ORLEANS	15,9	8	8
DIJON	13,9	17	17 ou 22
ANGERS	11,8	7	11,5
DUNKERQUE	9,7	11	11
METZ	10,5	9	16,5
LE MANS	12,5	8	12
CAEN	13,5	8,5	12,5
AMIENS	9,6	8	14

Si le montant du coût kilométrique des projets augmente (rappelons que pour REIMS, le coût est de 100 MF le Km et ROUEN 170) la longueur du réseau réalisable - sans appel au contribuable - diminue ou il est décidé de recourir à un financement par l'impôt.

Nos investigations ne nous permettent pas de conclure pour les différentes villes analysées que le prix moyen kilométrique du projet bretois soit possible partout car ce serait préjuger des arbitrages entre des solutions préférant ponctuellement ou de façon généralisée des passages en souterrain ou en aérien ou la nécessité de divers ouvrages

Par contre, nous mettons ici en évidence l'intérêt qu'il peut y avoir si on cherche à poursuivre l'objectif d'un réseau suffisamment développé à terme, de se rapprocher des prix "bretois" si on souhaite éviter de trop peser sur l'impôt local. La crédibilité du tramway, et tout particulièrement pour les villes à faible V.T. par habitant, passe donc bien par la maîtrise de l'ensemble des coûts des projets, et il s'agit moins de la réalisation de la première ligne que de la virtualité de réaliser assez vite leur réseau suffisamment complet pour permettre l'éviction de la majorité des autobus du centre.

#### 4. LES ENJEUX D'URBANISME

Les raisons qui militent pour le choix d'un T.C.S.P. relèvent de :

- . la politique des déplacements (plus de services à moindres coûts d'exploitation et maîtrise de la place occupée par chaque mode de transport).

- . de préoccupation d'image de marque et de promotion économique de l'agglomération.

- . de la politique d'urbanisme.

Nous évoquerons ci-après les enjeux d'urbanisme repérés à l'occasion de nos visites dans ces villes.

Nous évoquerons tout d'abord quelques enjeux plus spécifiques à une ville ou quelques villes

##### 4 a - Enjeux spécifiques

- . Confirmer, susciter ou favoriser la diversification (commerces plus services) d'un centre secondaire en élargissant son aire d'influence par création d'une gare de correspondance où confluent plusieurs lignes de rabattement. Un réseau de bus non hiérarchisé ne le permet pas. Un TCSP peut l'induire, mais c'est plutôt une opportunité à saisir, qu'une conséquence mécanique à DUNKERQUE (Centre de Grande Synthèse), CAEN (Centre d'HEROUVILLE), TOULON (La Valette, La Seyne) sont dans ce cas.

- . Donner des conditions d'accessibilité exceptionnelle à une grande opération d'urbanisme se trouvant sur le tracé et favoriser de la sorte, soit sa plus rapide commercialisation, soit sa prétention à l'originalité de son contenu... (technopôle, pôle de loisirs, etc...).

La meilleure illustration de cette opportunité est celle de l'agglomération de TOURS avec l'opération des bords du Cher entre JOUE et TOURS. De même, les opérations gare et plus particulièrement associées à l'arrivée du T.G.V. peuvent bénéficier par le TCSP d'un avantage de position accru. (LE MANS, TOURS, DIJON). Les autres exemples sont moins probants du fait que les lignes envisagées passent prioritairement pour justifier leur charge au sein des secteurs les plus denses des agglomérations.

- . Souder des développements a priori centrifuges de centre ville dont les diverses fonctions tendent à s'autonomiser spatialement (LE HAVRE est peut être le meilleur exemple).

Un autre type de virtualité, mais tout à fait spécifique au cas dynkerquois, est le fait que la conurbation littorale en gestation dont elle fait partie, se prolonge en BELGIQUE où existe un réseau de tramway de type suburbain (interstation d'1 km). L'intégration des deux réseaux à cheval sur la frontière peut avoir un impact, en particulier en matière de marché des activités de loisirs-tourisme.

#### 4 b - Enjeux plus globaux

Mais au-delà de ces cas particuliers, la création de TCSP dans les villes moyennes impliquant un fonctionnement hiérarchisé du réseau concourt à plusieurs objectifs majeurs de politiques urbaines susceptibles de devenir, de façon accrue, d'actualité dans les décennies à venir.

1. Le recentrage des agglomérations après la périurbanisation galopante de la dernière décennie.
2. La promotion des centres villes
3. L'organisation de l'appareil de formation.
4. Les interventions lourdes dans les quartiers de concentration du logement social.

Ces quatre objectifs sont des façons différentes d'illustrer le vaste mouvement de "recomposition de la ville sur elle-même", de "ré-élaboration" qui s'est amorcé récemment succédant aux diverses formes d'extensions spatiales d'après guerre. La création de TCSP nous paraît en pleine conformité avec cette nouvelle tendance de fond. Il rend visible le lien qui unit dans chaque ville, la ville ancienne dense inadaptée à la voiture et les secteurs les plus denses d'une périphérie adaptée à la voiture mais au prix généralement d'un étiolement peu structuré.

Reprenons rapidement ces quatre grandes catégories d'actions pour essayer d'en préciser les contours.

Le recentrage et la réhabilitation diffuse. La meilleure illustration est fournie par les processus d'aménagement induits à GRENOBLE et FONTAINE, villes qui par les contraintes de son site montagneux pouvaient moins que tout autre se satisfaire des conséquences de la périurbanisation diffuse qui exige la disponibilité de vastes espaces. Les espaces délaissés sont l'occasion de réinvestissements. Le T.C.S.P. en constitue le catalyseur.

La promotion du centre-ville est le repositionnement de celui-ci face à la concurrence périphérique. L'avantage d'accessibilité gagné s'ajoute à l'opportunité de rénover en le requalifiant l'espace public et en introduisant dans ce nouveau traitement, une dimension culturelle. L'exemple de LYON est intéressant. Les centres reconstruits nombreux dans notre échantillon ont besoin de renforcer leur animation et de compenser leur "déficit symbolique", le T.C.S.P. peut susciter une telle dynamique ou l'amplifier.



L'organisation géographique des organismes de formation, leur répartition dans l'espace devrait être affecté par la croissance prévue dans ce domaine dans les décennies à venir. Densification des campus ou nouveaux regroupements, dispersion de l'habitat étudiant, etc... sont autant de choix qui peuvent interférer avec l'existence ou non d'un T.C.S.P. La strate des villes françaises que nous avons étudiée est précisément celle où la fonction universitaire est relativement importante dans le fonctionnement général.

Enfin, la rénovation lourde de quartiers de logement social est une donnée prospective très vraisemblable. Or, les transports en commun en site propre longent ou traversent ces quartiers participant de leur désenclavement. Ils rendent beaucoup plus crédible la recomposition à terme de ces quartiers par incorporation d'équipements nouveaux (à rayonnement débordent très largement le quartier) par destruction, reconstruction et commercialisation s'adressant à des couches sociales ou de types d'usagers plus diversifiées.

Les transports en commun en site propre sont donc des points d'appui d'une politique d'urbanisme de retour sur la ville (de reconquête urbaine) après une longue phase consacrée à la production de quartiers nouveaux parallèlement à la mise en place d'une politique de grande voirie. Il est vraisemblable que les générations à venir retiendront surtout ce fait même si paradoxalement en FRANCE les finalités de telles opérations sont habituellement étayées avec des arguments qui relèvent presque exclusivement de l'économie des transports.



COLLOQUE DE BREST

17 ET 18 OCTOBRE 1988

Intervention de Monsieur Gérard GUYON (D.D.E. Du Finistère):

LA RELATION ENTRE LE CHOIX DU MATERIEL ROULANT  
ET LES COÛTS D'INFRASTRUCTURES.

1ère partie: LES TYPES D'INFRASTRUCTURES T.C.S.P.

Dans l'état actuel des technologies, on peut recenser cinq types principaux de TCSP:

- Les sites propres routiers pour véhicules non guidés;
- Les sites propres routiers pour véhicules guidés;
- Les sites propres ferrés de surface franchissables (tramways);
- Les sites propres ferrés franchissables avec ouvrages (semi-métros);
- Les sites propres non franchissables souterrains ou aériens (métros).

1) Les sites propres routiers pour véhicules non guidés:

Il s'agit de portions de voirie réservées en principe exclusivement aux seuls autobus ou trolleybus.

La délimitation du site propre peut être réglementaire (trait de peinture) ou physique (bordurettes ou obstacles).

Il existe aussi des sites propres routiers constitués d'une route ordinaire (largeur de 7 m plus accotements), franchissables ou non à niveau, réservés aux seuls autobus ou trolleybus avec systèmes d'interdiction d'accès réglementaires (panneaux) ou physiques (barrières, verrous végétaux etc...).

Les sites propres installés sur voirie existante se trouvent en général sur les secteurs les plus critiques du réseau (Centres-Ville) et servent en priorité à résoudre, au profit du transport collectif, un problème de point noir circulatoire. L'effet recherché est moins celui de l'augmentation de la vitesse que le maintien d'une régularité convenable.

Les sites propres sur route réservée sont au contraire souvent construits en périphérie pour améliorer la vitesse. De telles réalisations sont en fait plutôt rares car il s'agit d'infrastructures coûteuses concernant a priori un trafic de banlieue en général assez faible.

Le critère essentiel d'efficacité de ce type de TCSP est d'abord le respect du site propre par les autres usagers ce qui suppose la mise en oeuvre de moyens empêchant ou dissuadant fortement toute intrusion.

Des marquages au sol ne coûtent pas grand chose mais leur efficacité n'existe vraiment qu'associés à la circulation des bus à contresens dans les rues à sens unique.

La présence d'obstacles physiques longitudinaux accroît l'efficacité mais aussi le coût de l'infrastructure ainsi que sa largeur.

Le coût réel d'un tel TCSP est par conséquent celui d'une route à 2 voies augmenté le cas échéant:

- D'un renforcement de la chaussée si le trafic est intense;
- du coût des systèmes de protection, voire d'accès;
- du coût, le cas échéant, d'acquisitions foncières.



Au total le montant des investissements nécessaires pour les infrastructures peut varier de quelques milliers de francs jusqu'à environ 20 millions de francs dans le cas d'une protection complète.

Par contre il n'y a pas en principe d'interaction entre infrastructures et véhicules, tout autobus ou trolleybus, standart ou articulé, étant susceptible d'emprunter le site propre.

L'expérience ayant démontré que ce type de TCSP ne modifie pas véritablement la nature du réseau mais lui apporte un perfectionnement technique en termes de vitesse et de régularité, il semble que le choix apparaisse légitime:

- Lorsque tout autre choix est économiquement impossible;
- Lorsque tout autre choix, compte tenu de la taille de la ville ou du volume de trafic n'apporterait pas de gains de productivité significatifs;
- Lorsque, à l'inverse, le réseau s'étant déjà structuré autour d'un TCSP plus lourd, il apparaît opportun d'améliorer la qualité des rabattements.

Enfin, il ne faut pas ignorer les deux contraintes principales de ce type de TCSP:

- a) Leur emprise au sol importante (souvent 8 à 9 m en largeur) les rend très contraignants à insérer dans les centres-ville et peut entraîner une forte nécessité d'exclusion de l'automobile;
- b) Les gains de productivité sont limités par la difficulté de faire accepter les correspondances bus-bus. D'autre part, les "trains de bus" en zone urbaine sont mal ressentis par les riverains.

## 2) Les sites propres routiers pour véhicules guidés:

Les systèmes actuellement connus (O-Bus, Tribus et GLT) sont encore expérimentaux et de nombreuses inconnues subsistent.

Toutefois on peut retenir deux idées principales:

- L'adéquation véhicule / infrastructure est cette fois totale. Les véhicules existants sont encore quasi expérimentaux et leur prix de revient réel à la place / km offerte ainsi que leur longévité n'est pas bien connue.
- Les infrastructures sont constituées de pistes de roulement associées à des systèmes de guidage (certains infranchissables à niveau). Dans l'état actuel des connaissances il semble que le coût d'infrastructure soit du même ordre que celui d'un tramway.

L'avantage le plus souvent avancé pour justifier ces systèmes serait leur flexibilité leur permettant de rouler tantôt en site propre, tantôt en site banal.

Dans la pratique, cet avantage ne peut être acquis qu'au détriment de la productivité puisque le site banal abaisse les performances de la ligne. De plus, pour les mêmes raisons que précédemment ces systèmes n'éviteraient pas l'apparition du phénomène du "train de bus".

Il semble donc qu'à l'heure actuelle le développement de tels systèmes dans des villes moyennes reste hypothétique car:

- Les risques liés à l'aspect expérimental n'ont pas encore totalement disparus et sont difficilement assumables par une ville moyenne;
- Les coûts d'infrastructure sont au moins équivalents à ceux d'un tramway et la preuve n'est pas encore apportée que les coûts d'exploitation soient moindres;

Il n'est donc certes pas exclu que ces systèmes puissent trouver une solution industrielle dans l'avenir, mais il est probable que leur créneau d'utilisation sera identique à celui des actuels véhicules routiers, le guidage en site propre permettant une meilleure efficacité de celui-ci ainsi qu'une relative réduction des emprises, mais probablement au prix d'un alourdissement des infrastructures.

### 3) Les TCSP de type tramway:

Si le tramway jouit actuellement en France d'un grand regain de faveur, c'est paradoxalement, et pour une grande part, à l'excellence de la gestion des réseaux routiers de transport collectif qu'il le doit.

En effet, toutes les ressources des technologies autobus ou trolleybus ont désormais été mises en oeuvre, et la mutation modale apparaît maintenant comme le passage obligé vers de nouveaux gains de productivité.

Le tramway permet la mise en oeuvre de réseaux hiérarchisés autour d'axes structurants où l'on peut instituer des rabattements efficaces optimisant le rapport entre le trafic et les moyens mis en oeuvre. Comme pour tous les systèmes ferroviaires, cette technologie permet également un fort accroissement des capacités sans modification structurelle des infrastructures.

Le choix du tramway en surface dans sa conception moderne, c'est à dire majoritairement en site propre, résulte de choix à la fois économiques, urbanistiques et techniques:

Les choix économiques sont d'autant plus contraignants que les ressources de la ville sont limitées. Il s'agit essentiellement de rechercher de forts gains de productivité pour un coût d'investissement le plus faible possible.

Les choix urbanistiques sont liés à la volonté de privilégier la visualisation du transport et son accessibilité directe ainsi que la plus grande souplesse d'insertion sans toucher, ou le moins possible, au tissu urbain existant. Sur ce point, la faible largeur d'emprise du tramway permet souvent de résoudre des problèmes ponctuellement délicats, notamment dans les centres-ville anciens et denses.

Les choix techniques, notamment touchant aux caractéristiques du matériel roulant, permettent de contenir les coûts d'infrastructures dans des limites qui rendent ce type de TCSP accessible à la plupart des villes moyennes.

En effet, l'étude de réalisations récentes permet de se rendre compte que les coûts d'établissement d'un tramway en surface se situent dans une fourchette plus large qu'on ne le pense ordinairement car certains éléments d'investissement parmi les plus coûteux comme le génie civil et les techniques de pose de voie peuvent varier assez fortement.

Voici, à titre d'exemple 5 techniques différentes utilisées en Europe:

- 1) Saint Etienne (France)
- 2) Brunswick (RFA)
- 3) Zürich (Suisse)
- 4) Turin (Italie)
- 5) Grenoble (France)

# St ÉTIENNE

( 5 )

## SITE PROPRE REVETU

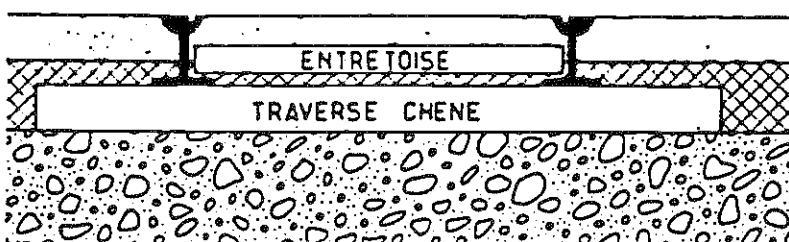
6 cm  
12 cm  
12 cm  
30 cm



BETON BITUMINEUX 0/10  
GRAVE BITUME 0/20  
GRAVE 0/40  
GRAVE 0/80

## SITE PROPRE SOL STABILISE

12 cm  
18 cm  
30 cm

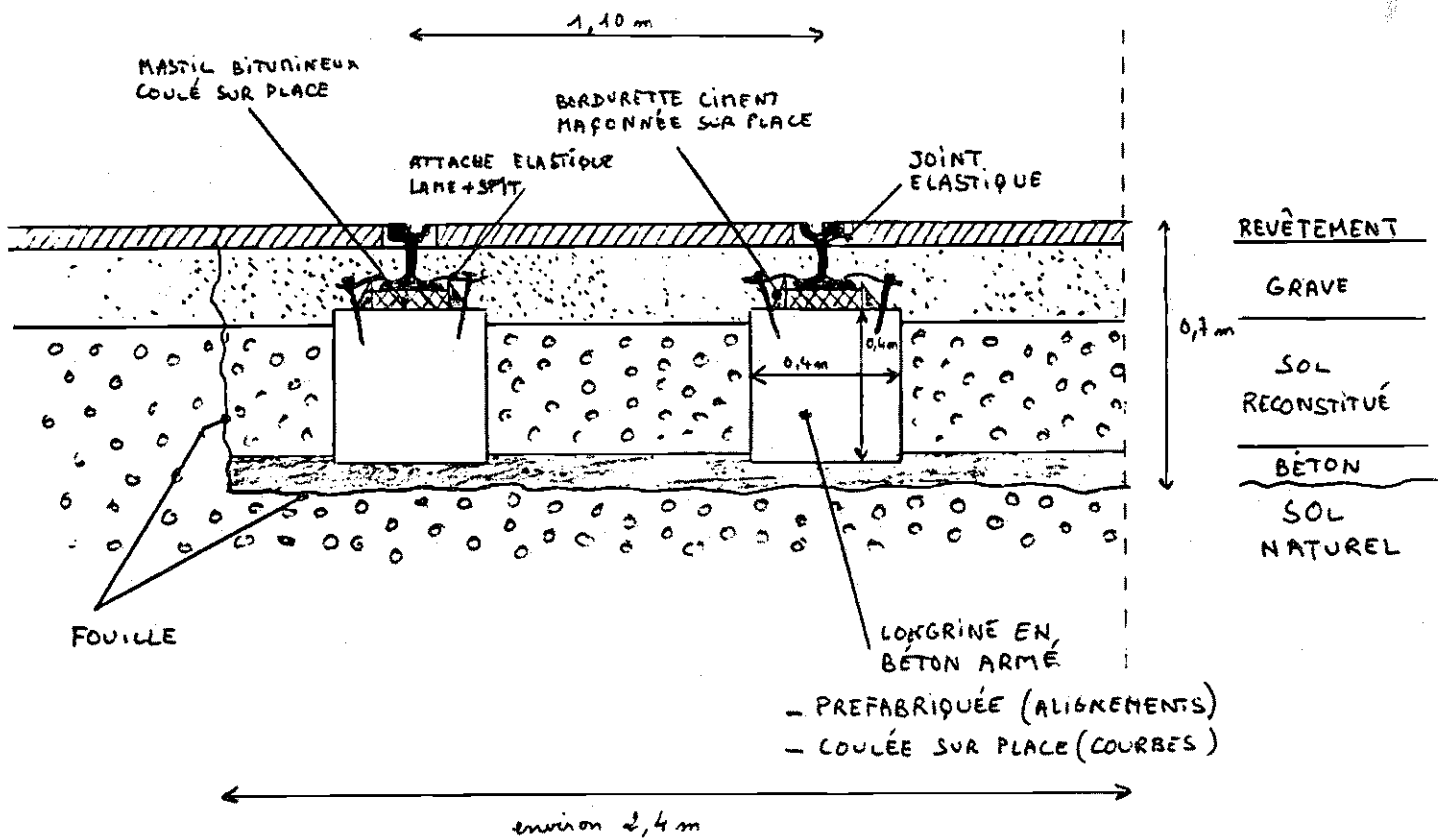


SCHISTE ROUGE TRAITE  
Sol stabilisé  
GRANIT 20/40  
GRAVE 0/80

# BRUNSWICK

(6)

(BARRE D'ÉCARTEMENT NON REPRÉSENTÉE)

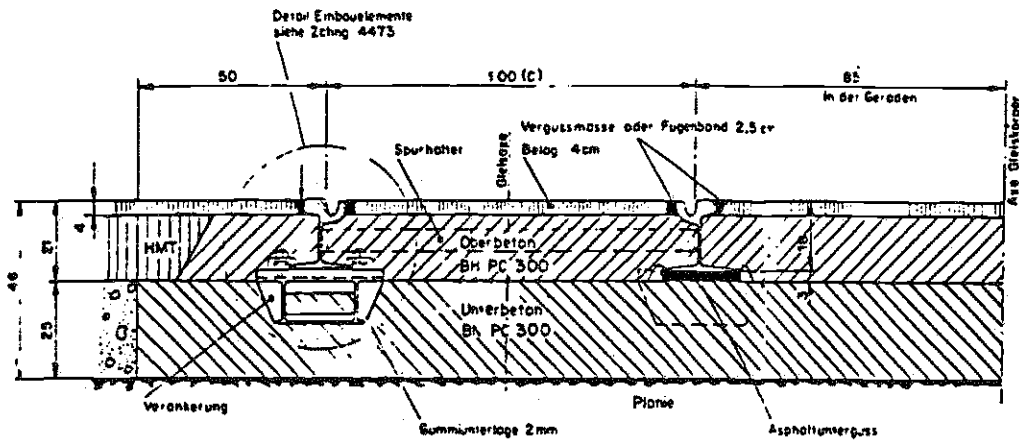




# ZÜRICH

( 7 )

