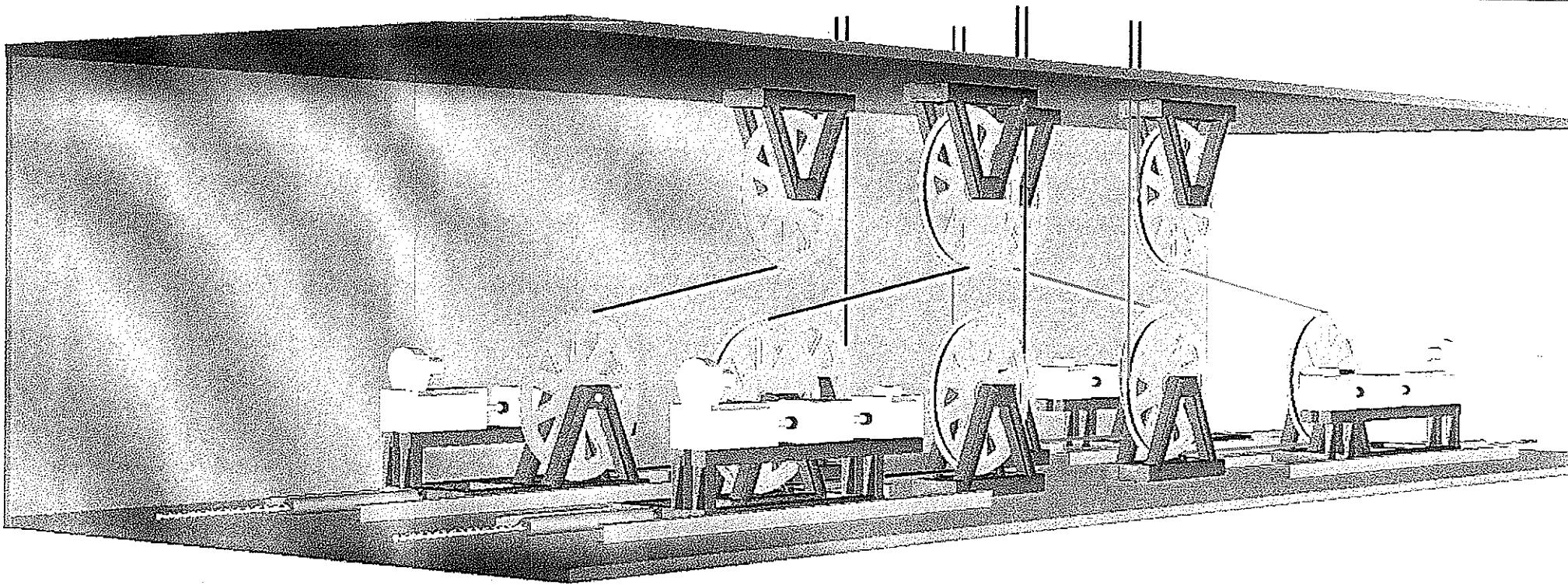
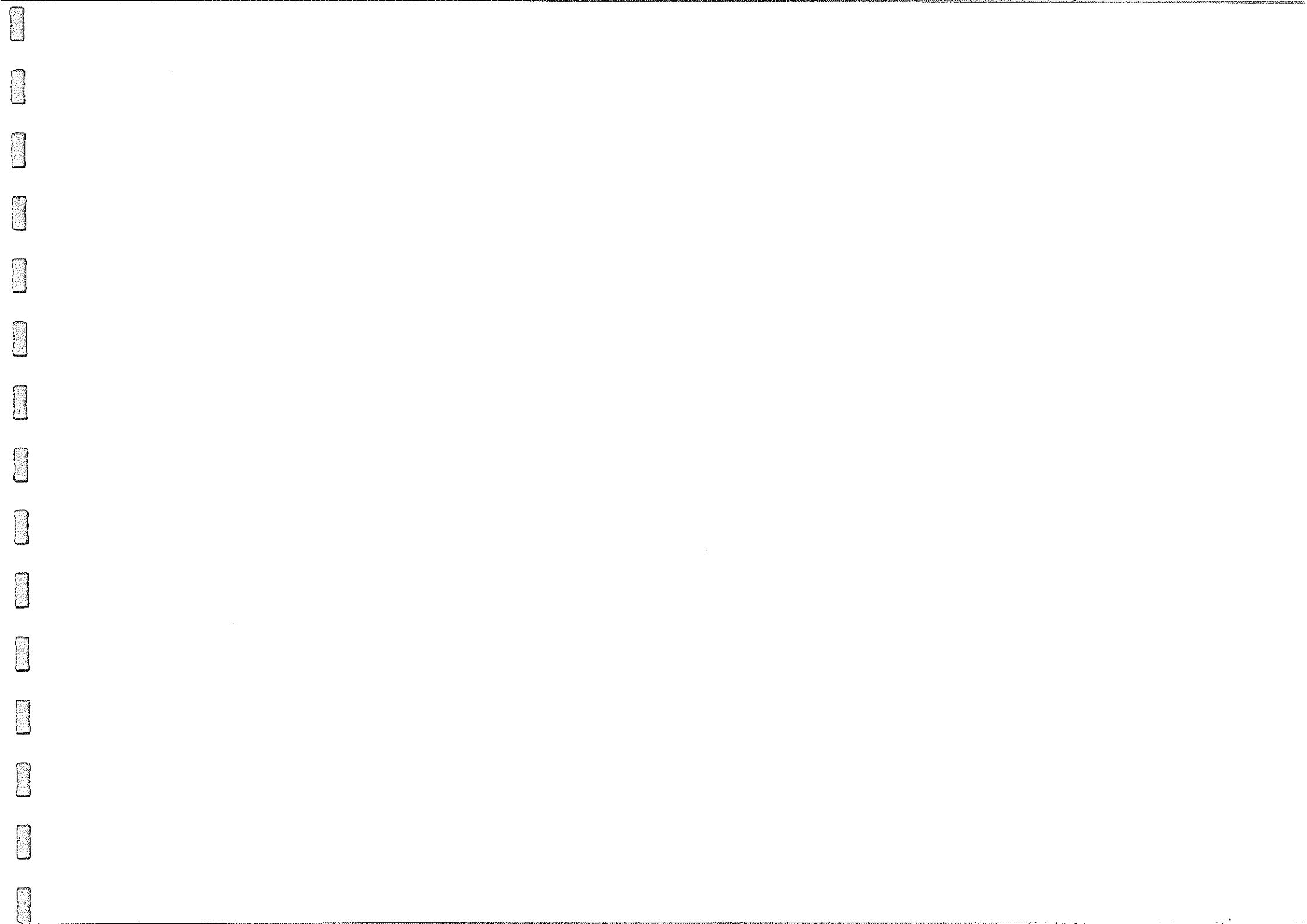