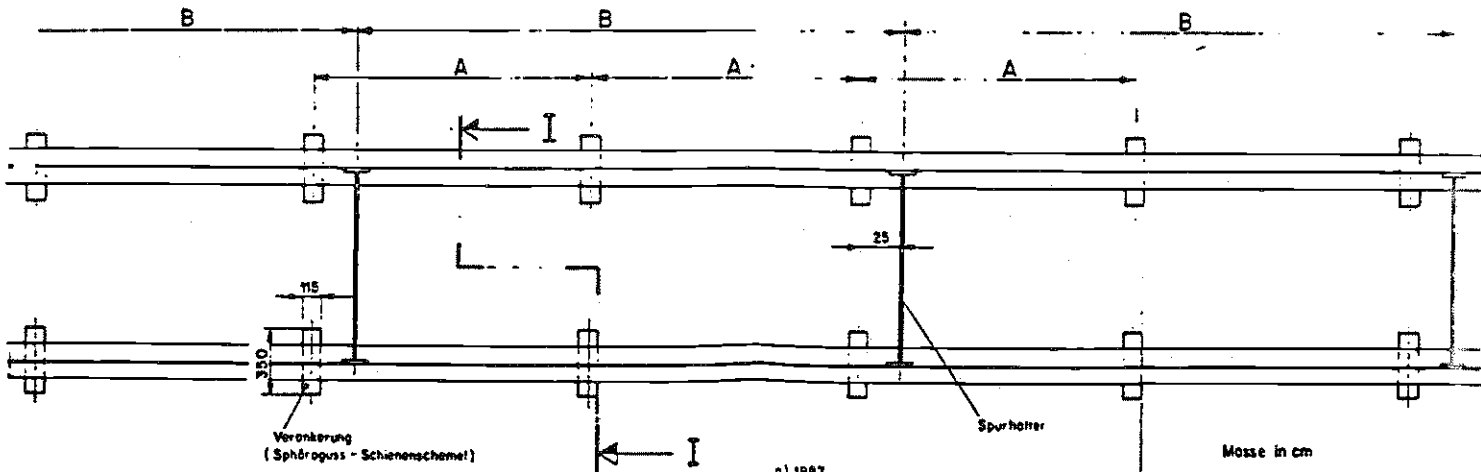
Querschnitt I-I M1:10



	Verankerung	Spurhalter	Spur
Radius	Abstand		
R m	A m	B m	C mm
100.0 - ∞	1.50	3.00	1000
50.0 - 100.0	1.50	1.50	1000
unter 50.0	0.75	1.50	1000

Betonwürfel: Abstand ca. 3.00m

Grundriss M1:20

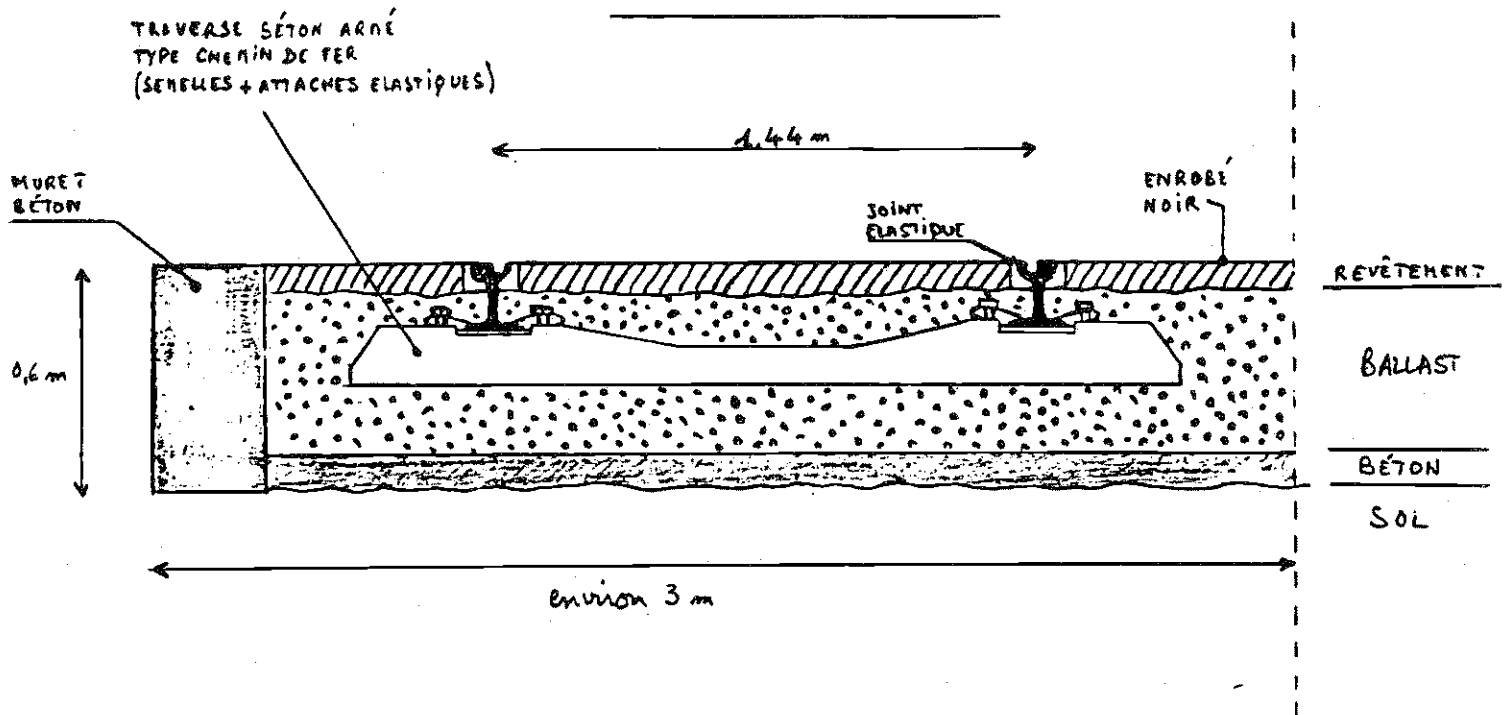


e) 1987				
Verkehrsbede	Gesamte	Datum	Maßstab	Maßstab
rm	19.12.1983	1:10 / 1:20	91	---
Gleiseinbau				Nr. 4472 c

Masse in cm

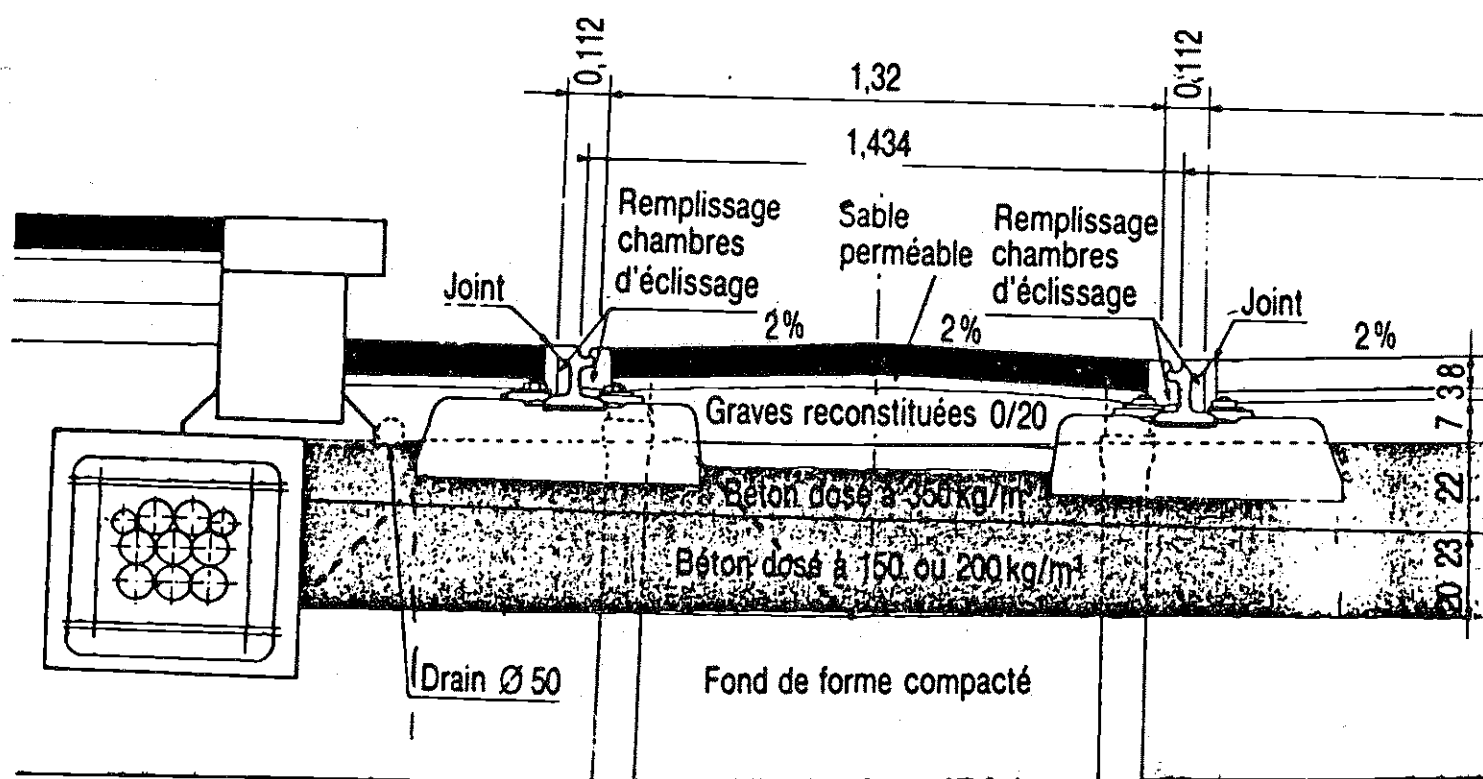
# TURIN

( 8 )



# GRENOBLE

( 9 )



Selon le type de pose retenu, on constate que les coûts d'infrastructure incluant le génie civil et la voie varient à peu près de 20 à 60 millions de francs par kilomètre.

L'expérience des divers réseaux montre également qu'il existe un rapport étroit entre la taille de ces infrastructures et la charge maximale à l'essieu des véhicules. Pour les voies "lourdes" des charges de 11 t par essieu sont encore admissibles, mais le coût de l'infrastructure tendra vers le haut de la fourchette. A l'inverse une pose plus "légère" limite la charge à l'essieu en dessous de 8 t mais permet de diminuer fortement le coût, le faisant tendre vers le bas de la fourchette.

Par conséquent, compte tenu à la fois du fait que la plupart des réseaux étrangers sont construits en fonction de cette dernière norme, et qu'en France, les villes moyennes éventuellement candidates à un tramway ne peuvent qu'être sensibles à la limitation des coûts d'infrastructure, il semble souhaitable que les véhicules correspondants soient un jour prochain disponibles en France.

#### 4) Les TCSP de type semi métro:

Les semi-métros sont des tramways, donc des TCSP franchissables à niveau, pour lesquels les choix urbanistiques sont inverses de ceux du cas précédent. Les points singuliers y sont en effet franchis en recourant à des ouvrages spécifiques, souterrains ou aériens, et non en mettant à contribution la souplesse d'insertion du tramway.

Les conséquences d'un tel choix sont d'abord économiques et fonction du nombre et de la taille des ouvrages.

Par rapport à un tramway, la construction d'un semi-métro comprend en fait deux termes économiques relatifs aux infrastructures:

- La partie "tramway" sans changements;
- La partie souterraine ou aérienne où le coût des ouvrages s'ajoute au précédent.

Pour un réseau qui, par exemple, comprendrait 15 à 20 % d'infrastructures en souterrain, on peut grossièrement estimer que le coût des infrastructures (génie civil et voies) serait le double de celui d'un tramway de longueur équivalente implanté entièrement en surface.

On constate donc que dans ce type de TCSP le poids économique des infrastructures hors ouvrages varie inversement à celui des ouvrages. Si ce dernier atteint des proportions significatives, la recherche d'une pose de voie et d'un matériel allégé perd beaucoup de son intérêt. Il n'est donc pas étonnant que les études portant sur les semi-métros concluent en général à l'intérêt d'utiliser des véhicules lourds, issus de la technologie ferroviaire et qui peuvent paraître chers en valeur absolue, mais dont la capacité est élevée et la robustesse gage d'une grande longévité.

### 5) Les TCSP de type métro:

Ils sont par définition infranchissables à niveau. Par conséquent, le coût des infrastructures, souterraines ou aériennes, est essentiellement constitué par celui des souterrains ou des viaducs, lui-même en partie fonction du gabarit des véhicules.

Actuellement on observe que le coût des infrastructures seules varie dans une fourchette d'environ 150 à 300 millions de francs du kilomètre pour des souterrains selon le gabarit des véhicules: soit environ 2 à 3m de largeur. Pour des infrastructures sur viaduc la fourchette s'étend plutôt de 100 à 200 millions de francs.

Les caractéristiques du matériel roulant susceptibles de faire varier les coûts d'infrastructure sont donc essentiellement liées au gabarit.

Le choix du métro dans une ville moyenne repose en fait essentiellement sur des critères économiques et urbanistiques. En effet les choix techniques, notamment ceux touchant à l'automatisation ou non de la conduite, sont davantage liés aux problèmes d'exploitation qu'à ceux concernant les investissements d'infrastructures.

Le choix d'un métro dans une ville moyenne pose en premier lieu le problème économique lié à la possibilité ou non d'assurer le financement de l'investissement. Ensuite, il convient d'examiner l'évolution future du réseau afin de déterminer si le type de TCSP choisi est ou non susceptible d'extensions et si celles-ci pourront, le moment venu, être encore finançables.

En second lieu, il ne faut pas ignorer que le choix d'un métro sous-tend trois conséquences urbanistiques:

- La disparition du transport collectif de la surface correspond en général à une moindre contrainte faite à l'automobile en ville;
- Les gains de vitesse liés au site propre intégral ne concernent en réalité que les voyageurs effectuant des parcours longs car pour les autres le gain réalisé sur la vitesse commerciale par ce type de TCSP est réduit ou supprimé par le temps et la pénibilité de l'accès aux stations. Par conséquent la taille de la ville semble sur ce point un élément important car la proportion de voyageurs effectuant des trajets longs est assez proportionnel à cette taille.
- L'avantage urbanistique essentiel du choix d'un métro apparaît avant tout qualitatif et lié d'abord à l'image que la ville décide de se donner. Il s'agit là d'un choix essentiellement subjectif et controversé le même mot de métro pouvant supporter soit une image très valorisante (accès au statut de "grande ville", métropole des technologies de pointe, etc...) soit à l'inverse une image liée à la contrainte et au sordide (métro-boulot-dodo; nid à clochards et à drogués etc...)

Parvenus à ce stade de l'exposé, il devient donc possible de dresser un tableau reprenant les 5 types de TCSP examinés ainsi que le coût des infrastructures correspondantes (génie civil de plateforme et voies exclusivement) ainsi que les relations existantes avec les matériels roulants:

TYPE DE TCSP	COÛT MOYEN DU KM D'INFRASTRUCTURES	INCIDENCE DU MATERIEL ROULANT SUR LES INFRAS- TRUCTURES
ROUTIER NON GUIDE	0 à 20 MF	AUCUNE
ROUTIER GUIDE	20 à 40 MF	MATERIEL SPECIFIQUE
TRAMWAY	20 à 60 MF	LIÉE A LA CHARGE A-L'ESSIEU
SEMI-METRO	idem + ouvrages	IDEM DANS UNE MOINDRE MESURE
METRO	100 à 300 MF	LIÉE AU GABARIT

## 2 ème partie : QUELS CHOIX POUR BREST :

Les études menées dans le cadre du Plan de Déplacements urbains (PDU) ont montré tout l'intérêt d'un TCSP pour BREST.

En effet, le réseau d'autobus ne semble guère susceptible de connaître d'améliorations quantitatives ou qualitatives importantes pouvant entraîner de forts gains de productivité. On se trouve donc dans la situation qui tend à devenir classique dans les villes moyennes françaises, à savoir une gestion exemplaire, mais des résultats conduisant à un engagement financier public important. Le TCSP représente donc la seule voie qui offre de véritables espoirs d'amélioration en combinant :

- la maîtrise du coût à long terme par les gains de productivité
- sans renoncer à la qualité du service, tout au contraire en l'améliorant en particulier en périphérie
- l'opportunité de recomposition urbaine.

Le choix du type de TCSP se posait à peine à BREST compte tenu des possibilités financières qui excluaient les solutions souterraines ou plus généralement de type métro et des caractéristiques de la voirie qui excluaient le site propre d'autobus, l'expérience du couloir d'autobus de la rue Jean JAURES ayant clairement permis de mesurer les limites de ce type de solution.

L'hypothèse du TCSP étant examinée dans le P.D.U., il a fallu examiner ensuite sa faisabilité technique non plus en termes théoriques mais en fonction de son application dans une ville au relief plus tourmenté que la moyenne (nombreuses pentes dont certaines atteignent 9 %).

Après étude de différentes solutions, il est apparu que seul un matériel à adhérence totale serait susceptible de donner satisfaction dans des conditions ordinaires d'utilisation et d'entretien.

La solution en apparence la plus simple aurait alors consisté à motoriser les bogies porteurs de matériels classiques de type B 2 B, voire B 2 2 B. Cela aurait inévitablement entraîné un alourdissement des charges supportées par les essieux du ou des bogies intermédiaires et se serait aussi traduit par une augmentation du prix des véhicules.

Une solution alternative pouvait aussi consister à utiliser des voitures ordinaires monocaisses sur deux bogies, accouplées en unités doubles ou triples, avec ou sans intercirculation.

L'examen de cette solution (ou de toute autre qui eût procuré le même avantage), permit de se rendre compte de l'impact de la charge à l'essieu sur le volume et donc le coût des infrastructures.

En retenant une norme inférieure à 8 t par essieu, il devenait possible d'envisager une pose de voie à faible profondeur, donc simple, et réduisant le coût et la gêne des travaux, ainsi que cela peut se voir couramment en Allemagne ou en Suisse ou encore sur les anciens réseaux français de Lille, Marseille et Saint-Etienne.

Dans ces conditions, le coût du kilomètre d'infrastructures (Génie Civil de plateforme + voie) pouvait être contenu aux environs de 25 à 30 millions de Francs.

Parallèlement à la réflexion sur les infrastructures et le matériel roulant fut menée celle concernant les problèmes de l'insertion du tramway sur le tracé retenu qui comporte quelques passages délicats, notamment au centre-ville.

La volonté, tant pour des raisons économiques que pour des raisons d'urbanisme d'éviter le recours systématique aux ouvrages importants a conduit à utiliser au mieux la souplesse du mode pour trouver des compromis acceptables sur les secteurs les plus délicats :

C'est ainsi qu'a été retenu le principe de la banalisation d'une voie montante sur une partie de la rue Jean JAURES, solution a priori non orthodoxe, mais n'apportant en fait pas de perturbation sensible à l'exploitation puisque ce sens montant n'est pratiquement jamais encombré ;

C'est ainsi qu'a été accepté le passage en site banal sur le pont levant de Recouvrance, évitant la construction d'un deuxième ouvrage très onéreux ;

C'est ainsi que face à la saturation du pont Robert Schuman et des encombrements de la Place Albert Premier, la construction d'un viaduc d'environ 250 m présentait d'indéniables avantages. Il a été alors proposé de réaliser un ouvrage parallèle au pont existant et réservé au seul tramway, solution constituant un bon compromis entre la nécessité et le coût. La limitation de la charge à l'essieu peut en outre apporter sur ce dernier point un avantage supplémentaire.



## 2 ème partie : QUELS CHOIX POUR BREST :

Les études menées dans le cadre du Plan de Déplacements urbains (PDU) ont montré tout l'intérêt d'un TCSP pour BREST.

En effet, le réseau d'autobus ne semble guère susceptible de connaître d'améliorations quantitatives ou qualitatives importantes pouvant entraîner de forts gains de productivité. On se trouve donc dans la situation qui tend à devenir classique dans les villes moyennes françaises, à savoir une gestion exemplaire, mais des résultats conduisant à un engagement financier public important. Le TCSP représente donc la seule voie qui offre de véritables espoirs d'amélioration en combinant :

- la maîtrise du coût à long terme par les gains de productivité
- sans renoncer à la qualité du service, tout au contraire en l'améliorant en particulier en périphérie
- l'opportunité de recomposition urbaine.

Le choix du type de TCSP se posait à peine à BREST compte tenu des possibilités financières qui excluaient les solutions souterraines ou plus généralement de type métro et des caractéristiques de la voirie qui excluaient le site propre d'autobus, l'expérience du couloir d'autobus de la rue Jean JAURES ayant clairement permis de mesurer les limites de ce type de solution.

L'hypothèse du TCSP étant examinée dans le P.D.U., il a fallu examiner ensuite sa faisabilité technique non plus en termes théoriques mais en fonction de son application dans une ville au relief plus tourmenté que la moyenne (nombreuses pentes dont certaines atteignent 9 %).

Après étude de différentes solutions, il est apparu que seul un matériel à adhérence totale serait susceptible de donner satisfaction dans des conditions ordinaires d'utilisation et d'entretien.

La solution en apparence la plus simple aurait alors consisté à motoriser les bogies portés de matériels classiques de type B 2 B, voire B 2 2 B. Cela aurait inévitablement entraîné un alourdissement des charges supportées par les essieux du ou des bogies intermédiaires et se serait aussi traduit par une augmentation du prix des véhicules.

Une solution alternative pouvait aussi consister à utiliser des voitures ordinaires monocasses sur deux bogies, accouplées en unités doubles ou triples, avec ou sans intercirculation.

L'examen de cette solution (ou de toute autre qui eût procuré le même avantage), permit de se rendre compte de l'impact de la charge à l'essieu sur le volume et donc le coût des infrastructures.

En retenant une norme inférieure à 8 t par essieu, il devenait possible d'envisager une pose de voie à faible profondeur, donc simple, et réduisant le coût et la gêne des travaux, ainsi que cela peut se voir couramment en Allemagne ou en Suisse ou encore sur les anciens réseaux français de Lille, Marseille et Saint-Etienne.

Dans ces conditions, le coût du kilomètre d'infrastructures (Génie Civil de plateforme + voie) pouvait être contenu aux environs de 25 à 30 millions de Francs.

Parallèlement à la réflexion sur les infrastructures et le matériel roulant fut menée celle concernant les problèmes de l'insertion du tramway sur le tracé retenu qui comporte quelques passages délicats, notamment au centre-ville.

La volonté, tant pour des raisons économiques que pour des raisons d'urbanisme d'éviter le recours systématique aux ouvrages importants a conduit à utiliser au mieux la souplesse du mode pour trouver des compromis acceptables sur les secteurs les plus délicats :

C'est ainsi qu'a été retenu le principe de la banalisation d'une voie montante sur une partie de la rue Jean JAURES, solution a priori non orthodoxe, mais n'apportant en fait pas de perturbation sensible à l'exploitation puisque ce sens montant n'est pratiquement jamais encombré ;

C'est ainsi qu'a été accepté le passage en site banal sur le pont levant de Recouvrance, évitant la construction d'un deuxième ouvrage très onéreux ;

C'est ainsi que face à la saturation du pont Robert Schuman et des encombrements de la Place Albert Premier, la construction d'un viaduc d'environ 250 m présentait d'indéniables avantages. Il a été alors proposé de réaliser un ouvrage parallèle au pont existant et réservé au seul tramway, solution constituant un bon compromis entre la nécessité et le coût. La limitation de la charge à l'essieu peut en outre apporter sur ce dernier point un avantage supplémentaire.

CONCLUSION :

L'étude du tramway de Brest a été constamment menée dans le souci de trouver des solutions aux principaux problèmes qui contribuent souvent à renchérir ce type de TCSP.

Pour conclure, je résumerai les trois points essentiels sur lesquels ont porté les réflexions :

- Les infrastructures, et plus particulièrement le dimensionnement des plateformes de façon à réduire les coûts de génie civil et dans certains cas éviter des déplacements de réseaux en acceptant en contrepartie une limitation des charges de l'essieu ;

- L'insertion, en recherchant souplesse et simplicité, quitte à accepter de déroger ponctuellement au principe du site propre pour éviter la construction d'ouvrages importants ;

- L'adoption d'un matériel roulant à faible charge à l'essieu, en n'ignorant pas que subsiste le problème de la disponibilité en France d'un matériel à adhérence totale, dont la charge maximale à l'essieu soit inférieure à 8 t, et dont le prix soit si possible compétitif avec celui des productions étrangères.

J'espère par conséquent que les échanges d'idées qui pourront se produire à l'occasion de ce colloque permettront aux villes susceptibles d'effectuer des choix semblables de susciter une réponse positive de nos constructeurs nationaux.



COLLOQUE NATIONAL TRAMWAY

BREST, LES 17 ET 18 OCTOBRE 1988

TEXTE DE L'EXPOSE DE  
R. CLAVEL - VIA TRANSEXEL

LE COUT DU PROJET TRAMWAY DE BREST



## SOMMAIRE :

### I - OBJET DE L'EXPOSE - PREAMBULE

### II - AXES DE RECHERCHES DE SOLUTIONS

II-1 RAPPEL : CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU PROJET TRAMWAY DE BREST

II-2 MINIMISER LE COUT DU PROJET

a - Le tracé et l'insertion

b - Le matériel roulant

c - Les infrastructures

### III - LE COUT DU PROJET

III-1 RESUME DES DONNEES PRINCIPALES DU PROJET

III-2 COUT D'INVESTISSEMENT DU PROJET TRAMWAY DE BREST

### IV - COMPARAISON ENTRE LA SOLUTION BREST ET UNE SOLUTION "PLUS LOURDE"

### V - CONCLUSIONS







## I - OBJET DE L'EXPOSE - PREAMBULE



## I - OBJET DE L'EXPOSE - PREAMBULE

Le présent exposé a pour objet d'aborder le problème :

- DES COÛTS DU PROJET BRESTOIS concernant la réalisation des deux lignes de Tramway dont les caractéristiques ont été présentées lors d'un précédent exposé.
- DE LA DEMARCHE suivie par le groupe de travail de Brest pour parvenir au coût estimatif global du projet

Les principaux choix techniques concernant notamment les interactions matériel roulant et installations fixes ont été développés précédemment. Certains d'entre eux seront donc rappelés brièvement au cours de cette intervention.

Deux remarques importantes sont à souligner au niveau de ce préambule :

- . Le coût d'un projet TCSP constitue un sujet qui suscite en général bien des discussions, voire même des passions.

Or, deux projets TCSP ne sont jamais totalement comparables. En effet, de nombreux facteurs susceptibles d'avoir une répercussion directe sur les coûts rendent difficile et hasardeuse la comparaison des coûts entre les projets.

Ce sont par exemple :

- les difficultés liées au site, à l'insertion
- la volonté d'accompagner la réalisation d'une ligne de TCSP d'opérations plus ou moins importantes concernant l'urbanisme, l'embellissement, etc.
- les opérations de voirie ou d'aménagement piétonnier ou paysager à proximité de la plateforme
- la réutilisation partielle d'équipements ou d'infrastructures existantes etc.

Il est donc souvent difficile de savoir où est la limite de ce qui peut être comptabilisé ou non dans le coût d'un projet.

- . La démarche brestoise au niveau des coûts du projet est essentiellement
  - réaliste : en effet, l'objectif fixé est d'arriver à un projet dont le coût soit, accessible aux possibilités financières de la Communauté Urbaine.
  - pragmatique : les choix qui ont été faits relèvent en général de solutions connues, simples, fiables, éprouvées.

Par ailleurs, l'opinion du groupe de travail brestois est que cette démarche devrait être transposable et adaptable à un certain nombre d'agglomérations présentant des caractéristiques voisines de celles de la Communauté Urbaine quant à

- la taille,
- la valeur du VT
- l'utilisation actuelle du réseau bus
- l'existence d'un ou plusieurs axes prépondérant pour le trafic transport urbain.
- les conditions d'insertion : en particulier le relief.

## II - AXES DE RECHERCHES DE SOLUTIONS

### II-1 RAPPEL : CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU PROJET TRAMWAY DE BREST

### II-2 MINIMISER LE COUT DU PROJET

- a) Le tracé et l'insertion
- b) Le matériel roulant
- c) Les infrastructures



## II.1 - RAPPEL : CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU PROJET TRAMWAY DE BREST.

. En termes qualitatifs, le projet brestois se caractérise essentiellement par :

- la nécessité d'un coût global du projet accessible aux possibilités financières de la Communauté Urbaine.

- une insertion difficile :

Pentes de 9 %

Rues étroites en certains points du tracé

Existence de dénivelés de terrains.

- impossibilité de procéder à des opérations lourdes de démolition, reconstructions diverses, etc.

. En termes quantitatifs,

Deux lignes d'une longueur totale de 11,5 km.

21 véhicules

25 stations

Fréquence de 5' sur la ligne 1 et 6' sur la ligne 2.

Vitesse commerciale de 18,5 km/h sur la ligne 1 et 22 km/h sur la ligne 2.

Desserte de population à 600 m réels de 86,000 habitants (55 % de Brest).

Trafic prévu : 68 000 Voyages/jour.

## II.2 - MINIMISER LE COUT DU PROJET,

tout en répondant au cahier des charges (notamment en termes de trafic et d'attractivité), nous avons travaillé dans plusieurs directions :

a) Le tracé de la ligne et l'insertion : Quelques exemples de recherches de solutions.

. Tout en assurant une bonne desserte des zones principales d'habitation, d'emplois, de pôles d'attraction et de développement, le tracé retenu a pris en compte le souci d'éviter au maximum les ouvrages d'art pénalisant au niveau des coûts. C'est ainsi qu'il n'a pas été retenu de souterrain et que le franchissement de la Penfeld est prévu par le pont existant. Seul un viaduc estimé à 30 MF est nécessaire pour franchir la ravine du Moulin à Poudre sur le tracé de la ligne 2.

Ce choix n'est pas toujours possible dans d'autres agglomérations ayant un hypercentre difficilement franchissable par une ligne au sol et le recours à un souterrain est parfois nécessaire.

Par ailleurs, le problème de manque d'esthétique visuelle des infrastructures peut conduire parfois les décideurs à éviter une insertion au sol dans un hypercentre.

- . Un tracé le plus direct possible permettant d'accroître la vitesse commerciale a été recherché. Par exemple, Place de Strasbourg - Zup de Pontanezen par la route de Gouesnou.

La vitesse commerciale a une influence directe sur l'attractivité du système et sur le coût (nombre de véhicules).

- . Emprise du tramway à côté de la voirie sur une partie importante de la ligne n° 2 dans le but de minimiser les déplacements de réseaux.
- . Le tracé retenu permet des extensions ultérieures des lignes.

#### b) le Matériel Roulant

L'existence de pentes importantes sur le tracé choisi a conduit au choix de l'adhérence totale.

Par ailleurs, de manière à réaliser une plateforme ne nécessitant par un décaissement profond, une charge à l'essieu du matériel roulant de l'ordre de 7 à 8 tonnes a été recherchée ce qui, compte tenu de la capacité souhaitée, impose un véhicule à 8 essieux, 2 caisses ou 3 caisses.

De ce fait, aucun véhicule actuellement en service dans les réseaux français ne répond au cahier des charges de Brest. Il apparaît donc nécessaire de concevoir un autre type de matériel roulant ou d'adapter des matériels existants.

Sans entrer dans les détails des conceptions possibles qui seront présentées par les constructeurs, les investigations menées nous permettent d'envisager la réalisation d'un véhicule pour 8 à 8,5 MF par motrice. Pour atteindre cet objectif économique, plusieurs choix techniques importants ont été retenus. En particulier :

- . Conception de la caisse en éléments modulaires avec utilisation de techniques de construction intermédiaires entre le ferroviaire et la construction d'autobus.
- . Pour la motorisation, les équipements et les auxiliaires : choix de solutions fiables, éprouvées ailleurs.

En effet, compte tenu des recherches actuelles en matière de matériel roulant, il apparaît raisonnable d'envisager d'ici la fin du siècle ou au début des années 2 000 la mise en service de motrices

- à plancher bas total (sur toute la longueur)
- à essieux orientables (sans doute avec moteurs roues) permettant une inscription quasi parfaite en courbes.
- avec généralisation de l'utilisation d'équipements de traction à thyristas GTO.

Des études en ce sens ont lieu notamment en RFA sous l'impulsion du VÖV. Voir l'article Low Floors and no Axles paru dans Railway Gazette International Mars 88).

Mais le sujet concernant l'évolution des matériels roulants sera abordé dans d'autres exposés.



Il apparaît donc judicieux à l'époque de cette évolution vers ce qu'il convient d'appeler le Tramway Futur, de n'utiliser aujourd'hui pour répondre au cahier des charges de Brest que des solutions fiables et éprouvées conduisant à la réalisation d'un véhicule d'un coût modéré.

C'est dans cette optique que nous sollicitons les constructeurs et l'industrie ferroviaire française qui nous présenteront leurs points de vue au cours de prochains exposés.

### c) Les Infrastructures

#### La plateforme :

-----

Le choix d'un matériel roulant ayant une charge à l'essieu de 7 à 8 tonnes autorise une plateforme peu profonde (décaissement à - 50 ou - 60 cm comme à Saint Etienne par exemple), ce qui engendre une économie sur le poste génie civil d'un projet de l'ordre de 20 à 30 % par rapport à une solution lourde.

Cette solution trouve tout son intérêt lorsque le tracé choisi n'impose pas de déplacer les réseaux concessionnaires non visitables (EDF, GDF, PTT, Eau, etc.)

Concernant ces déplacements de réseaux (dont le coût -variable d'un projet à l'autre- est en général élevé : 3 à 10 MF/km de ligne en moyenne), étant donné le nombre important de projets Tramways, il serait souhaitable que des contacts soient pris avec les concessionnaires concernés (EDF/GDF, PTT...) qui, pour l'instant, adoptent une attitude maximaliste, ce qui n'est pas toujours le cas dans d'autres pays européens.

#### La voie :

-----

Au stade actuel de l'étude, la technique de pose de voie fait l'objet d'analyse de plusieurs solutions possibles. Mais celle-ci sera simple, légère et économique (comme il en est par exemple de la pose de voie type Saint Etienne).

Le minimum de béton sera mis en oeuvre.

Un traitement anti vibratoire n'est prévu que près des immeubles.

Le rail sera du type à gorge (rail français 35 G de Sacilor). dans les tronçons admettant le passage de véhicules routiers et du type Vignole (moins cher et sans gorge à nettoyer) dans les sites propres.

Le revêtement envisagé sera :

- ballast en site propre en zones hors centre
- asphalte avec rail à gorge
- revêtement esthétique en centre ville.

## L'énergie électrique :

Sous stations : Le choix retenu sera vraisemblablement la solution des sous stations modulaires de puissance et de surface au sol limitées, installées à proximité de la ligne de Tramway ce qui réduit la longueur de feeders nécessaire (par opposition à la technique : Grosses sous stations installées parfois loin de la ligne pour des raisons d'encombrement et qui nécessitent de ce fait de grandes longueurs de feeders). Cette solution a fait ses preuves au réseau de Lyon.

Ligne aérienne : Compte tenu de la puissance du matériel roulant, un seul fil de contact doit être nécessaire.

Les supports de ligne (poteaux ou ancrages en façade) seront simples et le plus discret possible.

L'utilisation de transversaux synthétiques (type Parafil) et de pièces de suspension légères sera retenue.

### III - LE COUT DU PROJET

III-1 RESUME DES DONNEES PRINCIPALES DU PROJET

III-2 COUT D'INVESTISSEMENT DU PROJET TRAMWAY DE BREST



### III - LE COUT DU PROJET DE BREST

Des exposés précédents ont développé

QUOI ?	Description du projet
COMMENT ?	Choix de solutions techniques

Nous vous proposons de répondre à la question :

COMBIEN ?	Coût du projet
-----------	----------------

#### III.1 - RESUME DES DONNEES PRINCIPALES DU PROJET (Ligne 1 + Ligne 2)

- Longueur de ligne exploitée	: 11,5 km (Ligne 1 + Ligne 2)
- Parc Total	: 21
- Nombre de stations	: 25
- Fréquence maxi	: Ligne 1 = 5 mn      Ligne 2 = 6 mn
- Vitesse commerciale	: Ligne 1 = 18,5 km/h      Ligne 2 = 22 km/h

#### III.2 - COUT D'INVESTISSEMENT DU PROJET TRAMWAY DE BREST

Valeurs actuelles en MF (Janvier 88)

- <u>GENIE CIVIL</u>	362
. Opérations d'accompagnement	
. Déplacement de réseaux	
- VOIE et Appareils de VOIE	96
- MATERIEL ROULANT	175
- ENERGIE	77
- COURANTS FAIBLES	38
- EQUIPEMENTS D'ATELIER/GARAGE	25
	<hr/>
TOTAL	773 MF

Soit environ 67,2 MF/km de ligne.

(Valeurs hors acquisitions foncières).

COMMENTAIRES :

- a) Les coûts ci-dessus sont H.T., ingénierie et divers inclus, hors acquisitions foncières.
- b) Le coût GENIE CIVIL de 362 MF comprend :
- Réalisation de la plateforme :
    - . Travaux préparatoires
    - . Gros oeuvre de la plateforme, y compris les réalisations suivantes :
      - Caniveaux
      - Multitubulaire
      - Bordures de soutènement
      - Massifs des poteaux de caténaire
      - Réaménagements de voirie :
        - Chaussée aux abords de la plateforme (un de chaque côté)
        - Franchissement des carrefours
        - Signalisation générale
        - Mobilier urbain et environnement végétal.
  - Génie civil des stations
    - de l'atelier/garage
    - des sous stations
  - Réalisation de gares routières d'échanges bus/tramway :  
5 gares sont prévues
  - Réalisation de parkings de rabattement VP/Tramway :  
3 parkings sont prévus.
  - Reconstitution de l'offre de stationnement (130 places nouvelles de stationnement en centre ville)
  - Ouvrages nécessaires :
    - . au franchissement de la ravine du Moulin à Poudre
    - . au franchissement du Boulevard de l'Europe entre le terminus et le dépôt
  - Interventions sur le pont mobile de la Recouvrance.
  - Déplacement des réseaux des concessionnaires  
L'enveloppe globale est estimée à 60 à 65 MF

c) L'ENERGIE comprend :

Les sous stations (8 sous stations de 600 kw)  
La ligne aérienne et ses supports  
Les raccordements au réseau EDF

d) LES COURANTS FAIBLES comprennent :

Le PCC  
Le SAE (raccordement sur le SAE bus existant)  
Les distributeurs de titres  
Les priorités aux carrefours.





#### IV - COMPARAISON ENTRE LA SOLUTION BREST ET UNE SOLUTION "PLUS LOURDE"





	Solution Traditionnelle	Solution légère type Brest	Economie en %
Génie Civil	34 MF/km x 10 = 340	25 MF/km x 10 = 250	25 à 30 %
Matériel roulant	20 x 11,5 = 235 + doc. PR	20 x 8 = 165 + doc. PR	30 %
Equipements	29 MF/km x 10 = 290	22 MF/km x 10 = 220	17 %
Acquisitions financières	20	20	
Déplacement de réseaux	65	65	
Opérations d'accompagnement	50	50	
TOTAL	1 000	770 MF (y compris acq.foncières)	20 à 25 %
Soit MF/km de ligne	100	77 MF	

Les valeurs indiquées ci-dessus doivent être considérées comme des moyennes, des points de repère autour desquels les fourchettes de variation peuvent être plus ou moins ouvertes car, comme nous l'avons souligné en préambule, il n'y a pas deux projets Tramway ayant exactement les mêmes caractéristiques.

## V - CONCLUSIONS



## V - CONCLUSIONS

-----

- En s'appuyant sur les études techniques et économiques menées par le groupe de travail brestois, on peut estimer qu'une solution légère type Brest peut apporter une économie de l'ordre de 20 à 25 % sur le coût d'un projet Tramway par rapport à une solution plus lourde.

Ainsi, une ligne (ou réseau) de 10 km de longueur représenterait un investissement de l'ordre de 800 MF. L'économie dégagée doit permettre de rendre le Tramway accessible aux agglomérations dont les caractéristiques ont été rappelées au cours de la première journée du Colloque (Très grossièrement : 150 à 300 000 habitants et 1 VT d'au moins 40 MF).

- De plus, un matériel roulant adaptable (largeur de caisse, voie normale ou métrique, adhérence totale ou partielle) doit permettre de répondre aux besoins des agglomérations ayant des problèmes de site et d'insertion.
- Toutefois, le coût d'un projet ne relève pas uniquement de choix techniques et la mise en place d'une ligne de Tramway est autant une opération d'urbanisme que la solution à un problème de transport. De ce fait, les choix qui peuvent être faits par les décideurs politiques pour réaliser des opérations d'urbanisme à l'occasion de la mise en place d'une ligne de Tramway peuvent faire évoluer le coût d'un projet.

Nous terminerons en formulant un voeu :

Que tous les acteurs qui sont partie prenante dans le développement du Tramway en France conjuguent leurs efforts pour permettre demain à des agglomérations de taille moyenne de se doter de ce moyen de transport.









## LE TRAMWAY, VU PAR TRANSCET

Depuis plusieurs années le tramway fait un retour en force sur la scène des transports urbains. TRANSCET et les sociétés de son groupe ont joué et continuent à jouer un rôle essentiel dans ce renouveau, avec en particulier la mise en service du tramway de Nantes (1985), puis de Grenoble (1987), les études et la construction des extensions du tramway dans ces deux villes, et l'élaboration de projets en France et à l'étranger ; de plus, c'est une filiale de TRANSCET qui a en charge la gestion des transports publics de Saint-Etienne où la ligne de tramways qui sert d'épine dorsale au réseau va être prochainement modernisée.

TRANSCET est donc en mesure, expérience à l'appui, d'analyser les raisons de la faveur dont jouit le tramway, pour l'équipement des axes essentiels de trafic dans les agglomérations moyennes ou pour l'équipement d'axes secondaires mais importants dans des agglomérations déjà dotées d'un métro. Ces raisons sont, selon TRANSCET, les suivantes :

**La qualité du service procurée par les tramways est significativement supérieure à celle procurée par l'autobus**, en termes de rapidité, de régularité et de confort. Cette différence est ressentie par le public, d'où une augmentation très appréciable de clientèle, beaucoup de nouveaux voyageurs étant gagnés sur la voiture particulière. C'est ainsi que depuis la mise en service du tramway de Nantes, le trafic total du réseau a augmenté de 30 % ; l'évolution du trafic du réseau de Grenoble suit une pente exactement parallèle.

**C'est sensiblement à moyens constants, par rapport à un réseau "tout autobus", et avec des moyens notablement inférieurs à ceux exigés par un système de type métro exigeant des infrastructures souterraines, que cette qualité du service nouvelle et cette augmentation de trafic sont obtenues** : ce point constitue une véritable exclusivité du tramway. Le résultat en est une amélioration sensible du bilan d'exploitation ; c'est ainsi qu'à Nantes, le taux de couverture des dépenses d'exploitation par les recettes est passé de 48 à 58 % depuis la mise en service du tramway sans qu'il y ait revalorisation particulière des tarifs.

**L'investissement exigé par le système permet d'envisager la création d'un réseau.** S'il n'y a pas d'ouvrages souterrains, le coût d'une ligne de 10 Km -comme à Nantes- est de l'ordre de 600 MF (il a été plus élevé à Grenoble où l'on a imputé au tramway le coût de nombreuses opérations d'aménagement urbain connexes à la création de la ligne).

L'amélioration des résultats d'exploitation, jointe à la modicité relative de l'investissement, ont permis à Nantes de faire redescendre le taux du "versement Transport" de 1,5 à 1,2 %. Il est envisagé de réaliser la seconde ligne sans relever ce taux jusqu'à son plafond de 1,5 % et sans pour autant peser davantage sur la fiscalité locale, malgré la charge représentée par les annuités des emprunts contractés pour la construction de la première ligne.

Les résultats relevés à Grenoble sont parfaitement cohérents avec ceux de Nantes mais ici les gains obtenus sont réinvestis dans l'amélioration et l'extension du réseau de trolleybus et autobus associé au tramway.

Ces excellents résultats montrent que, pour TRANSCET, l'implantation du tramway dans des agglomérations de taille moyenne est, sur le plan économique, tout à fait concevable.

**Une opportunité exceptionnelle d'aménagement urbain est donnée pour l'implantation d'une ligne de tramway.** Non seulement la voirie peut être remodelée, en modifiant par exemple la répartition des surfaces allouées aux différents utilisateurs (voitures, piétons, transports publics, etc...), mais aussi l'environnement peut être considérablement embelli. Cet effet est particulièrement sensible lorsque la ligne traverse les rues étroites d'un centre ancien. L'exemple de Grenoble illustre la mutation spectaculaire qu'il est ainsi possible de réaliser.

**Enfin l'image du nouveau tramway, lorsqu'il apparaît dans une ville, est porteuse de progrès et de modernité.** La ville échappe au statut "ordinaire" de celles n'ayant qu'un réseau d'autobus et est ainsi "promue". Toutes les opérations de communication et de publicité menées par la ville de Grenoble, par exemple, utilisent le tramway dans les thèmes destinés à illustrer le dynamisme et l'avancée technologique de l'agglomération.

Tous ces atouts favorables au tramway ne peuvent toutefois être pleinement exploités sans une **préparation minutieuse et sans un soin extrême apporté aux opérations connexes, essentielles pour le succès de l'opération.**

On citera, parmi celles-ci, la **restructuration du réseau d'autobus qui doit accompagner la création du tramway** pour éviter les doubles emplois et utiliser le plus rationnellement les moyens. Elle doit être menée avec le plus grand discernement pour que les économies d'exploitation à en attendre soient obtenues sans que les utilisateurs ressentent une pénalité dans la correspondance tramway-bus. Ceci conduit à **réaliser des gares d'échange** entre modes. Celles de Bellevue et Haluchère à Nantes et de Grand Place à Grenoble en constituent d'excellents exemples.