Présentation du système



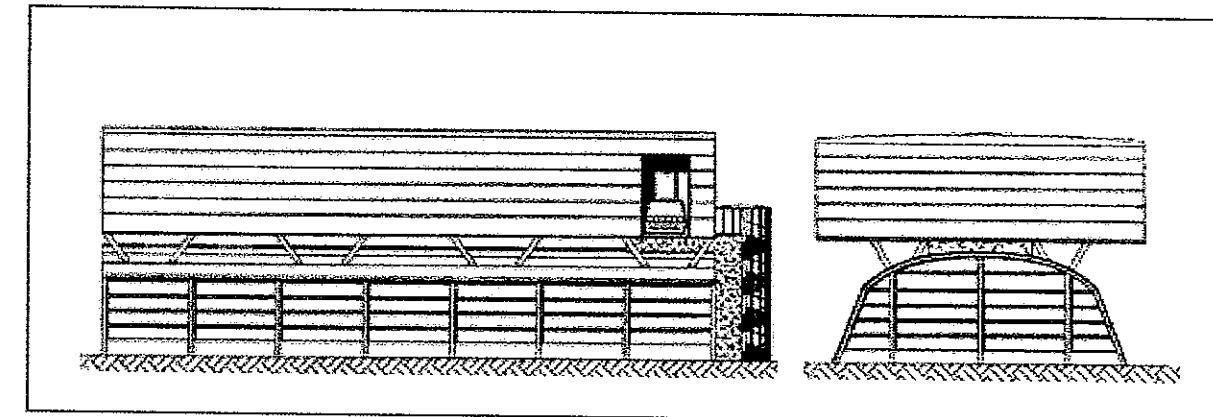
• Les locaux techniques enterrés

Ces locaux accueillent les moteurs de traction dans des ouvrages enterrés qui assurent une isolation acoustique optimale du système, et contribuent à l'allégement de la structure des stations. Ces locaux sont constitués d'une structure entièrement en béton armé, protégée par un cuvelage, si nécessaire.

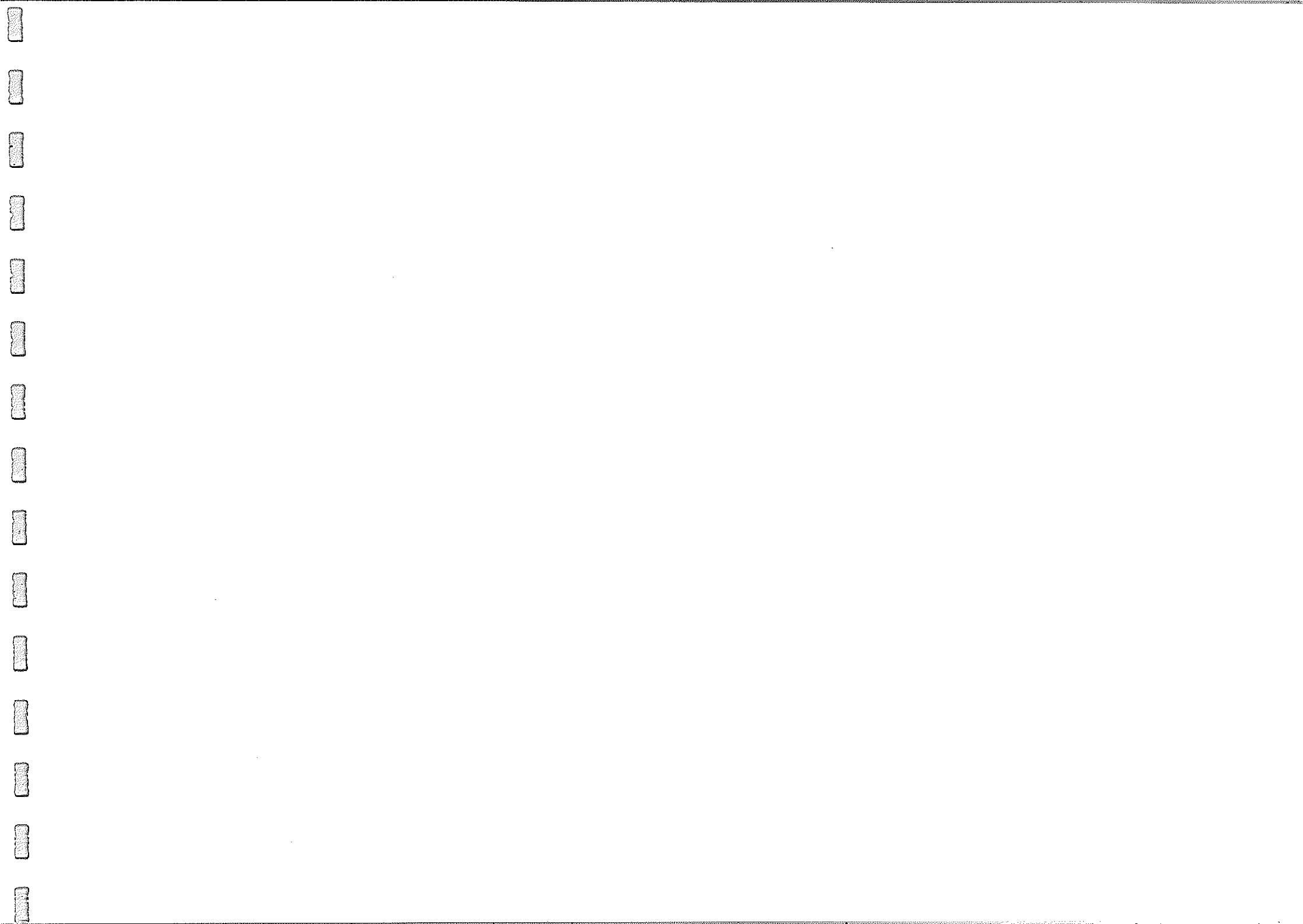


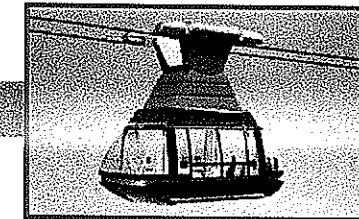


2.3.4. Bâtiment d'exploitation et dépôt