Moins visibles, mais tout aussi importants pour la réussite d'un nouveau réseau de tramway, **sont les problèmes de formation du personnel**, qu'il s'agisse des agents d'exploitation ou d'entretien. D'une part ils doivent être familiarisés avec le nouveau système bien avant sa mise en service commerciale, d'autre part il convient d'éviter de créer des clivages dans l'entreprise entre agents des tramways et agents des autobus. La mise en service, par étapes, du tramway de Nantes, celle, plus rapide parce qu'ayant bénéficié de l'expérience précédente, du tramway de Grenoble, ont toutes deux illustré, par leur succès total, la maîtrise des Sociétés du groupe TRANSCET dans une opération touchant tous les aspects du fonctionnement des entreprises exploitantes. A Grenoble, la formation a représenté 80.000 heures en 2 ans !

Tout ceci concerne des réseaux nouveaux. **Les problèmes liés au renouvellement et à la modernisation de réseaux de tramways en service**, bien que se rapportant aux mêmes objectifs de valorisation des atouts du système, **sont, dans le concret, d'une autre nature**. On est ici d'abord lié à l'existant, qui fixe un cadre rigide non seulement pour les caractéristiques techniques essentielles mais aussi pour les procédures, pour l'exploitation, pour l'entretien, etc..., l'expérience et les habitudes acquises au fil des décennies devant être mises à profit et non bousculées ou ignorées. Les problèmes liés aux phases transitoires (co-existence, parfois longue, des anciens et nouveaux matériels ou équipements) sont particulièrement délicats, alors qu'ils sont inconnus dans les réseaux neufs.

Aussi convient-il de **ne pas s'étonner si les solutions retenues sont parfois significativement différentes** : les données pour arriver à un optimum ne sont pas les mêmes. L'exemple du renouvellement du matériel roulant du réseau de Saint-Etienne, qui ne pourrait être du type adopté à Nantes ou à Grenoble, l'illustre.

Qu'il s'agisse de la création de réseaux de tramways, ou de la modernisation de réseaux existants, il apparaît que l'expérience acquise par TRANSCET et les sociétés de son groupe est actuellement sans égale. Elle place TRANSCET **au premier rang en ce domaine, au niveau européen**. Cette expérience est à la disposition des Autorités responsables des transports urbains qui recherchent une amélioration significative de leurs réseaux.

10 Octobre 1988

TRANSCET - Tour Maine Montparnasse 33, avenue du Maine  
BP 122 75755 PARIS CEDEX 15  
Tél. (1) 45.38.27.27

Président Directeur Général  
Délégué Général  
Responsable Grands Projets  
Responsable Commercial

Jean-Pierre COUPLAN  
Joël LEBRETON  
Michel FRENOIS  
Michel KREMPPER









- Monsieur Jean-Paul LERIVEREND  
Ingénieur INSA Lyon  
Directeur de la Voie Publique  
22 rue Bourg l'Abbé  
76000 - ROUEN  
Tel : (35) 70 - 99 - 50

**pour le transport en commun urbain**

# un véhicule français de grande capacité ?



## TRANSPORT EN COMMUN URBAIN

### MATERIEL ROULANT DE GRANDE CAPACITE

-----

#### ROMPRE LA STRATEGIE DE L'ECHEC.

Il semble probable que la forte croissance des déficits des réseaux de transport des villes moyennes (200 à 500 000 habitants) va conduire ces villes à de lourds investissements, pour augmenter fortement la productivité et l'attractivité des réseaux de transport.

Cette stratégie a pour but de stabiliser ou même de faire régresser le déficit d'exploitation.

Pour ce faire, quelle technologie et quel matériel choisir ?

#### CHOISIR UNE TECHNOLOGIE.

Deux grandes familles de matériels sont en exploitation à ce jour :

- les matériels guidés en général à forte fréquence et grande capacité (métros, tramways, ...),
- les matériels routiers à faible capacité (bus, bus articulés).

Différentes recherches ont été effectuées ces dernières années pour mieux répondre aux besoins des villes moyennes et permettre une croissance de la productivité par :

- une augmentation de la capacité unitaire des véhicules,
- la création de sites propres pour augmenter la vitesse commerciale.

Ces recherches ont été menées, tant à partir du matériel routier (bus articulé et mégabus), que du matériel guidé (tramway standard et tramway à plancher bas).

.../...

A l'examen des projets et des réalisations, il apparaît que :

- le bus articulé est fabriqué en séries (de l'ordre de 200 véhicules par an),
- les tramways ou mégabus sont fabriqués à la demande en séries très limitées, à un coût très élevé.

### QUELLES INFRASTRUCTURES POUR CE SYSTEME.

L'analyse des conditions de circulation et des vitesses commerciales sur les lignes existantes conduit, pour optimiser l'investissement, à limiter les infrastructures lourdes aux zones perturbées et très fréquentées.

Ces zones sont :

#### A - LA TRAVERSEE DU CENTRE-VILLE qui nécessite :

- soit des couloirs ou des rues réservées,
- soit des ouvrages dénivelés rendus possibles par l'amélioration des techniques et, en particulier, des tunneliers,

#### B - LA PERIPHERIE DU CENTRE-VILLE qui nécessite :

- des couloirs ou des rues réservées.

### CONDITIONS D'UNE INDUSTRIALISATION.

L'industrialisation d'un tel système ne sera possible, et par là même sa large diffusion tant en FRANCE qu'à l'exportation, que si les coûts à la place sont comparables avec ceux de l'autobus.

Cet objectif ne sera atteint que si ce matériel à une large plage d'application (du bus articulé deux caisses au véhicule guidé en site propre).

Cette conception impose de définir un véhicule articulé modulable, à plancher bas sur toute la longueur, de type routier ou ferré selon l'option choisie, pour constituer un train de 2, 3 ou même 4 éléments.

Cette orientation est aujourd'hui possible grâce :

- aux résultats obtenus sur la transmission hydrostatique  
Sulzer
- à la précision de trajectoire obtenue grâce aux articulations à essieux rayonnants.

## TRANSPORT EN COMMUN URBAIN

*Le service du transport en commun-urbain est, en France, enfin en évolution favorable.*

*Après une chute régulière pendant une bonne dizaine d'années, de 1965 à 1975 environ, une reprise maintenant s'est fait jour, sous diverses influences.*

*Cela se traduit, sur le terrain, de deux façons :*

- extension du parc de véhicules, d'abord en autobus standard, maintenant en autobus articulés
- recherche d'axes privilégiés de circulation (voies réservées axes lourds - sites propres...)

*Il est probable que cette évolution va se poursuivre, et cela est souhaitable.*

*Dès maintenant, plusieurs agglomérations françaises perçoivent la limite de capacité des autobus articulés et ressentent avec acuité l'irrégularité des conditions de circulation des véhicules.*

*La question posée est donc double :*

**. après les articulés, que prévoir ?**

**. comment insérer ces véhicules actuels et futurs**

*dans le milieu urbain pour leur assurer la vitesse et la régularité indispensables ?*



# PRESENTATION DE LA DEMARCHE

## 1

### PROGRAMME DE RECHERCHE

## **un véhicule de grande capacité**

*L'évolution du service rendu par les réseaux de transport en commun urbains conduit à la nécessité de disposer de véhicules à grande capacité pouvant emprunter aussi bien le réseau viaire banal que des voies réservées en surface ou en ouvrage.*

## **sur voies réservées et en ouvrage**

*Nous avons estimé - au vu notamment du cas de l'agglomération rouennaise - que le réseau de transport devra, pour être efficace, se trouver pour sa plus grande part en espace réservé et que cela ne sera possible, en milieu urbain dense, qu'avec une certaine longueur d'ouvrages, pour la plupart souterrains.*

*A partir de cette constatation, nous avons progressivement mis au point les éléments d'un véhicule répondant à cette fonction.*

## **surlargeur mini en virage et guidage**

*Pour assurer économiquement la réalisation de ces ouvrages, nous avons voulu que la surlargeur dans les virages soit minime et que le véhicule y soit guidé.*

## **plancher bas**

*Nous avons voulu aussi donner au véhicule un plancher bas (350 mm du sol) sur toute sa longueur, afin de répondre aux impératifs d'un bon service aux usagers.*

## 2

### LE POINT DE LA RECHERCHE

## des essais concluants sur un véhicule se présentant sous la forme d'une chenille

*Le véhicule est aujourd'hui au point dans sa partie mécanique.*

*Il se présente comme une chenille (3 caisses, 2 articulations - avec 4 axes d'articulation pour un 3 caisses) (cf. plus loin).*

*Le dispositif retenu positionne un essieu rayonnant sous articulation.*

*Le rapport rédigé à l'issue de la phase des essais d'un véhicule routier (juillet 80) indique :*

*"Les essais effectués tant avec le véhicule deux caisses qu'avec le véhicule trois caisses ont permis de vérifier que les buts de l'étude entreprise sont atteints : un véhicule articulé, routier en la circonstance, mais adaptable, en changeant les roues, à la circulation sur rail, à deux, trois caisses ou plus, dont le plancher est au maximum à 350 mm du sol en mode routier d'une extrémité à l'autre du véhicule, est réalisable.*

*En courbe, il a été démontré que l'ensemble des roues suit, à quelques centimètres près, la même trace et que le surlargeur, lors d'une inscription dans un cercle extérieur de 11 m de rayon, ne dépasse pas les 550 mm prévus".*

*A partir de cette dernière constatation, a été établi un mode très simple de guidage, à la demande, notamment pour les ouvrages, à partir du seul premier essieu, avec un rail central (cf. plus loin).*

*Avec une motorisation électrique, ce véhicule peut dès maintenant être mis en fabrication.*

*Une motorisation hydraulique, plus performante, est en cours*

# 3

DES ARGUMENTS  
POUR POURSUIVRE  
LA REALISATION  
DE CE PROJET

## la réponse au problème de transport de nombreuses villes complémentaire de l'autobus; aussi performant, mais moins cher, que le tramway

*Les problèmes mécaniques sont résolus dans de très bonne conditions de simplicité et fiabilité.*

*Le véhicule ainsi obtenu répond exactement au programme de la recherche.*

*Il apparaît très concurrentiel par rapport aux autres solutions connues, grâce au caractère original de l'articulation.*

*Ce véhicule apparaît comme complémentaire dans la gamme, existante ou prévue, des autobus et trolleybus.*

*Il apparaît, par contre, comme concurrent du tramway.*

*Il peut d'ailleurs constituer, tant dans sa version routière que ferroviaire, la véritable proposition française pour les besoins correspondants, notamment pour l'exportation - la France n'apportant, dans le matériel tramway, aucune innovation technique importante, ni aucune expérience.*

*Le marché correspondant à un tel véhicule existe, en partie en France dès maintenant, en grande partie à l'exportation, pour toutes les grandes cités, notamment celles en développement.*

*En effet, ce véhicule permet d'équiper des lignes avec une grande capacité, de l'ordre de celle obtenue avec le tramway, tout en limitant considérablement les travaux d'infrastructure*



# 4

CONDITIONS  
POUR POURSUIVRE  
LA REALISATION  
DE CE PROJET

## **rechercher un groupement d'agglomérations, pour une mise au point commune**

*Il faut intéresser un industriel compétent, en vue de l'étude complète d'un véhicule et de sa fabrication.*

*Pour cela, l'élément déterminant sera la commande d'une série, comme ce fut le cas pour le trolleybus de Nancy ou le tramway de Nantes.*

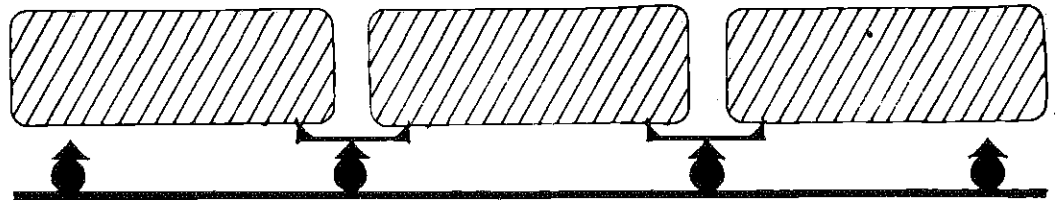
*Il n'est pas souhaitable qu'une telle commande soit le fait d'une seule collectivité.*

*C'est pourquoi, il est recherché un groupement de plusieurs agglomérations, ressentant pour l'avenir le besoin d'un véhicule de ce type et prête à s'engager, dans un premier temps, dans une commande d'étude d'un véhicule complet et, dans un second temps, de commande, le moment venu, d'un certain nombre d'exemplaires.*

5

LE  
VEHICULE

principes mécaniques adoptés

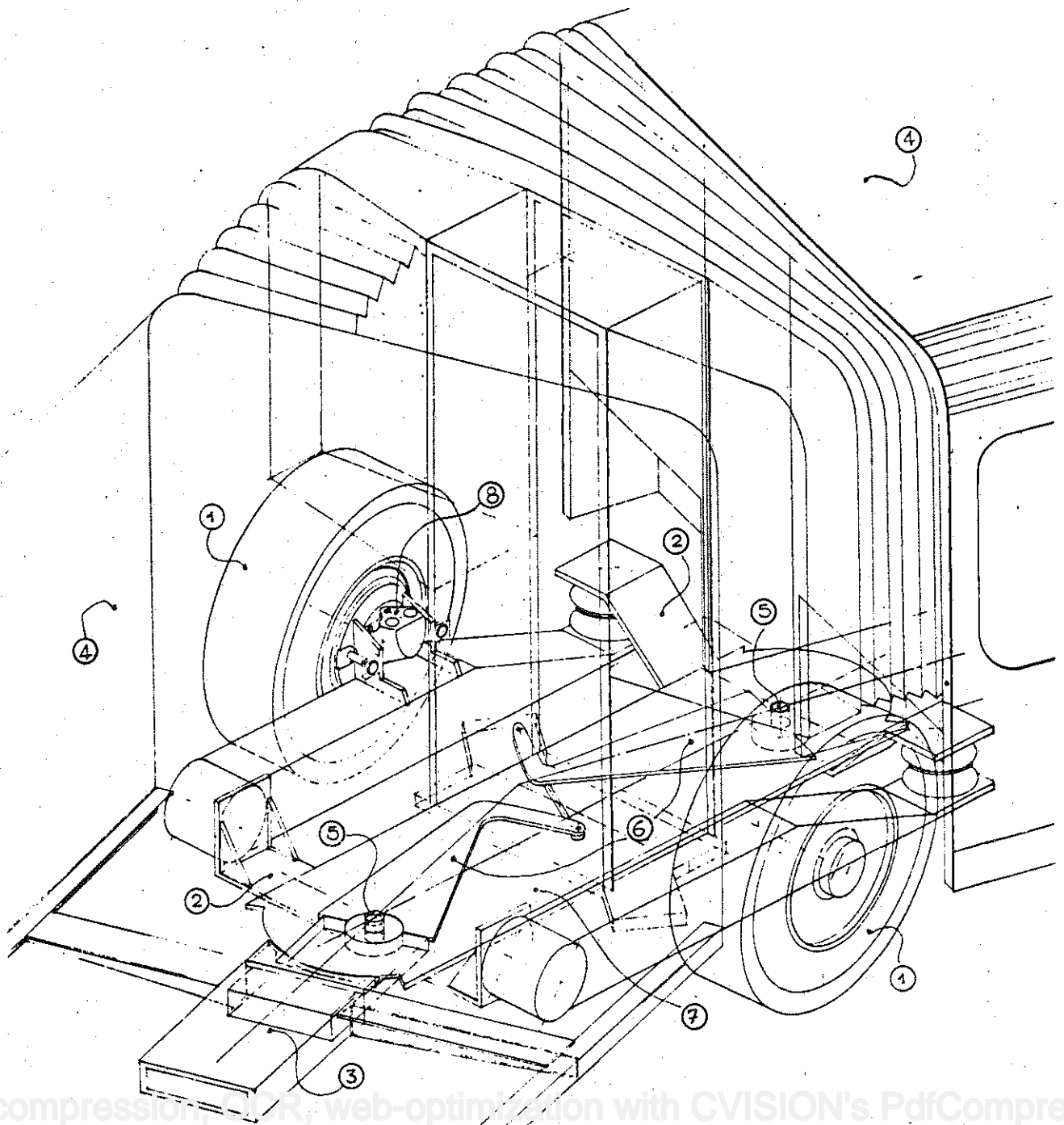


*Pour 3 caisses, il y aura 4 essieux simples et 2 articulations.*

L'innovation se trouve dans la conception mécanique et cinématique de l'articulation entre deux caisses, dont le schéma est présenté ci-dessous.

## L'ARTICULATION

- ① Deux roues indépendantes pneumatiques ou ferrées suspendues par rapport aux traverses ②
- ③ Les deux attelages liés à chacune des deux caisses
- ④ Chacune des caisses s'appuie sur les roues par l'intermédiaire des ⑤ pivots et des traverses, ce qui constitue deux axes d'articulation pour le dispositif.
- ⑥ Les directions prises par les deux caisses sont positionnées l'une par rapport à l'autre par une bielle.
- ⑦ Les efforts de traction et de déformation en plan et en profil sont absorbés et transmis par une plaque flexible.



## LA MOTORISATION

*La motorisation sera faite par un moteur électrique sur chaque roue. Une solution de transmission hydraulique de l'énergie est à l'essai pour une réalisation ultérieure. (cf. articulation 7 ;*

*Variante ferrée :*

*La prise de courant se fait sur caténaire.*

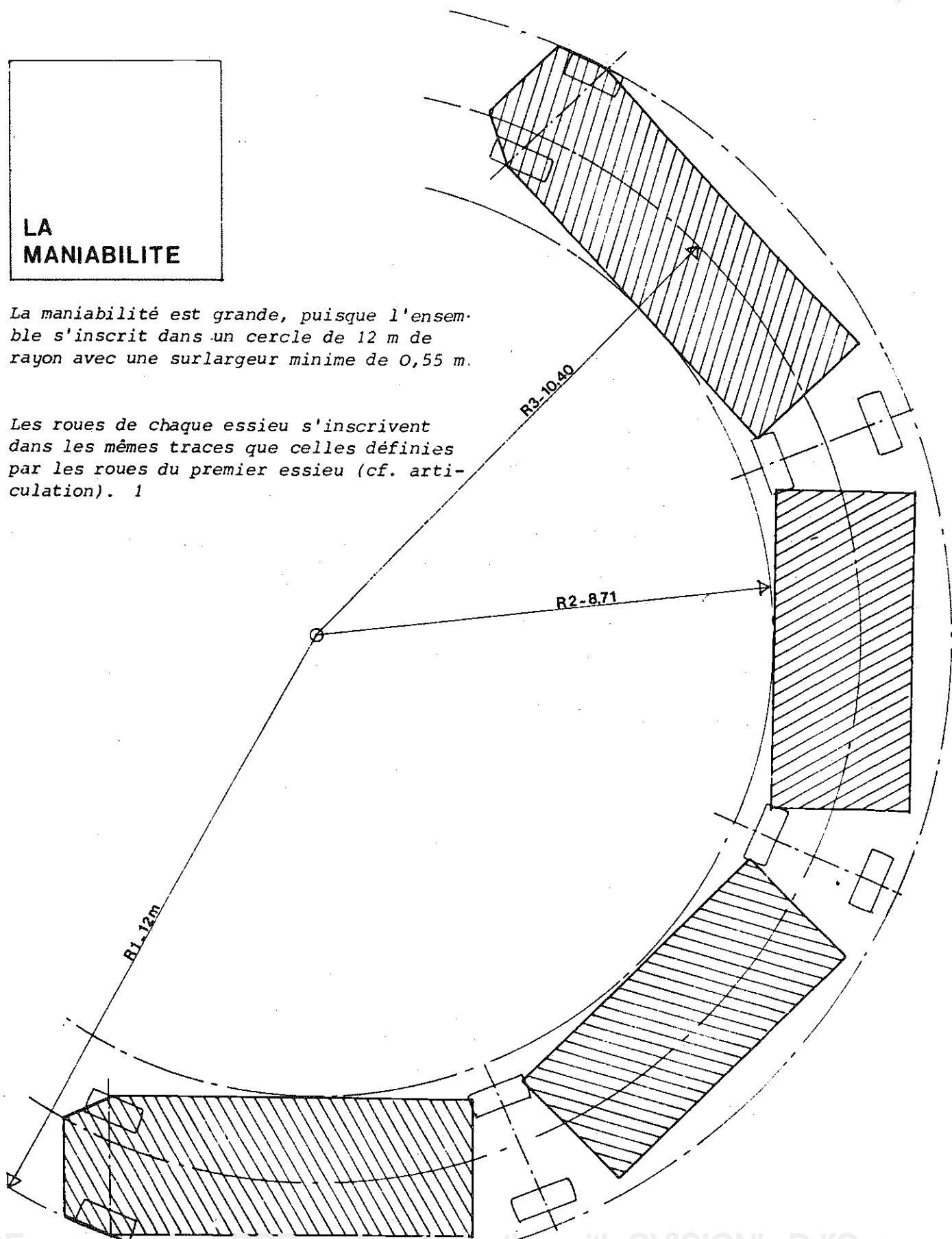
*Variante routière :*

*L'énergie est produite par un moteur thermique.*

## LA MANIABILITE

La maniabilité est grande, puisque l'ensemble s'inscrit dans un cercle de 12 m de rayon avec une surlargeur minime de 0,55 m.