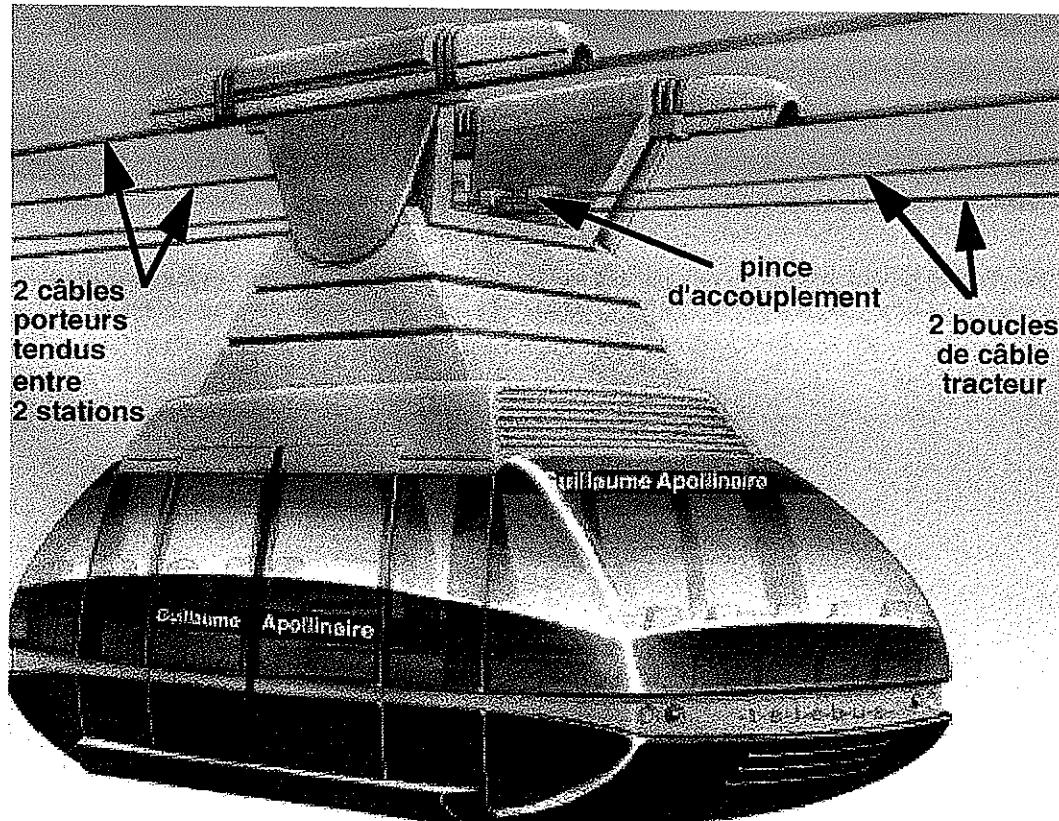


Un bâtiment d'exploitation-dépôt pour l'entretien des véhicules est prévu au voisinage de la station Mt Riboudet.





Présentation du système



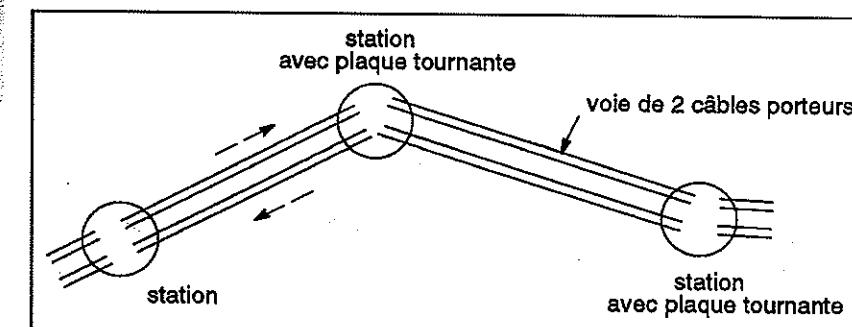
2.4. Le système

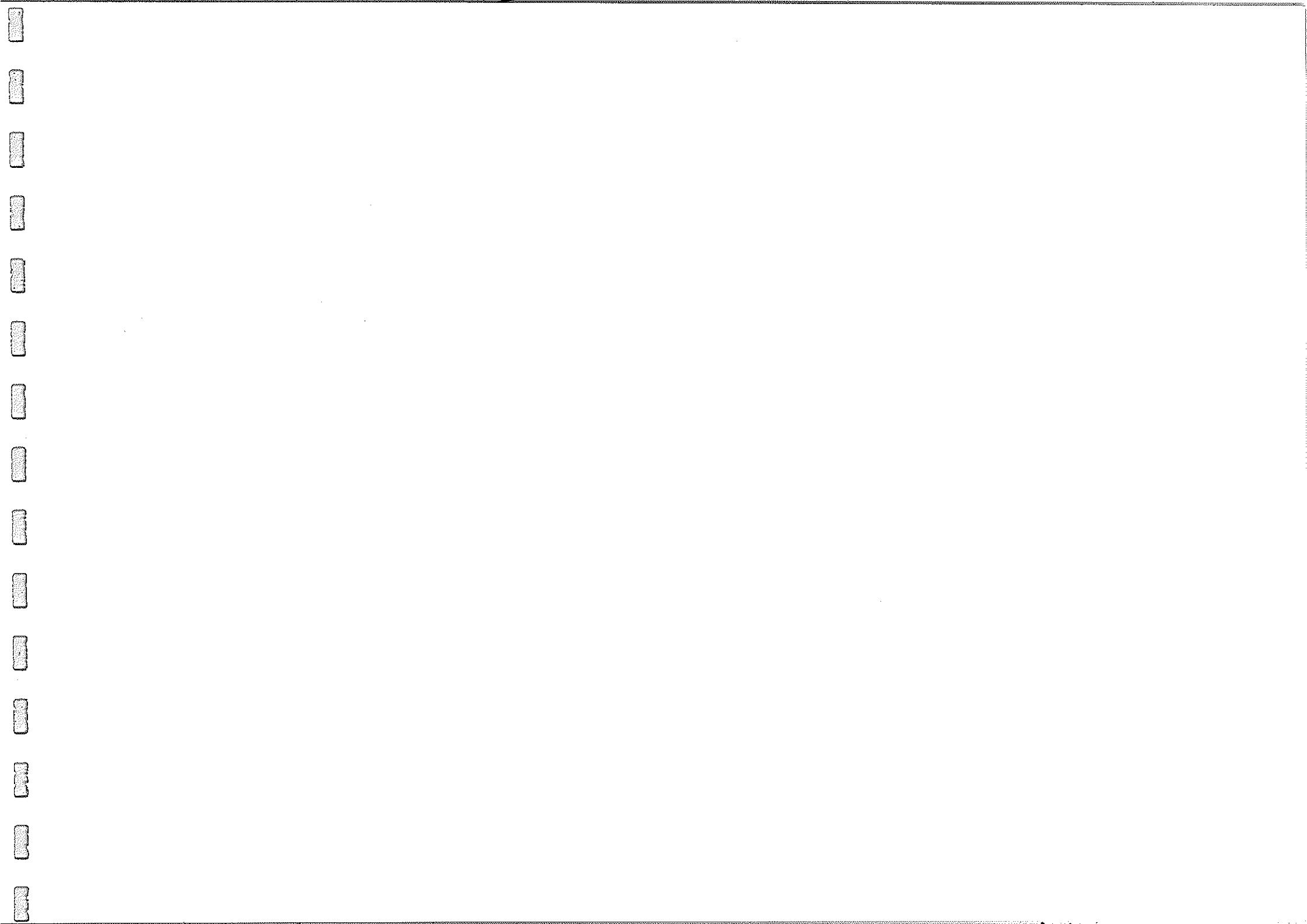
2.4.1. Rappel des principes

2.4.1.1. Le supportage

Il utilise la technologie du téléphérique. Entre deux stations, le véhicule, relié par une suspente articulée à un chariot, roule sur deux câbles porteurs tendus.

Une voie est prévue pour chaque sens de circulation. La ligne est droite entre les stations, et le changement de direction s'effectue en station.







Présentation du système

2.4.1.2. Mise en mouvement des véhicules

Chaque voie de circulation est équipée de deux boucles de câbles tracteurs. Chaque boucle assure le déplacement d'un véhicule ; cela permet de gérer facilement la position des véhicules les uns par rapport aux autres de façon indépendante.