Les roues de chaque essieu s'inscrivent dans les mêmes traces que celles définies par les roues du premier essieu (cf. articulation). 1



## LE GUIDAGE

*Le véhicule comporte un galet escamotable asservi avec la direction du premier essieu.*

*Dans les tronçons en site propre, ce galet prend position dans un rail.*

*L'ensemble du véhicule se trouve ainsi guidé (cf. maniabilité).*

## LE PLANCHER

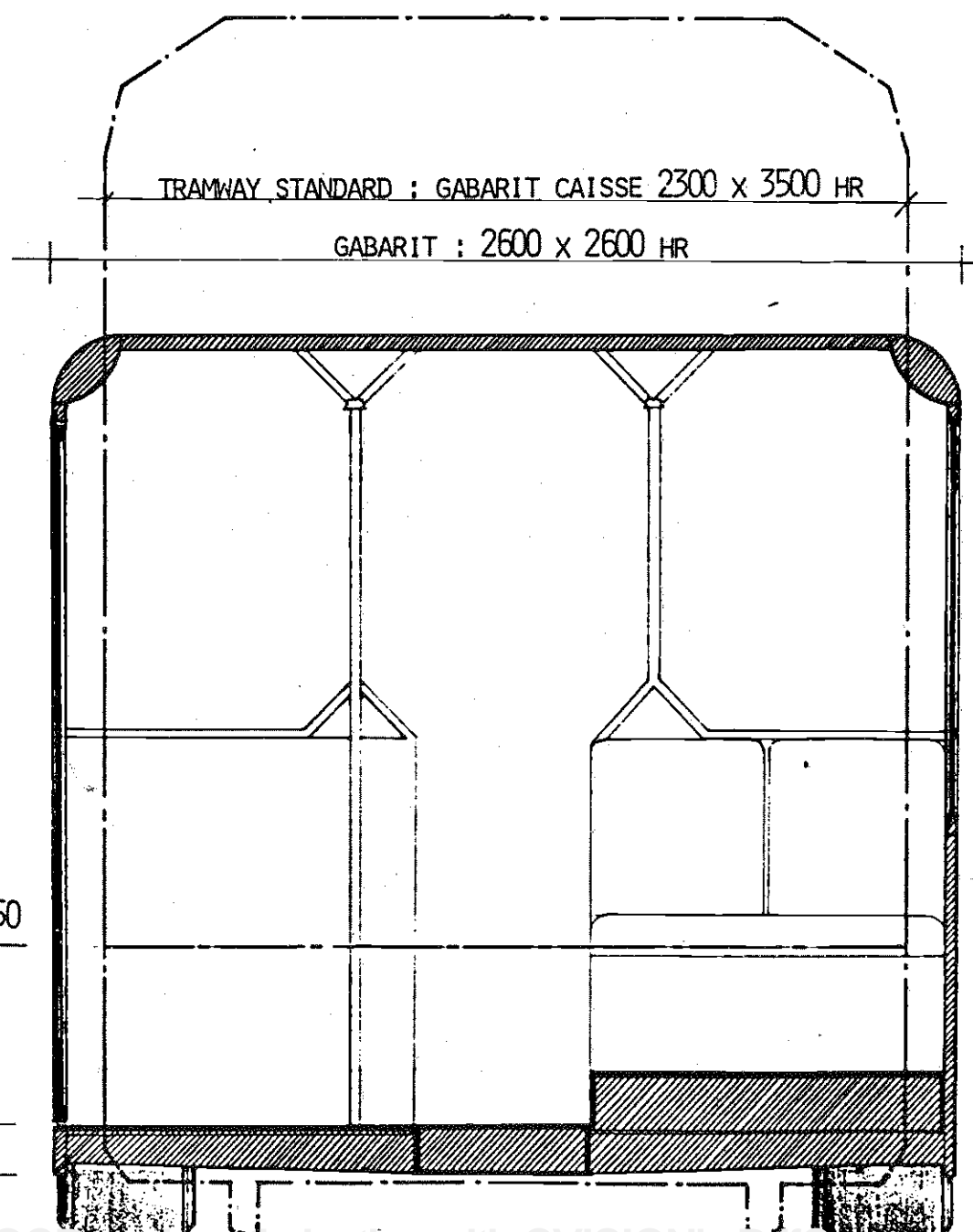
*Le plancher se trouve à 350 m/m du sol avec une garde de 200.*

*Une circulation continue des voyageurs existe, à ce niveau, sur toute la longueur du véhicule.*

PLANCHER TRAMWAY : + 850

PLANCHER : + 350

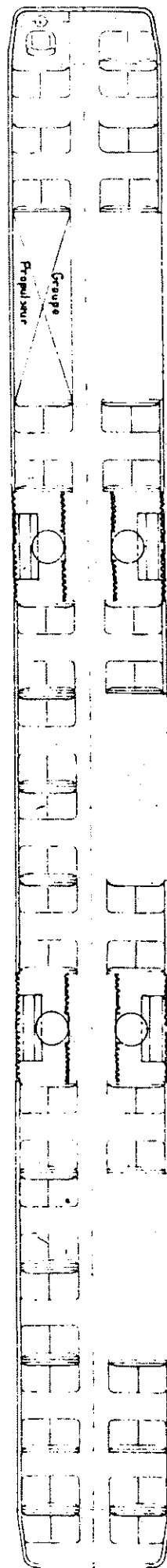
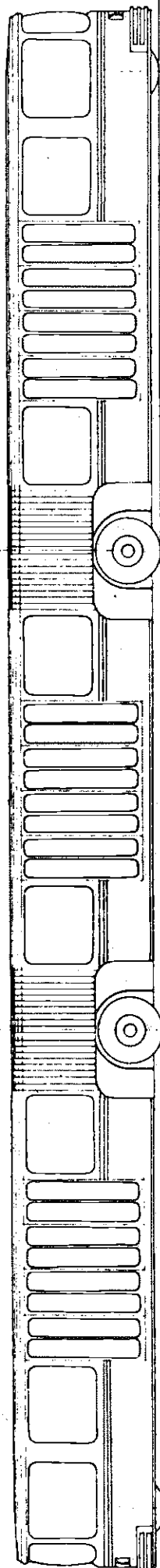
GARDE AU SOL : + 200



## CAPACITE OBTENUE

On obtient ainsi  
une gamme de capa-  
cité qui pour trois  
caisses atteint  
250 personnes.

La mise en circula-  
tion de ce véhicule  
suppose une déroga-  
tion au code de la  
route, ce qui ne  
devrait pas présen-  
ter d'impossibilité,  
compte tenu notam-  
ment que cette cir-  
culation ne se fera  
que sur des itiné-  
raires fixés à  
l'avance.









## Alstom International

Alstom International est une société d'implantations directes (Délégations locales), soit plus de 200 sociétés dans 100 pays, dont 15 en France. Alstom International s'occupe de l'ensemble de ces sociétés.

### Europe

Autriche  
Belgique  
Chypre  
Danemark  
Espagne  
Finlande  
Grande-Bretagne  
Grèce  
Hongrie  
Irlande  
Italie  
Norvège  
Pays-Bas  
Portugal  
R.F.A.  
Suède

### Suisse

U.R.S.S.  
Yougoslavie  
Tchécoslovaquie  
Turquie

### Extrême-Orient

Indonésie  
Australie  
Chine  
Corée  
Inde  
Indonésie  
Malaisie  
Pakistan  
Philippines  
Singapour  
Sri Lanka  
Taiwan  
Thaïlande  
Hong-Kong

### Amérique

Argentine  
Bolivie  
Canada  
Chili  
Colombie  
Equateur  
Mexique  
Paraguay  
Pérou  
Uruguay  
U.S.A.  
Vénézuéla

### Afrique

Afrique du Sud  
Algérie  
Angola  
Cameroun  
Côte-d'Ivoire  
Egypte  
Gabon  
Ile Maurice  
Maroc

Mozambique  
Nigeria  
République Populaire  
du Congo  
Sénégal  
Zaire

### Moyen-Orient

Arabie Séoudite  
Emirats  
Arabes Unis  
Iran  
Koweït  
Qatar  
Oman

## Alstom International France

Alstom International France est une société d'implantations directes (Délégations locales), soit plus de 200 sociétés dans 100 pays, dont 15 en France. Alstom International France s'occupe de l'ensemble de ces sociétés.

### Région Parisienne

Paris  
Bagnole  
Trappes  
Evry

### Région Nord

Lille  
Rouen  
Saint-Quentin

### Région Est

Belfort  
Metz  
Mulhouse  
Nancy  
Reims  
Strasbourg

### Région Centre

Clermont-Ferrand  
Dijon  
Orléans  
Tours

### Région Rhône-Alpes

Annecy  
Grenoble  
Lyon  
Valence

### Région Méditerranée

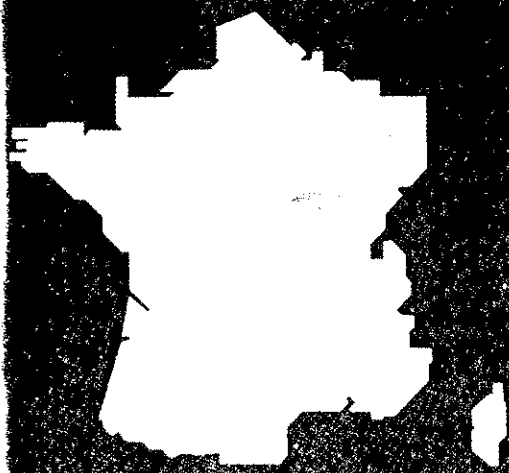
Avignon  
Marseille  
Montpellier  
Nice

### Région Sud-Ouest

Bordeaux  
Limoges  
Pau  
Toulouse

### Région Ouest

Brest  
Caen  
Nantes  
Rennes



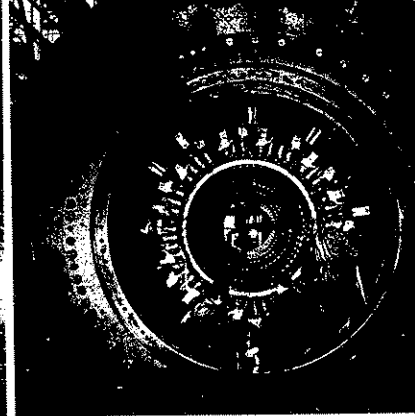
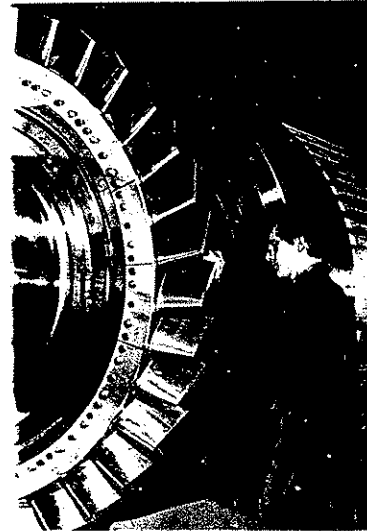
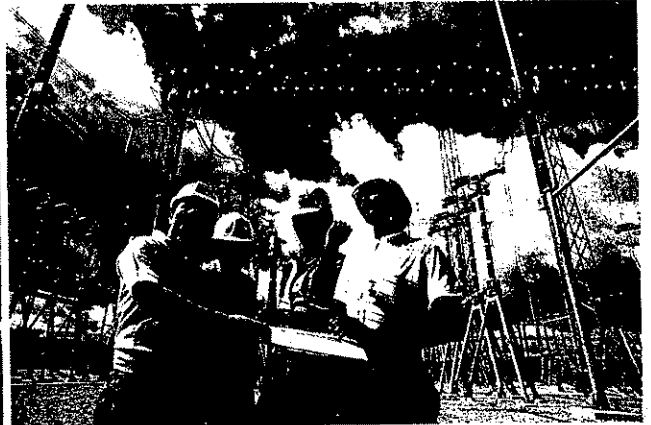
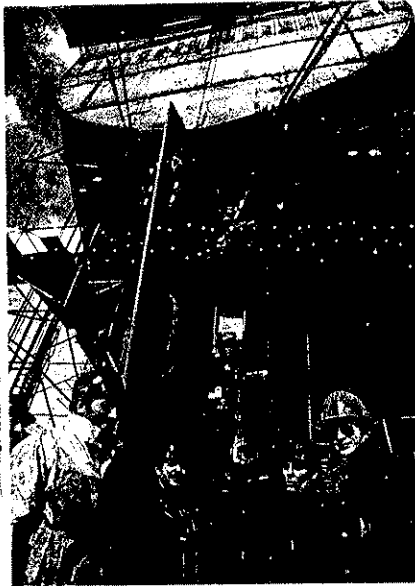
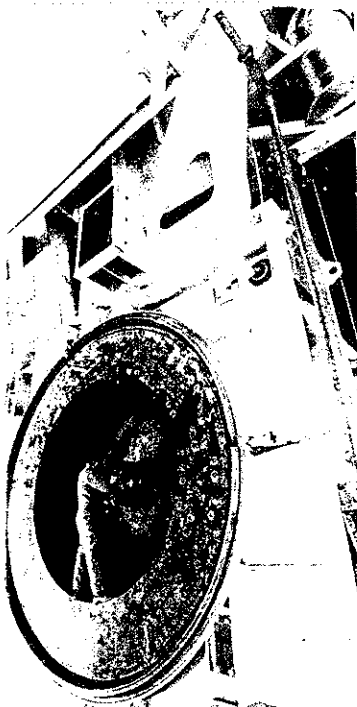
## ALSTHOM

ALSTHOM PARIS 8 552 07 41 15  
CODE APE 2811

18 AVENUE KLEBER 75006 PARIS FRANCE  
TEL PARIS 11 45 05 30 00



# ALSTHOM



ALSTHOM, dont la création remonte à 1928, est aujourd'hui le premier groupe industriel français dans le domaine des biens d'équipements terrestres et maritimes.

Avec 47 000 personnes et 50 établissements, ALSTHOM est un groupe industriel de taille internationale. Son chiffre d'affaires consolidé atteint 28,2 milliards de francs avec une part exportation de 55 %.

ALSTHOM exerce ses activités sur quatre grands marchés :

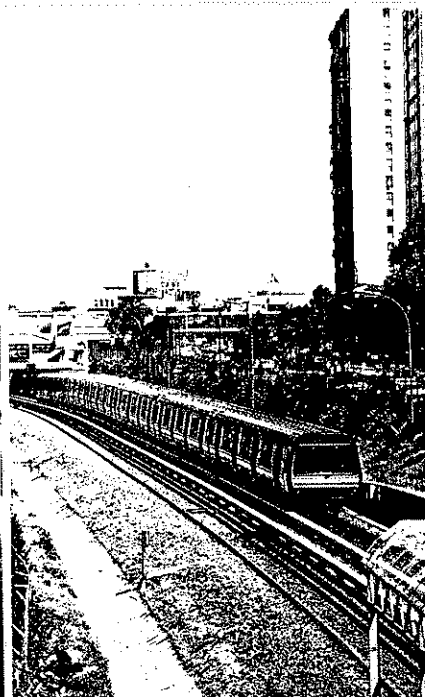
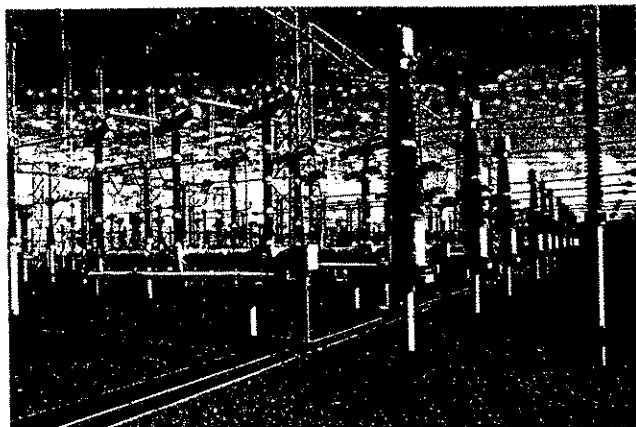
- la production, le transport et la distribution d'énergie électrique,
- les matériels ferroviaires,
- la construction navale.
- les équipements industriels et les matériaux nouveaux,

La dimension du groupe, l'étendue de ses fabrications et de ses services ont conduit à l'organiser en 7 secteurs d'activités :

- Constructions navales,
- Électromécanique,
- Centrales énergétiques,
- Transports Ferroviaires,
- Appareillage électrique,
- Transformateurs,
- Robotique et matériaux.

Dans tous ces domaines, ALSTHOM, fournisseur de matériels, d'ensembles et de services complets, a acquis une réputation internationale.



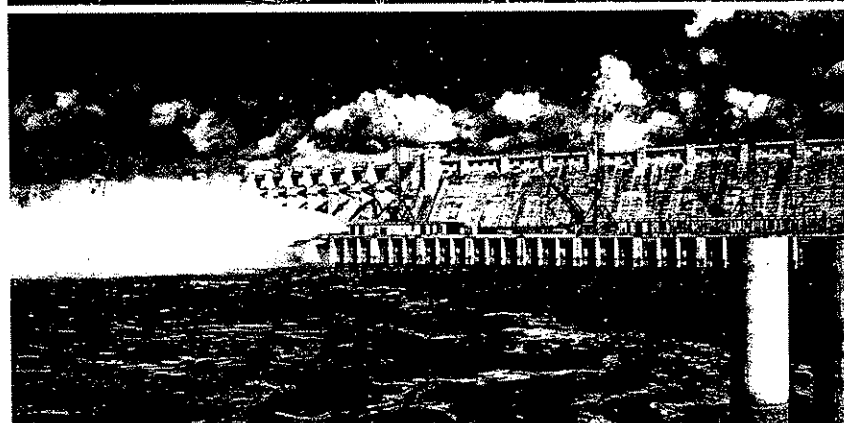
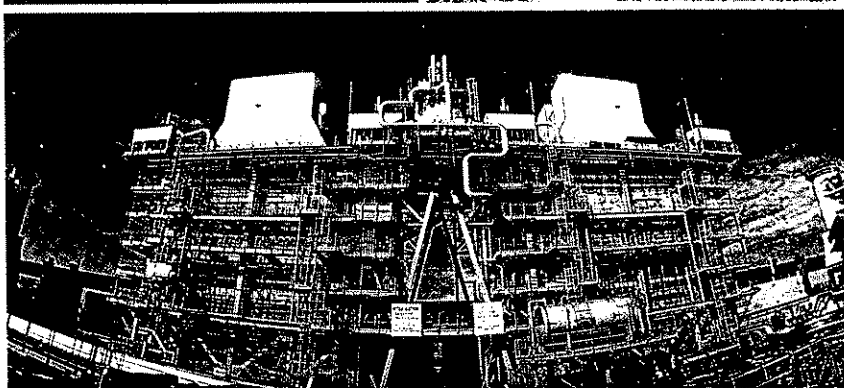


## DES RÉALISATIONS D'ENSEMBLES

ALSTHOM dispose des moyens d'entreprise générale qui associent la conception de systèmes, la fabrication des matériels, le montage, la mise en service des installations et leur maintenance.

Ces moyens associés à ceux de ses filiales ou de ses partenaires industriels lui permettent de proposer à l'exportation des ensembles complets livrés clés en main :

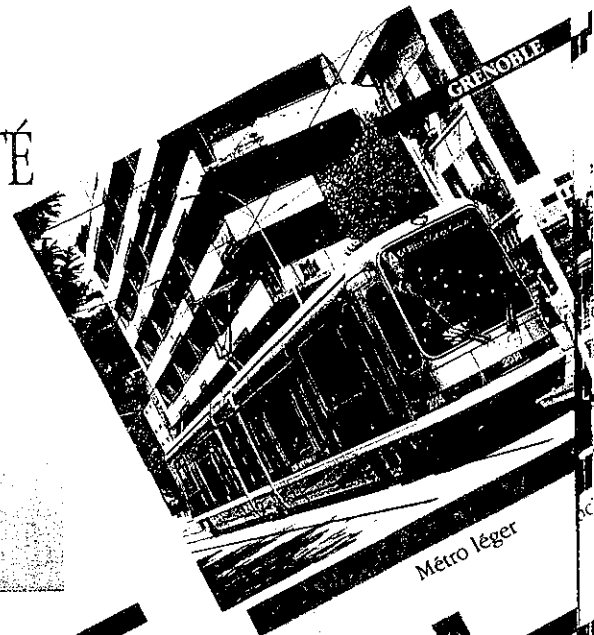
- des centrales thermiques classiques équipées par ALSTHOM et ses filiales,
- des centrales thermiques complètes de moyenne puissance, qui produisent de l'énergie à partir de turbines à gaz, ou de groupes Diesel,
- des centrales nucléaires étudiées par FRAMATEG, filiale commune d'ALSTHOM, fournisseur de l'îlot conventionnel, et de FRAMATOME fournisseur du réacteur,
- des centrales hydro-électriques présentées à l'exportation par ALSTHOM-SCHNEIDER qui coordonne les activités de NEYRPI (turbines) et d'ALSTHOM-JEUMONT (alternateurs),
- des réseaux de transport et de distribution d'énergie depuis la centrale jusqu'à l'utilisateur grâce au groupement COGELEX ALSTHOM qui rassemble ALSTHOM, CGEE ALSTHOM et les CABLES DE LYON,
- des unités de production industrielle pour lesquelles les équipes d'ALSTHOM CEM SERVICES et ALSTHOM OIL SERVICES peuvent assurer l'assistance au montage, à l'entretien et à l'exploitation,
- des systèmes complets de transport, du génie civil au matériel roulant, en passant par les automatismes ferroviaires et la signalisation dans le cadre de groupements avec de grandes Sociétés de Travaux Publics,
- des ensembles pré-assemblés sur barges, de l'Hôtel "prêt à habiter" à la centrale "prête à exploiter" entièrement réalisés en France au chantier naval, par toutes les unités du groupe concernées et livrés terminés sur les lieux d'utilisation.



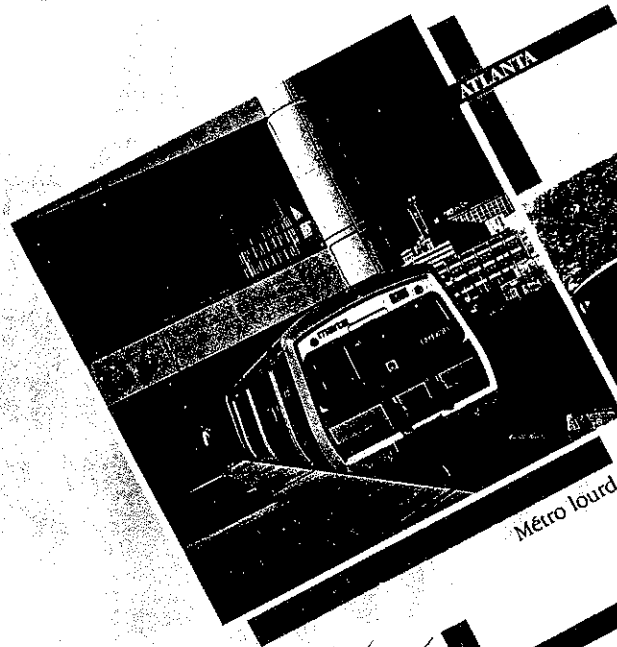




DES MILLIONS  
DE PASSAGERS  
TRANSPORTÉS  
EN TOUTE SÉCURITÉ  
À TRAVERS  
LE MONDE PAR  
LE MATÉRIEL  
ALSTHOM.



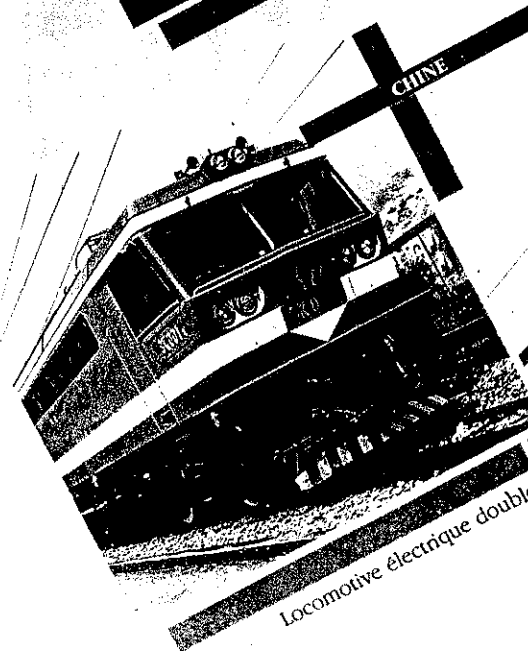
Métro léger



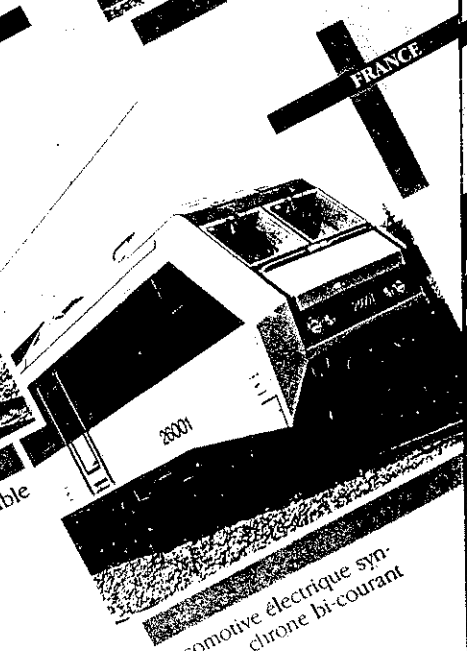
Métro lourd



Métro lourd



Locomotive électrique double



Locomotive électrique synchrone bi-courant

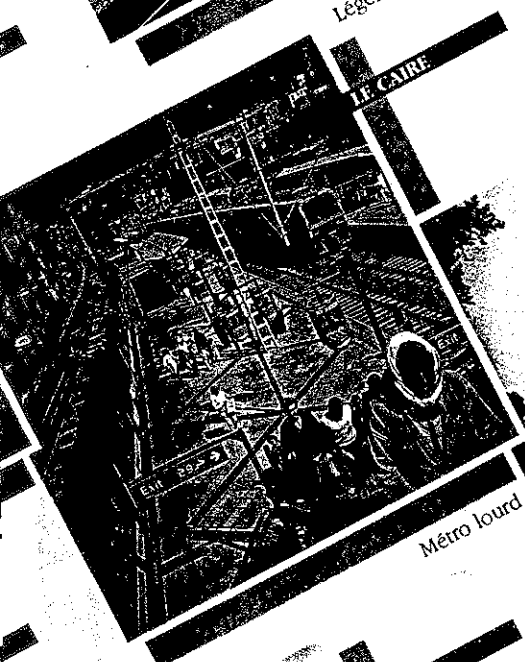




Véhicule Automatique  
Léger (VAL)



Locomotive Diesel électrique



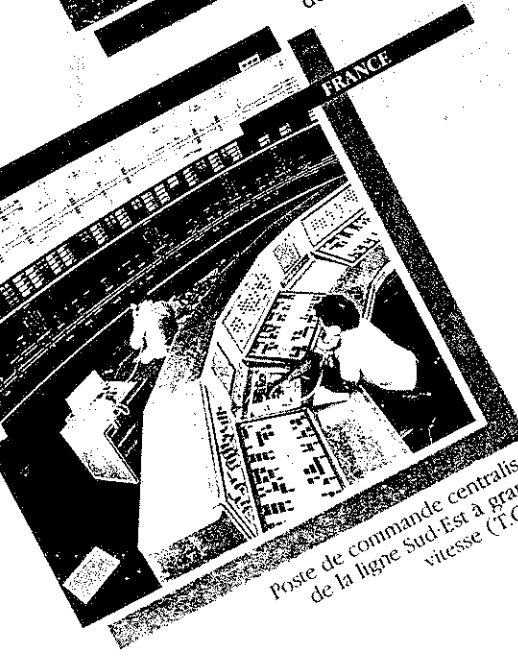
Métro lourd



Automotrice à deux niveaux  
de la banlieue parisienne



TGV Atlantique



Poste de commande centralisée  
de la ligne Sud-Est à grande  
vitesse (T.G.V.).

**ALSTHOM**





# LE MÉTRO LÉGER DE NANTES



**ALSTHOM**



**Première réalisation de la nouvelle génération de tramway français, le tramway de Nantes a été conçu en fonction des principes fondamentaux suivants :**

- Véhicule articulé de deux caisses sur trois bogies ;
- Voie normale ;
- Réversibilité totale ;
- Véhicule "tout électrique" ;
- Possibilité de former des unités doubles avec un attelage automatique intégral.

## PERFORMANCES

- En charge maximale (6,6 voyageurs debout/m<sup>2</sup>)
- Vitesse maximale..... 70 km/h
- Accélération moyenne de 0 à 40 km/h..... 1,1 m/s<sup>2</sup>
- Temps pour atteindre la vitesse maximale..... 27 secondes
- Accélération résiduelle à 70 km/h..... 0,3 m/s<sup>2</sup>
- Décélération en freinage normal de service..... 1,2 m/s<sup>2</sup>
- Décélération en freinage maximal de service..... 1,5 m/s<sup>2</sup>
- Décélération en freinage d'urgence.....  $\approx 3$  m/s<sup>2</sup>

## CAPACITÉS

En charge normale :	
Passagers assis.....	60
Passagers debout (4 au m <sup>2</sup> ).....	108
TOTAL.....	168
En charge maximale :	
Passagers assis.....	60
Passagers debout (6,6 m <sup>2</sup> ).....	178
TOTAL.....	238

## MASSES

En ordre de marche.....	40 080 kg
En charge normale.....	51 840 kg
En charge maximale.....	56 740 kg

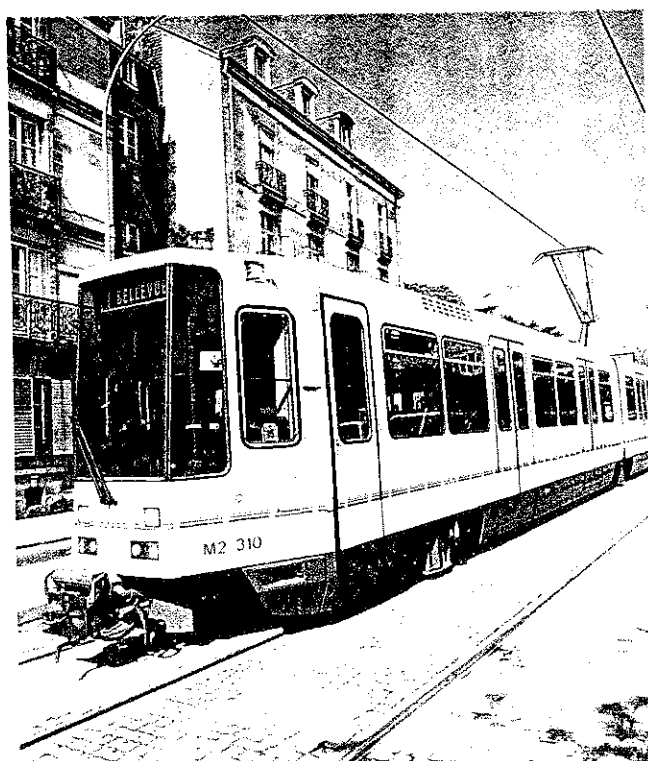
## TRANSMISSION ÉLECTRIQUE

- Deux moteurs de traction à courant continu autoventilés de 275 kW, chacun alimenté par 2 hâcheurs de courant à thyristors.
- Un hâcheur principal refroidi au Fréon ;
- Un hâcheur d'excitation à ventilation naturelle.



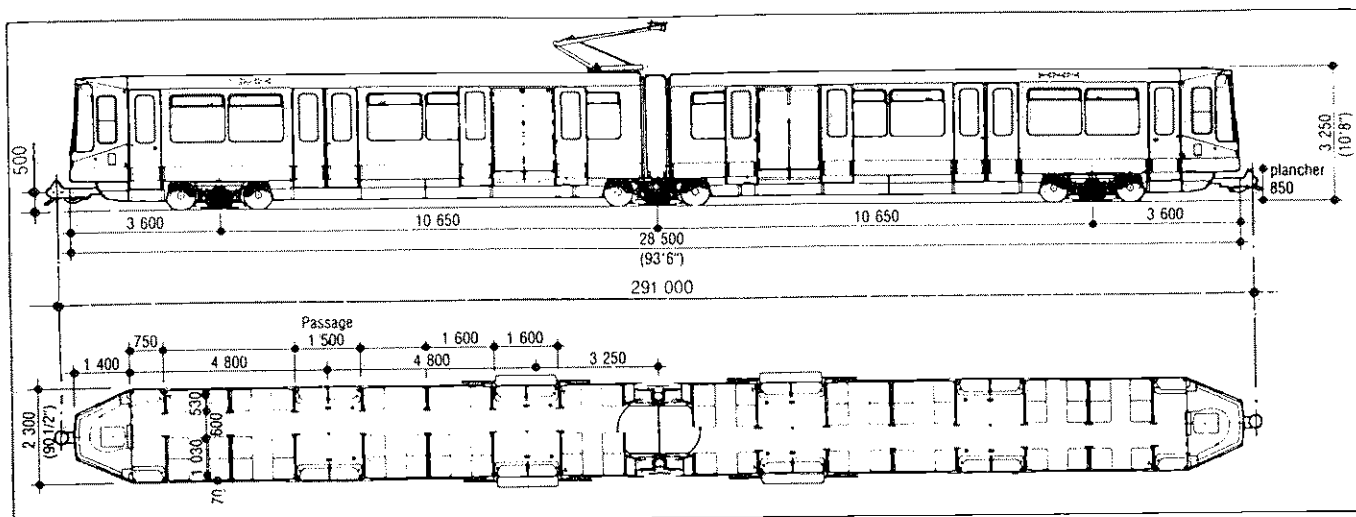
## GÉNÉRALITÉS

- Composition de la rame : 2 motrices articulées reposant sur 2 bogies moteurs et un bogie porteur médian.
- Caractéristiques dimensionnelles :
  - Longueur hors tout..... 28,50 m
  - Largeur de caisse..... 2,30 m
  - Hauteur plancher au rail..... 0,87 m
  - Hauteur sous plafond..... 2,08 m
- Accessibilité :
  - 4 portes doubles et 2 portes simples par face (type louvoyant pivotant extérieur) ;
  - Emmarchement pour quai bas de 0,25 m composé d'une marche mobile à mouvement conjugué avec l'ouverture des portes et d'une marche fixe.
- Construction de la caisse : Profilés d'aluminium.
- Construction des bogies : Caissons en acier mécano-soudé.









## AUXILIAIRES

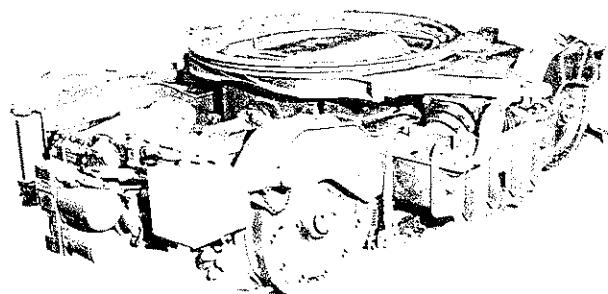
- Un convertisseur statique principal de 750 V - 72 V courant continu ;
- Deux convertisseurs statiques de 72 V - 24 V, connectés en parallèle, incorporés dans le convertisseur statique principal ;
- Un onduleur ;
- Une batterie d'accumulateurs cadmium-nickel de 72 V - 70 Ah.

## FREINAGE

- Freinage électrique à récupération et rhéostatique, conjugué au frein mécanique à disques actionnés électriquement avec addition de patins magnétiques pour le freinage d'urgence.

## BOGIES

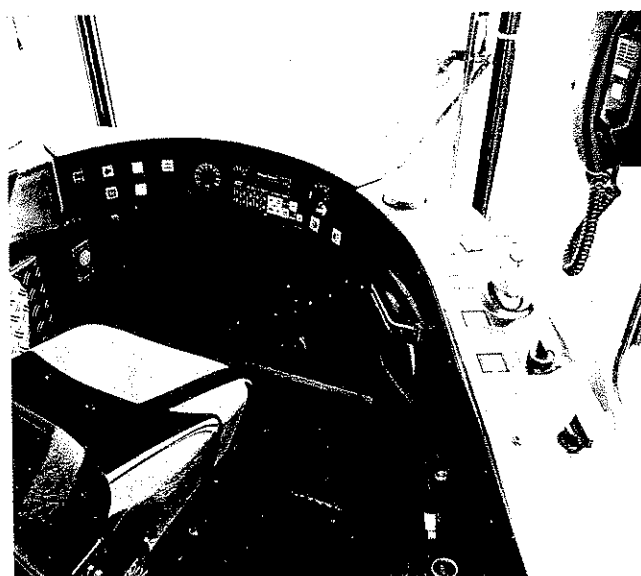
- Tous les bogies sont équipés de roues élastiques (Ø 660 mm) et de 2 étages de suspension (primaire et secondaire) par blocs élastomère et caoutchouc métal.
- Bogie moteur :
  - type monomoteur, avec moteur installé longitudinalement au centre du châssis et entièrement suspendu à celui-ci ;
  - transmission de mouvement par cardans et ponts réducteurs à double étage de réduction.
- Tous les bogies sont équipés de disques de freinage et de patins magnétiques.





## AMÉNAGEMENTS

- L'utilisation spécifique d'un tramway a conduit à doter le véhicule de grandes baies vitrées pour une meilleure vision vers l'extérieur aussi bien latéralement qu'aux extrémités.
- La nécessité de faciliter l'entretien et le nettoyage a été prise en compte par l'adoption de revêtements facilement nettoyables ou d'échange rapide et le montage des sièges sur les faces latérales du véhicule sans aucun piètement au sol.



# ALSTHOM

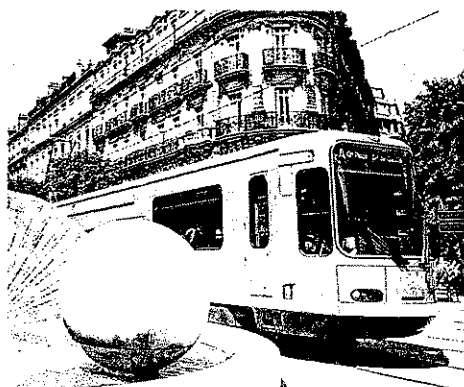
ALSTHOM  
DIVISION DES TRANSPORTS FERROVIAIRES  
TOUR NEPTUNE - CEDEX 20  
92086 PARIS LA DEFENSE

Téléphone : (1) 47 44 90 00  
Téléc : ALSTR 611 207 F  
Téléfax : (1) 47 78 77 55





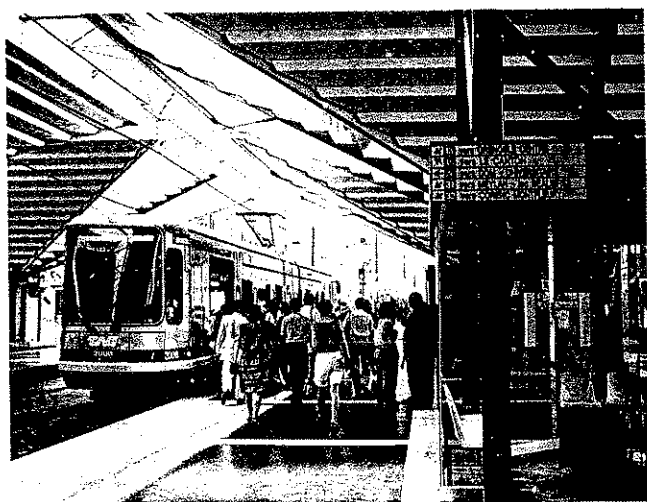
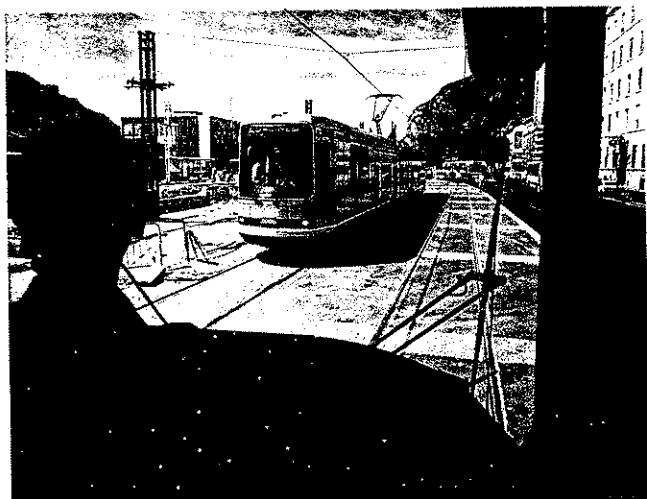
# LE METRO LEGER DE GRENOBLE



**ALSTHOM**



Version moderne du Tramway, le métro léger connaît actuellement un important développement, accompagné à chaque réalisation, d'évolutions marquantes. Pour Grenoble, la nouvelle option plancher bas permet pour la première fois, en France, l'accessibilité aisée aux personnes à mobilité réduite. Ainsi, prend naissance une nouvelle gamme de matériels dotés par ailleurs des derniers perfectionnements techniques (électronique, microprocesseurs).

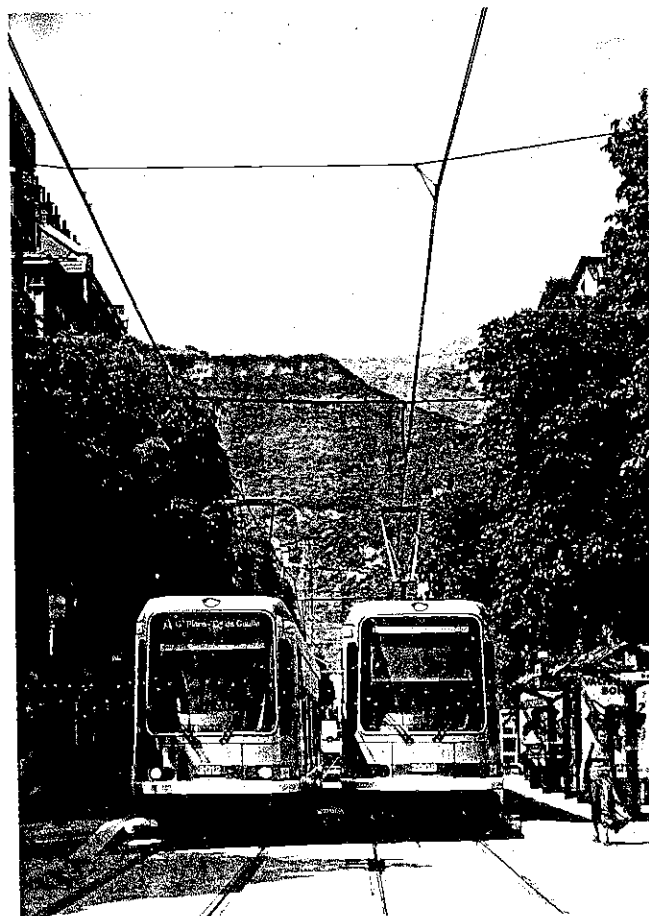


## PERFORMANCES

- En charge maximale (6,6 voyageurs debout/m<sup>2</sup>)
- Vitesse maximale..... 70 km/h
- Accélération moyenne de 0 à 40 km/h..... 0,92 m/s<sup>2</sup>
- Temps pour atteindre la vitesse maximale..... 29 secondes
- Accélération résiduelle à 70 km/h..... 0,27 m/s<sup>2</sup>
- Décélération en freinage normal de service..... 1,2 m/s<sup>2</sup>
- Décélération en freinage maximal de service..... 1,5 m/s<sup>2</sup>
- Décélération en freinage d'urgence..... 2,9 m/s<sup>2</sup>
- Jerk ajustable à l'accélération..... 0,6 à 1 m/s<sup>3</sup>

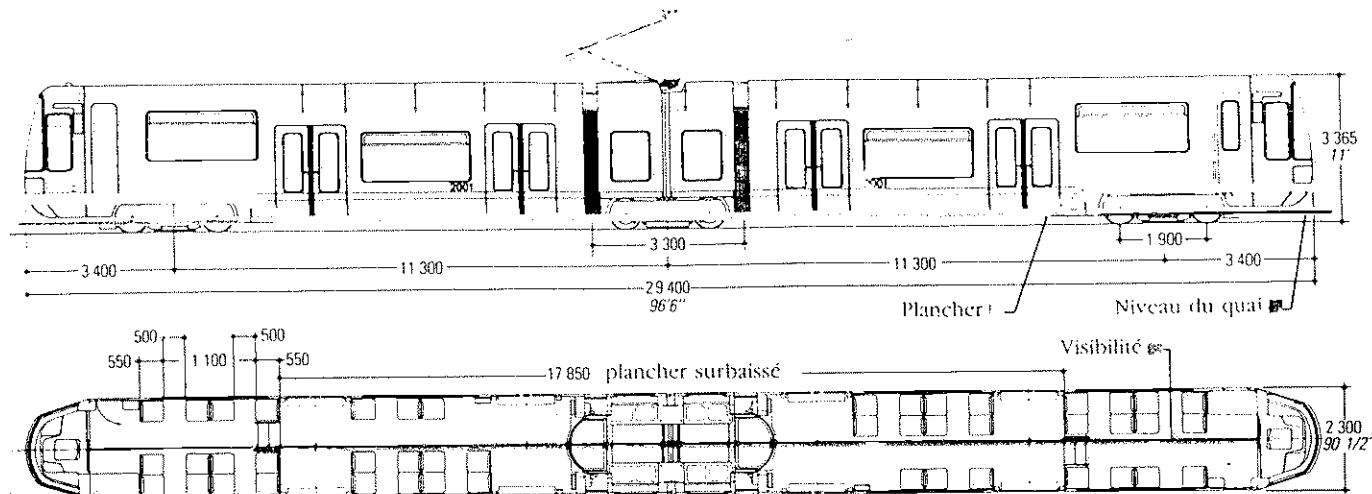
## GÉNÉRALITÉS

- Composition de la rame :
  - 2 caisses articulées sur 2 bogies moteurs et une intercirculation à plancher bas sur bogie médian.
  - Voie normale.
  - Réversibilité totale d'utilisation.
  - Absence d'air comprimé.
  - Possibilité de former des unités multiples en ajoutant un attelage automatique intégral.
- Caractéristiques dimensionnelles
  - Longueur hors tout..... 29,40 m
  - Largeur de caisse..... 2,30 m
  - Hauteur plancher au rail
    - partie basse..... 0,345 m
    - partie haute..... 0,875 m
  - Hauteur sous plafond..... 2,10 m
- Accessibilité
  - 4 portes doubles par face (type louvoyant-coulissant).
  - Emmarchement maximal de 85 mm, pouvant être compensé à la demande ou systématiquement pour l'accès des fauteuils roulants ou des landaus par la sortie d'une palette raccordant le plancher bas au trottoir.
- Circulation interne
  - Plancher haut à chaque extrémité de l'élément, au niveau des bogies moteurs.
  - Plancher bas continu sur 17,85 m en partie médiane.
  - Raccordement des deux niveaux par 3 marches.
  - Emplacement spécial pour fauteuils roulants, landaus, etc. sur les plates-formes d'accès.