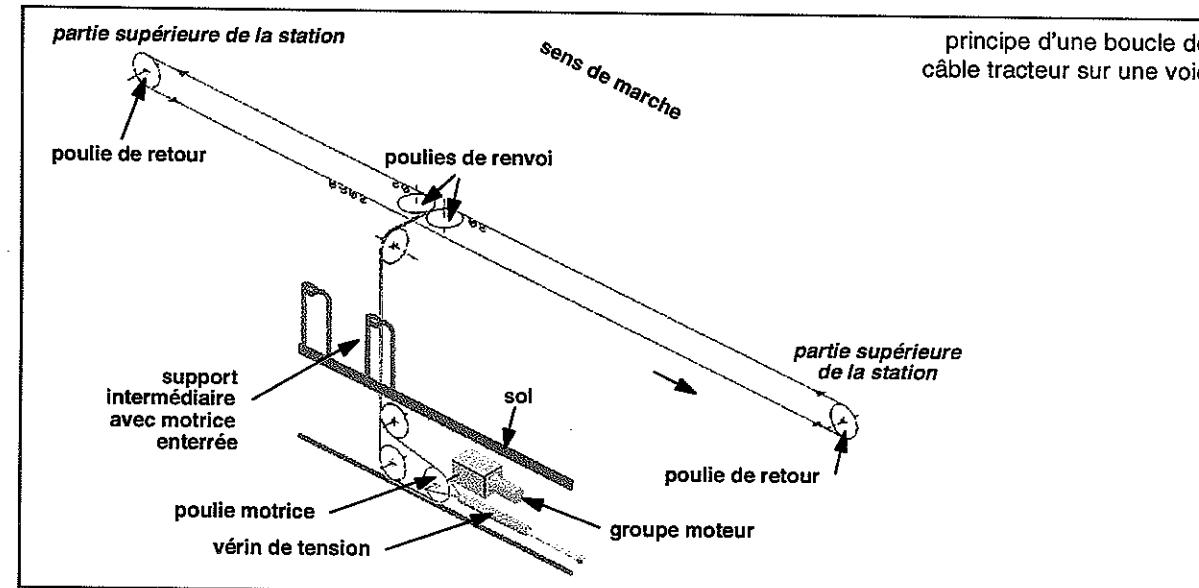
Chaque boucle de câble est entraînée par un treuil motorisé, et la synchronisation des véhicules les uns par rapport aux autres est gérée par les automatismes au sol.

2.4.1.3. Passage d'un tronçon à un autre

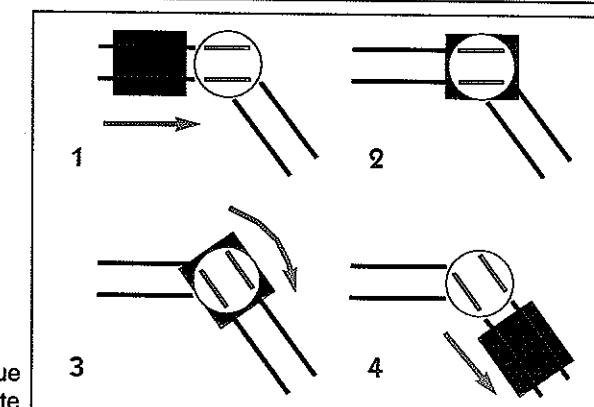
Le changement de tronçon s'effectue dans les stations. Lorsqu'un véhicule arrive, il se désaccouple automatiquement des câbles qui l'y ont amené, pour être pris en charge par un dispositif annexe constitué de tourets de pneumatiques motorisés, jusqu'à sa position finale. Eventuellement, une plaque tournante, située à l'intersection des 2 tronçons, assure le changement de direction.

Durant le temps d'arrêt à quai, le véhicule s'arrime aux nouveaux câbles de départ, et les automatismes contrôlent, en sécurité, que cette opération s'est effectuée correctement.