## TRANSMISSION ÉLECTRIQUE

- Deux moteurs de traction à courant continu autoventilés de 275 kW chacun alimentés par 2 hacheurs de courant à thyristors. Traitement de consignes traction/freinage microprogrammées pour une utilisation optimale de l'adhérence disponible.

## FREINAGE

Freinage électrique à récupération et rhéostatique, conjugué au frein électrohydraulique à disques avec addition de patins magnétiques pour le freinage d'urgence. Une commande micro-programmée d'anti-enrayage à contrôle de glissement, complète la sensation de confort et la sécurité.

## BOGIES

- Tous les bogies sont équipés de roues élastiques ( $\varnothing$  660 mm) et de 2 étages de suspension (primaire et secondaire) par blocs élastomère et caoutchouc métal.

- Bogie moteur:

- Masse: 5 820 kg.

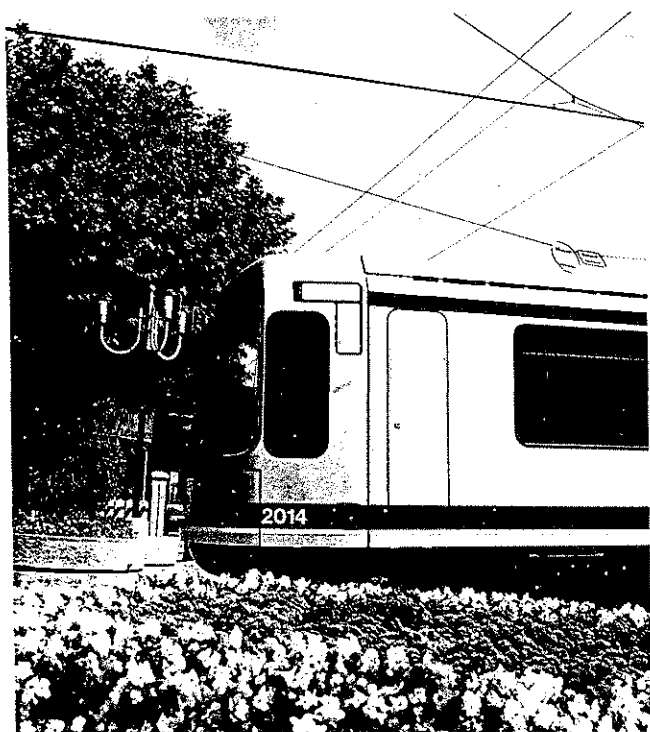
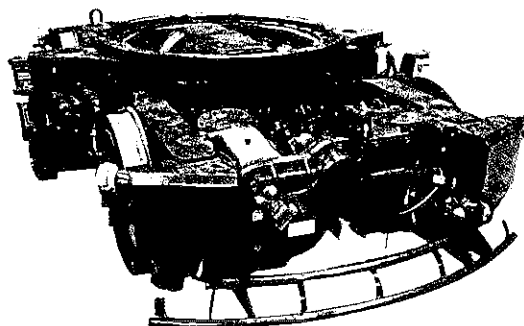
- Type monomoteur, avec moteur installé longitudinalement au centre du châssis et entièrement suspendu à celui-ci.

- Transmission de mouvement par cardans et ponts réducteurs à double étage de réduction.

- Un bogie porteur:

- Masse: 3 960 kg.

- La recherche d'un plancher bas en intercirculation a conduit à la conception originale d'un bogie central surbaissé à "essieux coudés" équipés de roues indépendantes permettant la circulation d'un fauteuil roulant entre les deux véhicules.





## AMÉNAGEMENTS

Le confort et l'habitabilité du compartiment voyageurs sont particulièrement soignés:

- Sièges individualisés d'une largeur de 500 mm.
- Système de chauffage ventilation (air pulsé) avec une régulation.
- Amélioration du niveau sonore apportée par l'emploi de roues élastiques antivibratoires, évitant les résonances roue-rail.
- Finitions intérieures antivandalisme.
- Cabine de conduite définie à partir d'une étude ergonomique.

## CAPACITÉS

En charge normale:

Passagers assis.....	54
Passagers debout (4 au m <sup>2</sup> ).....	120
TOTAL.....	174
Strapontins.....	4

En charge maximale:

Passagers assis.....	54
Passagers debout (6,6 au m <sup>2</sup> ).....	198
TOTAL.....	252

## MASSES

En ordre de marche.....	43 900 kg
En charge normale.....	56 100 kg
En charge maximale.....	61 500 kg

## AUXILIAIRES

- Un convertisseur statique principal de 750 V-72 V cc.;
- Deux convertisseurs statiques de 72 V-24 V, en parallèle, incorporés dans le convertisseur statique principal;
- Deux onduleurs délivrant du 55 V alternatif triphasé (fréquence 45 Hz);
- Une batterie d'accumulateurs cadmium-nickel de 72 V-70 Ah.



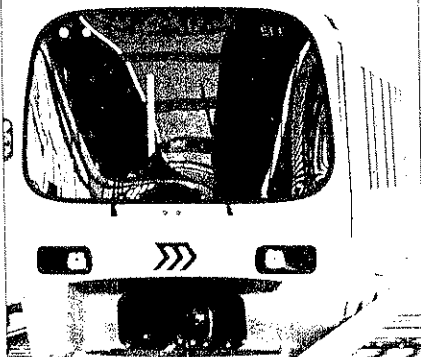
# ALSTHOM

DIVISION DES TRANSPORTS FERROVIAIRES  
 TOUR NEPTUNE - CEDEX 20  
 92086 PARIS LA DEFENSE  
 Téléphone : 33 (1) 47 44 90 00  
 Télex : ALSTR 611 207 F  
 Télécopie : 33 (1) 47 78 77 55

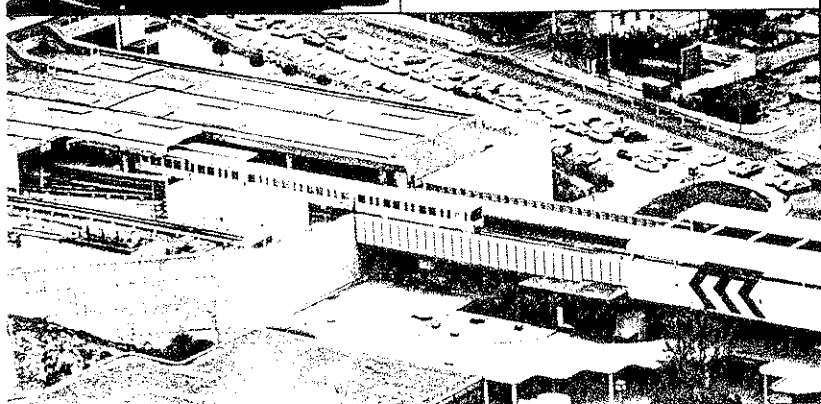
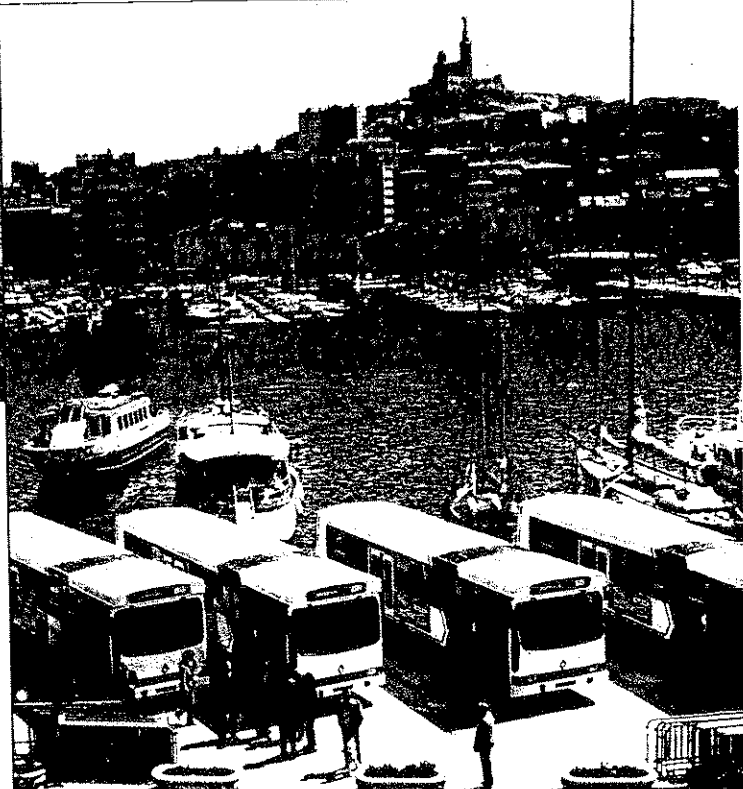
# De Dietrich

DIVISIONS FERROVIAIRE ET MECANIQUE  
 REICHSHOFFEN - USINES  
 67110 NIEDERBRONN-LES-BAINS  
 Téléphone : 33 (16) 88 80 25 00  
 Télex : DIETRIR 870 850 F  
 Télécopie : 33 (16) 88 80 25 12





S M M



SOCIETE  
DU METRO  
DE MARSEILLE

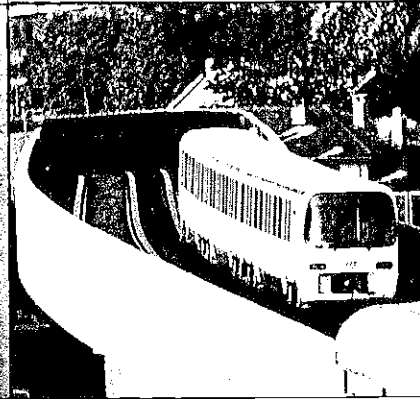
REGIE  
DES TRANSP  
DE MARSEIL





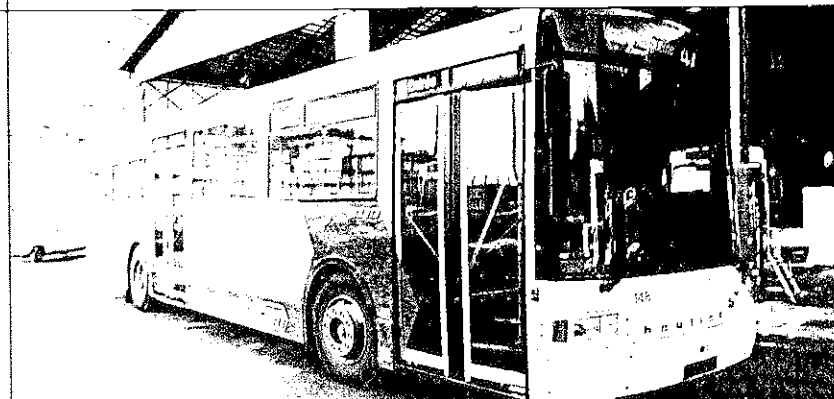


INDUSTRIEL  
INGÉNIE  
TRANSPORTS  
ET  
COMMUNICATIONS  
DES SERVICES  
D'ÉLECTRICITÉ



MM

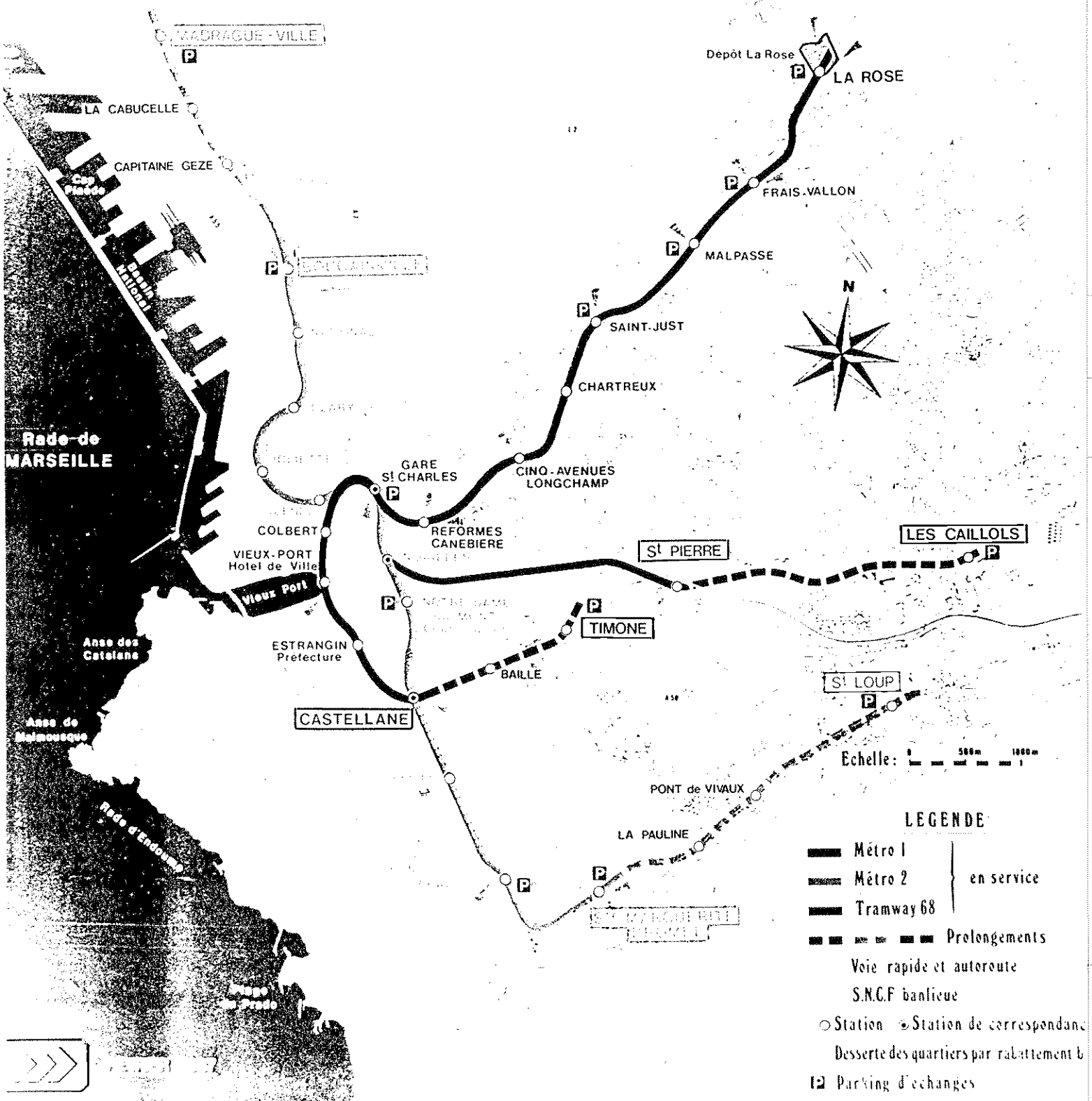
METRO  
TRAMWAY  
TROLLEYBUS  
AUTOBUS





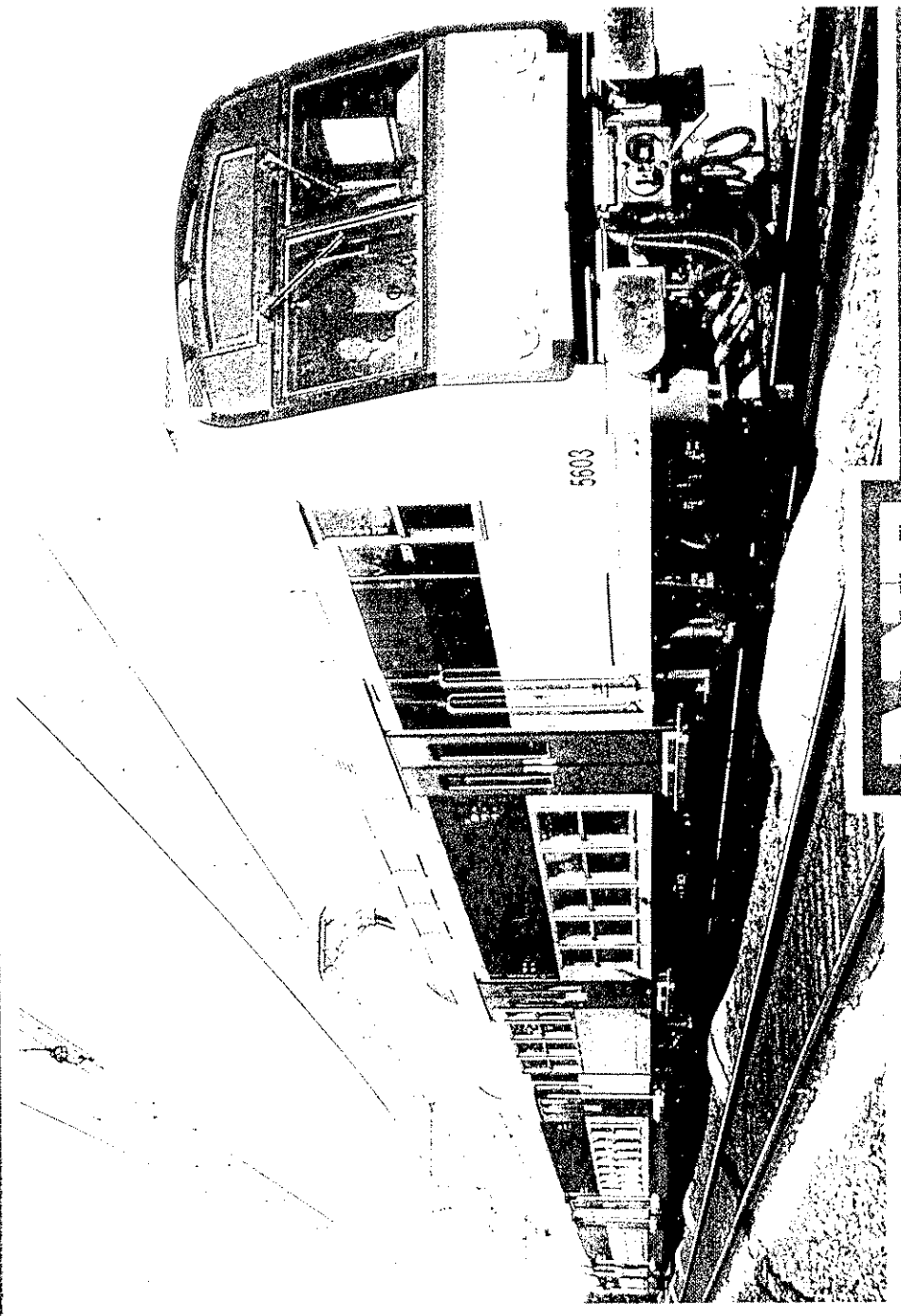


# LE METRO ET SES CORRESPONDANCES





# RAMES AUTOMOTRICES A DEUX NIVEAUX

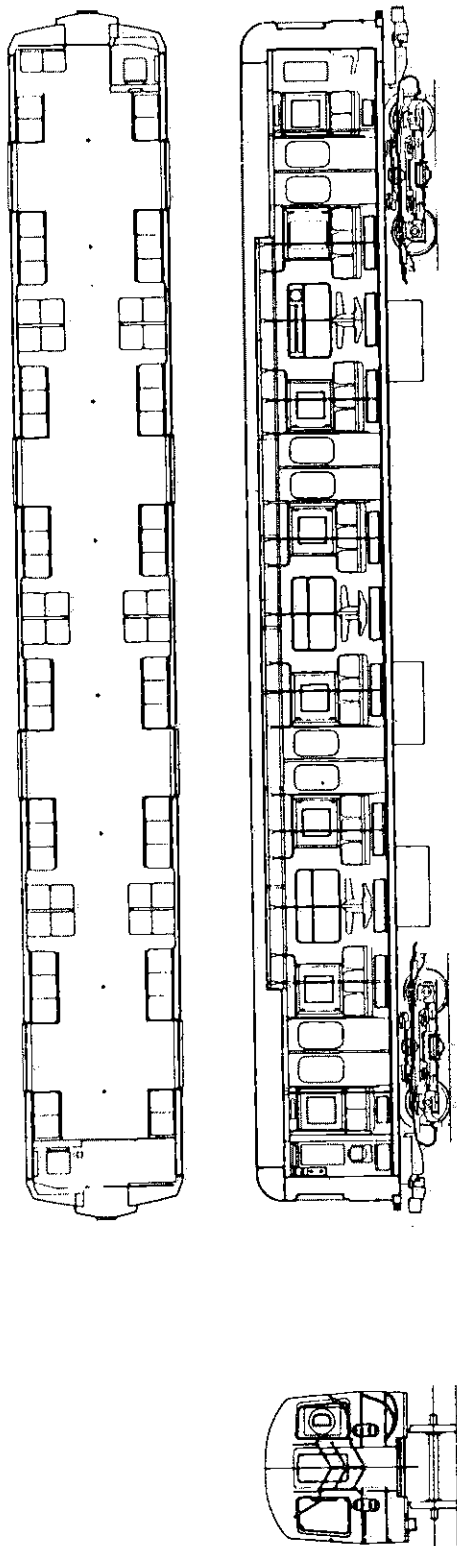


**AINTE**  
INDUSTRIE

SPACES 2014



METRO DE NEW YORK — MOTRICE R68



● Caractéristiques générales			Unités S.I.	Unités U.S.
Ecartement de la voie			1,435 m	4' 8 1/2"
Caractéristiques dimensionnelles	longueur		22,860 m	75'
	largeur		2,972 m	9'9"
	hauteur		3,696 m	12'1"
Masse	à vide		41,5 t	91.500 lbs
	en charge normale		51,6 t	113.800 lbs
	en charge exceptionnelle		61,0 t	134.500 lbs
Capacité	places assises			70
	en charge normale			144
	en charge exceptionnelle			279
Structure de caisse	Acier inoxydable et acier au cuivre (extrémités de châssis)			
Composition d'une rame	8 motrices			

● Performances

Vitesse maximale 80 km/h 50mph  
Accélération maximale 1,1 m/s<sup>2</sup> 2,5 mph/s  
Freinage maximal 1,3 m/s<sup>2</sup> 3,0 mph/s

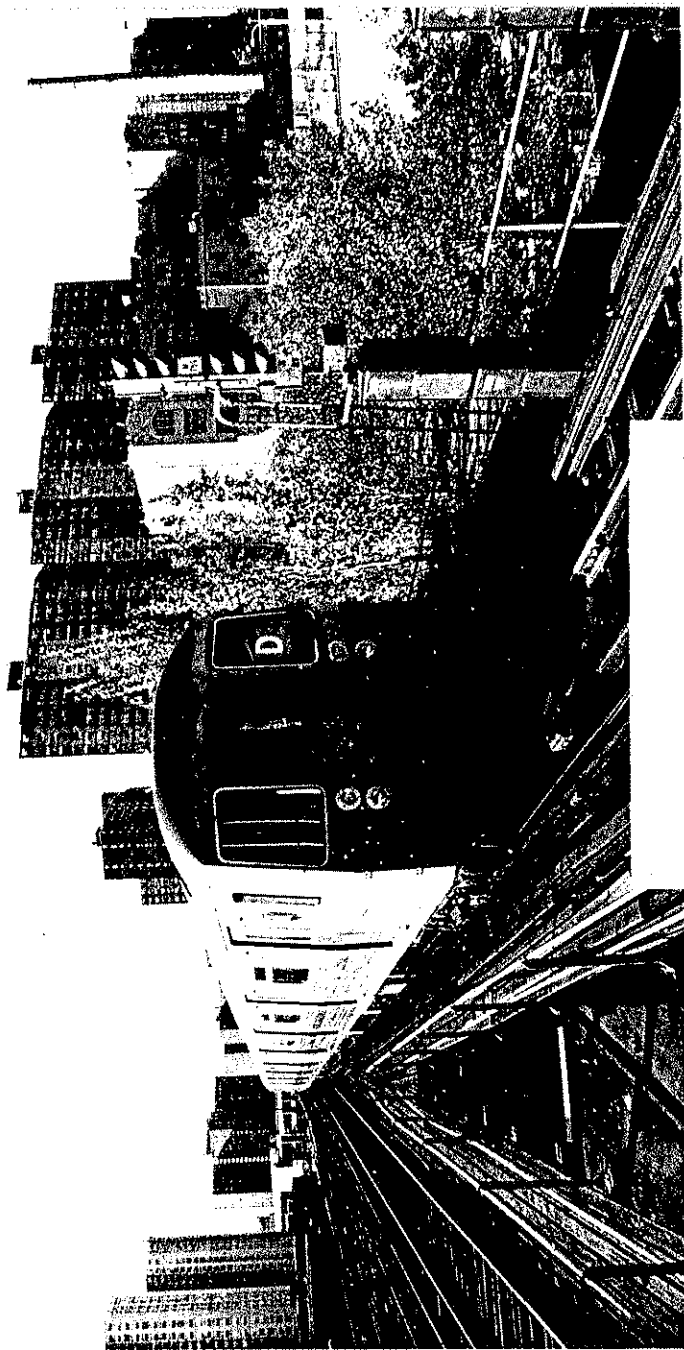
● Motorisation

Alimentation électrique 3<sup>e</sup> rail - 600 Vcc  
Tension admissible au collecteur 450 à 675 Vcc  
Commande - contrôle des moteurs Arbre à cames 2  
Moteurs par bogie 4 x 115 cv = 460 cv  
Puissance d'une motrice

● Divers

Circulation d'air continue, Chauffage par plancher et pavillon  
Climatisation : 2 x 30.240 frig  
Capacité de réfrigération 37,5 Vcc  
Alimentation des auxiliaires Acier moulé  
Bogie  
Suspension primaire et secondaire à ressorts  
Freinage rhéostatique et pneumatique



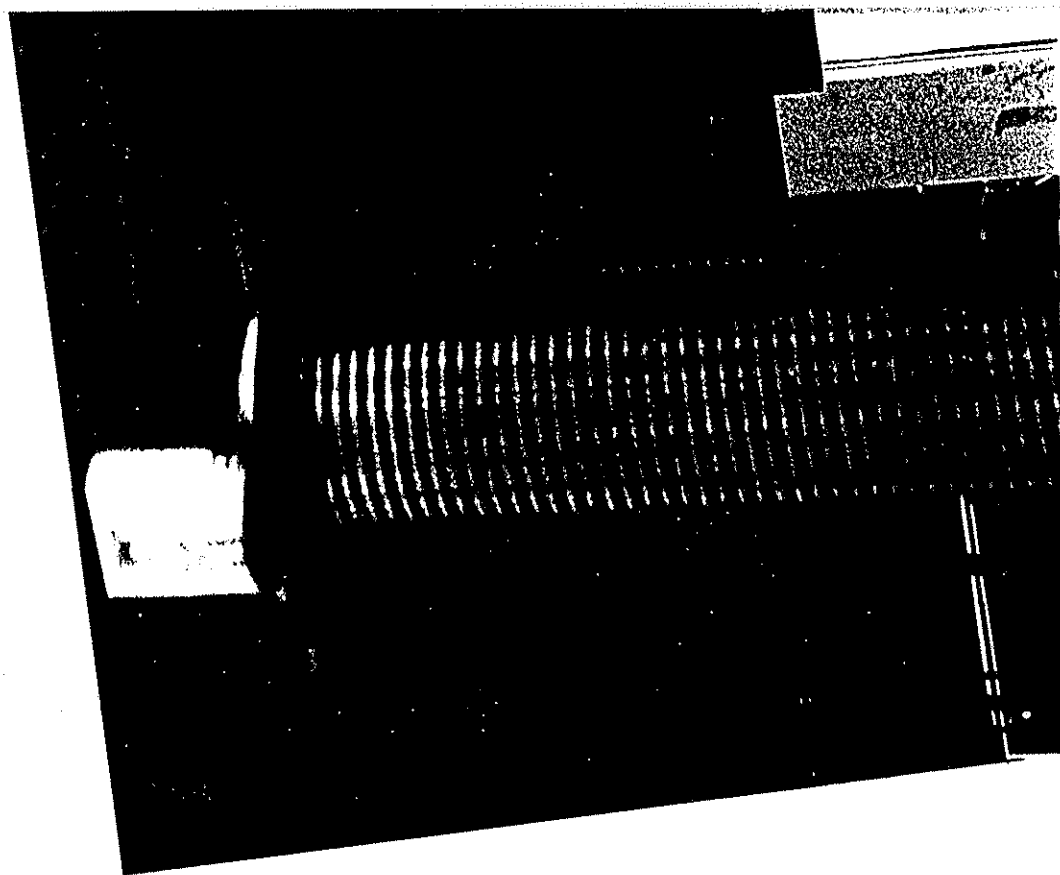






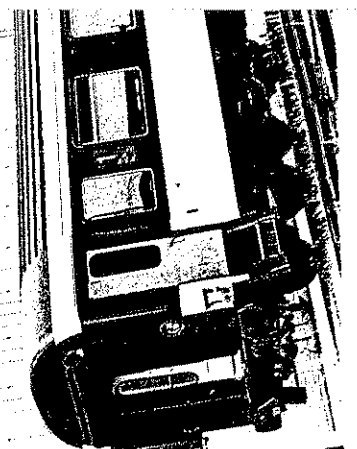
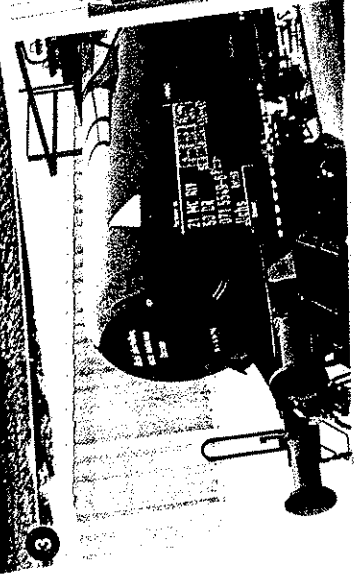
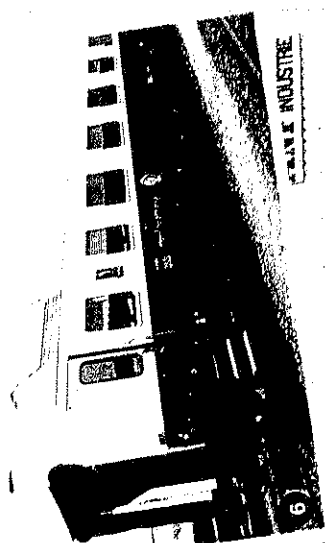
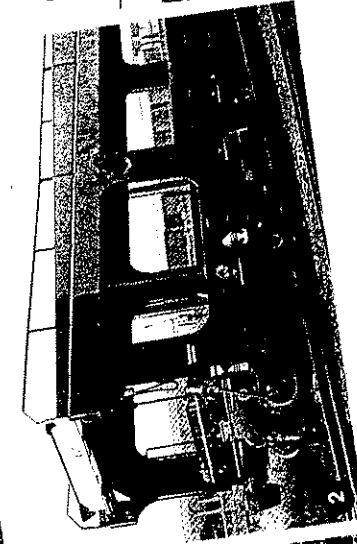
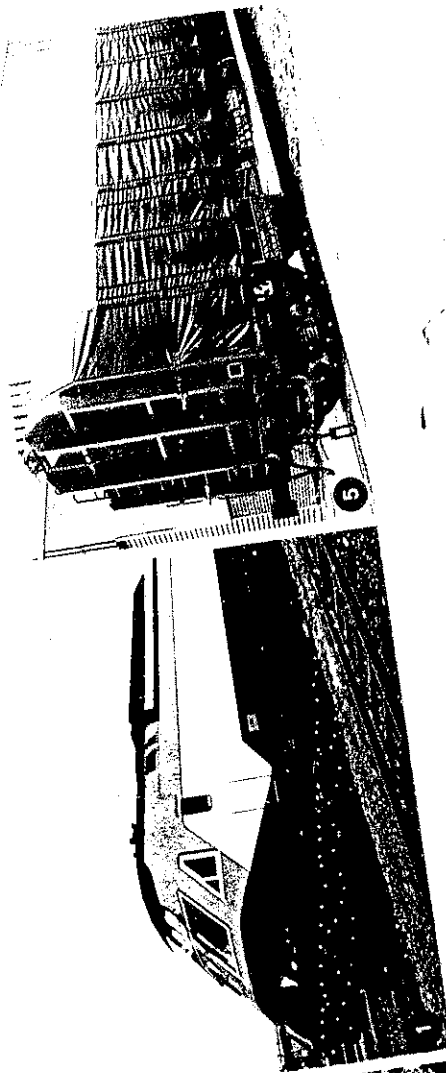
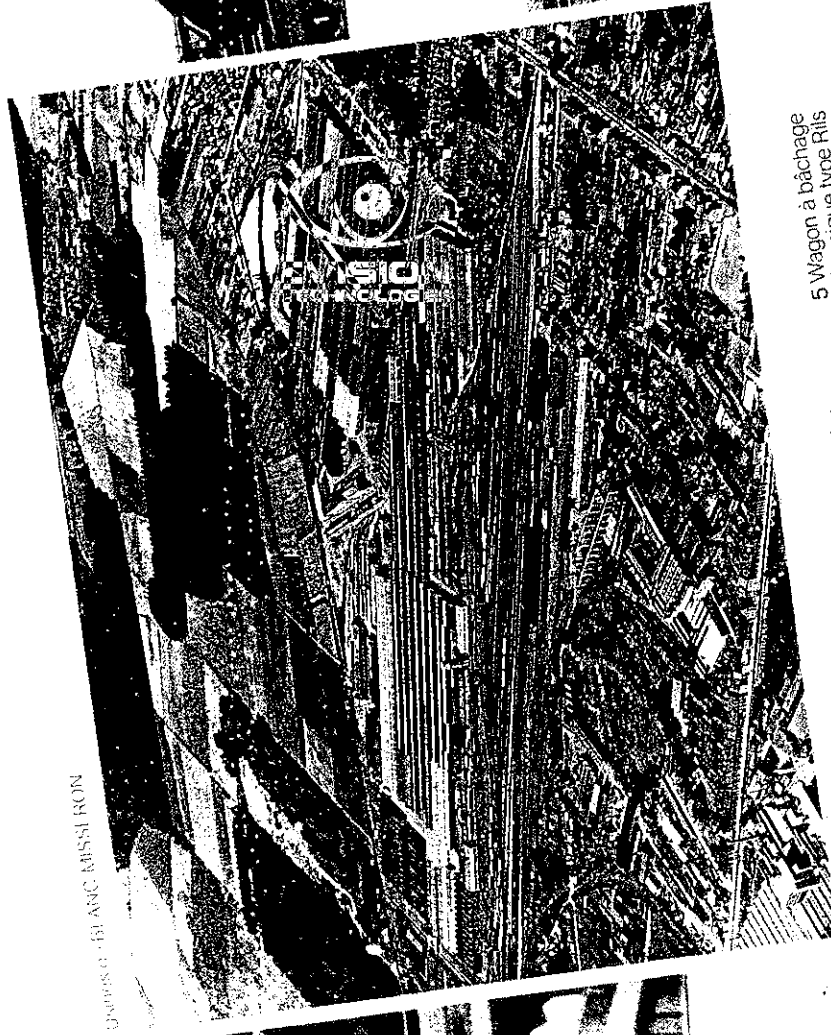
## **ANF** INDUSTRIE

Siège social :  
Crespin Blanc-Misseron (Nord) France  
Direction Générale :  
Tour Aurore - Place des Rellets Cedex 5  
92080 Paris Défense 2 - France  
Tél. : (1) 47.78.62.62  
Téléc. : ANF Courb. 610817  
Téléfax : (1) 47.78.62.66



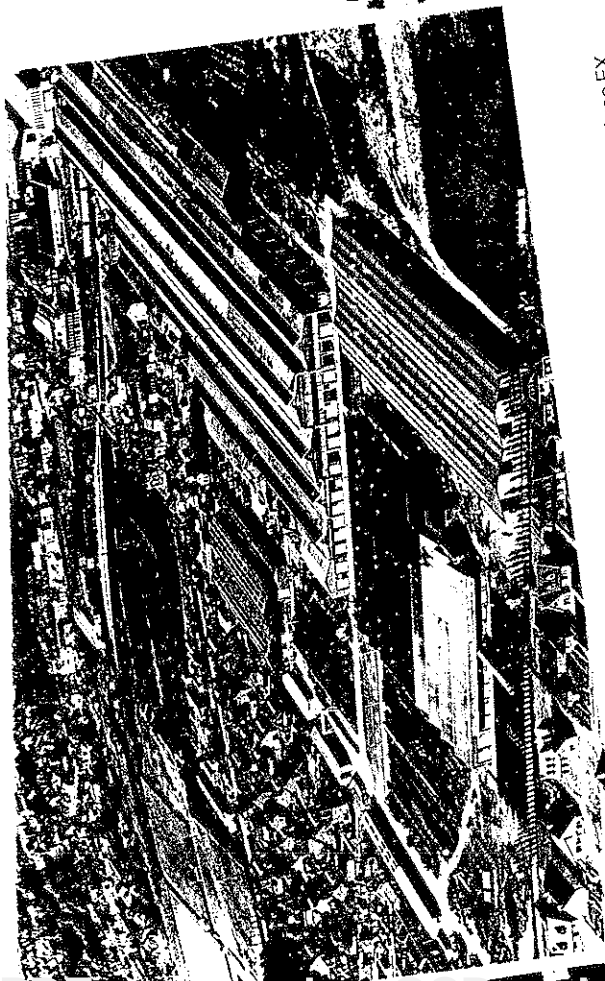


Quai de la gare de Missi Ron

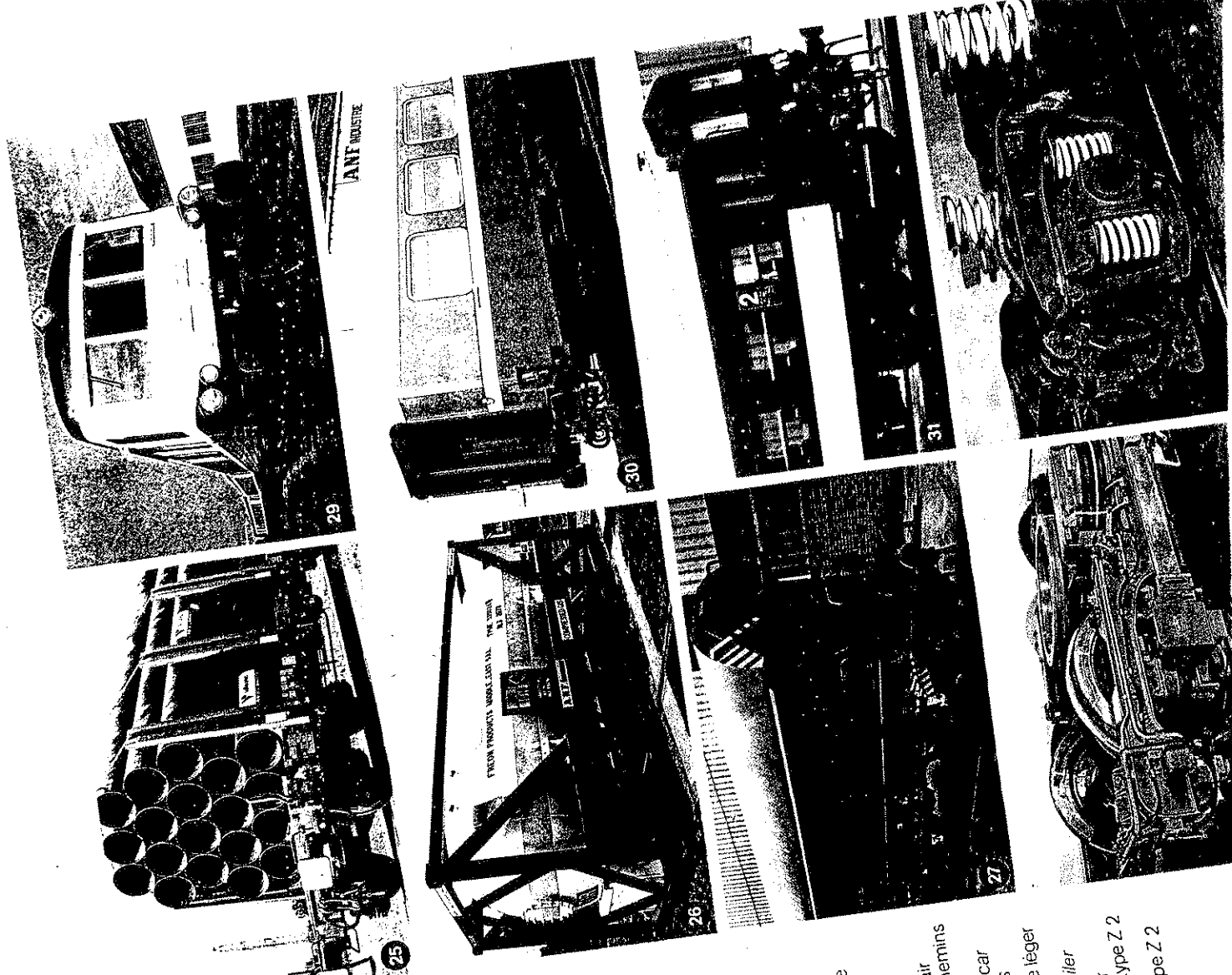


- 1 Turbo train - Chemins de Fer Egyptiens.  
Turbo train - Egyptian Railways.
- 2 Fourgon porte-autos  
Car-carrier wagon
- 3 Autorail X 2200  
X 2200 railcar
- 4 Wagon citerne à revêtement de plomb pour transport d'acides  
Lead clad tank wagon for carrying acids
- 5 Wagon à bûche mécanique type Rils  
Rils type flat wagon mechanical awning
- 6 Voiture de 2<sup>e</sup> classe pour les Chemins de fer irakiens  
Air-conditioned second class passenger car for the Irakian Railways.
- 7 Wagon réservoir pour transport de gaz liquéfiés  
Tank wagon for carrying liquefied gas
- 8 Voiture corail de 1<sup>re</sup> classe à air conditionné.  
First class corail air-conditioned passenger car.





Usines de MARLY LEZ VALENCIENNES



- 9 Turbotrain RTG  
RTG turbotrain
- 10 Wagon pour transport  
de produits cryogéniques.  
Tank wagon for carrying  
cryogenic products.
- 11 Motrice pour le métro  
de New York.  
New York subway power car.
- 12 Élément automoteur postal  
Self-propelled postal train set
- 13 Wagon pour transport de  
céréales - voie métrique  
Corn wagon - metric track
- 14 Wagon citerne à  
revêtement caoutchouc pour  
transport d'acides  
Rubber clad tank wagon  
for carrying acids
- 15 Wagon tombereau pour  
transport de ferrailles  
Open goods-wagon for  
carrying scrapped iron
- 16 Wagon citerne pour le  
transport de bitumes  
Tank wagon for carrying  
bitumen
- 17 Automotrice électrique  
à deux niveaux.  
Two-level self-propelled  
electric trainset
- 18 Bogie sur pneu pour le  
métro  
Rubber tyred bogie for the  
metro
- 19 Wagon poche pour le  
transport de semi-remorques  
Pocket flat wagon for  
carrying semitrailers
- 20 Turbotrain type RTG pour  
les USA  
RTG turbotrain for the USA
- 21 Turbotrain AMTRAK (U.S.A.)  
AMTRAK Turboliner (U.S.A.)
- 22 Wagon réfrigérant  
Refrigerating wagon
- 23 Remorque pour le métro  
du Caire  
Trailer for the Cairo metro
- 24 Wagon trémie type EX  
Hopper wagon EX type
- 25 Wagon porte-tubes  
Pipe carrying wagon
- 26 Conteneur pour transport  
de gaz liquéfiés  
Container for carrying  
liquefied gas
- 27 Wagon trémie type Tds  
à toit ouvrant  
Hopper wagon Tds type  
with opening roof
- 28 Bogie de métro type  
MF 77  
Metro bogie MF 77 type
- 29 Élément automoteur de  
660 kW  
660 kW self-propelled  
trainset
- 30 Voiture restaurant à air  
conditionné pour les Chemins  
de fer français  
Air-conditioned dining car  
for the Iranian Railways
- 31 Remorque en alliage léger  
XR 6100  
XR 6100 light alloy trailer
- 32 Bogie moteur pour  
élément automoteur type Z 2  
Motor bogie for self-  
propelled trainset type Z 2