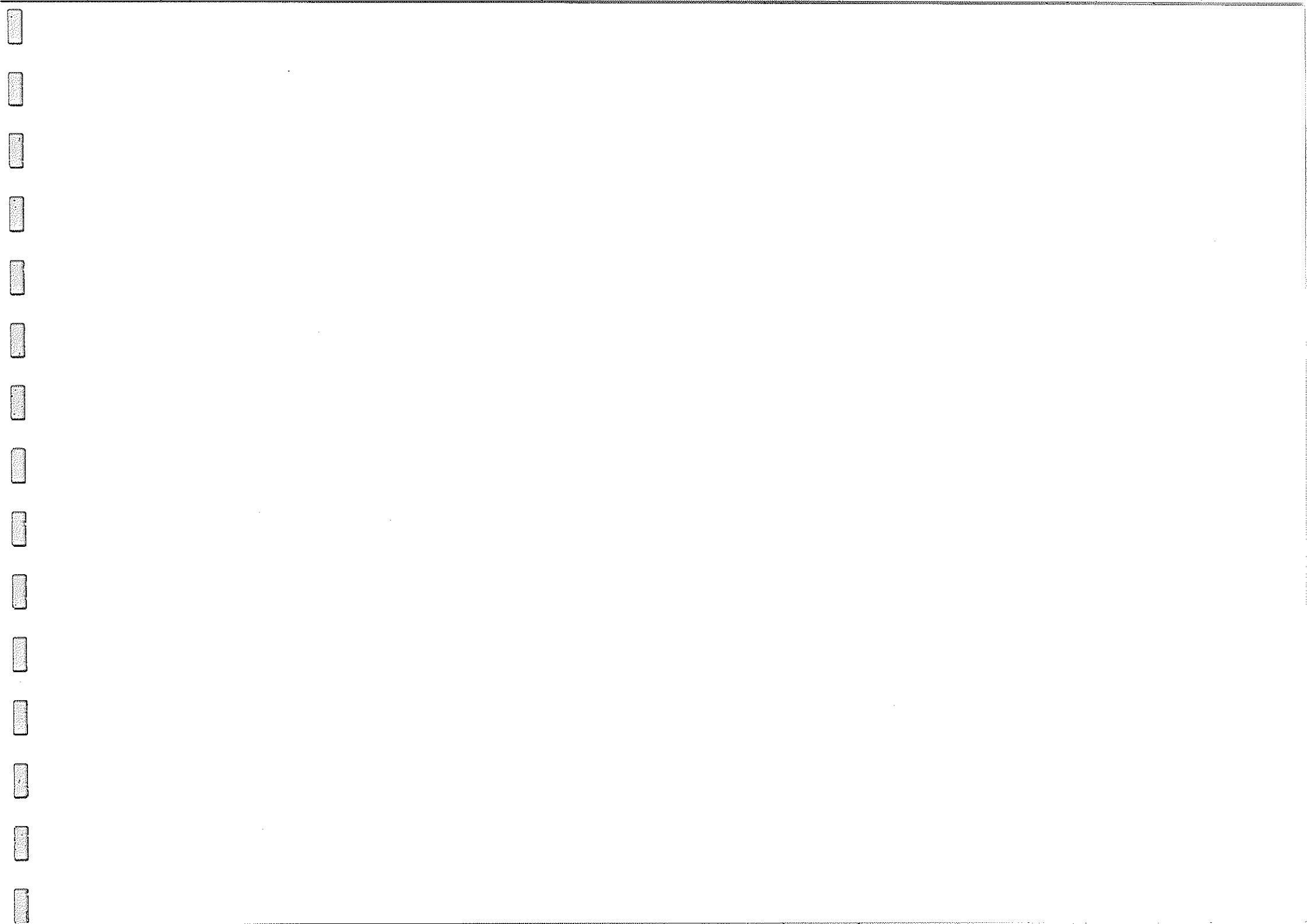
Ensuite, le nouveau câble tracteur se met en mouvement pour conduire le véhicule à la station suivante.

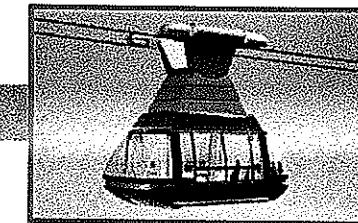


Le principe de changement de sens dans les stations terminus se fait dans les mêmes conditions que dans les stations intermédiaires : après l'arrêt à quai et la descente de tous les passagers, le véhicule continue sa course sur quelques mètres en arrière de la gare. Là, il se trouve dégagé des câbles et il est positionné sur une plaque tournante, qui l'oriente vers le trajet retour.



principe d'une plaque tournante





Présentation du système

2.4.1.4. La sécurité

Le système de transport urbain Télébus a bénéficié pour son développement, de l'expérience de plusieurs dizaines d'années des systèmes de transport par câble (téléphériques, funiculaires, remontées mécaniques). Il est donc développé en tenant compte des impératifs et des règlements de sécurité relatifs à ces systèmes.

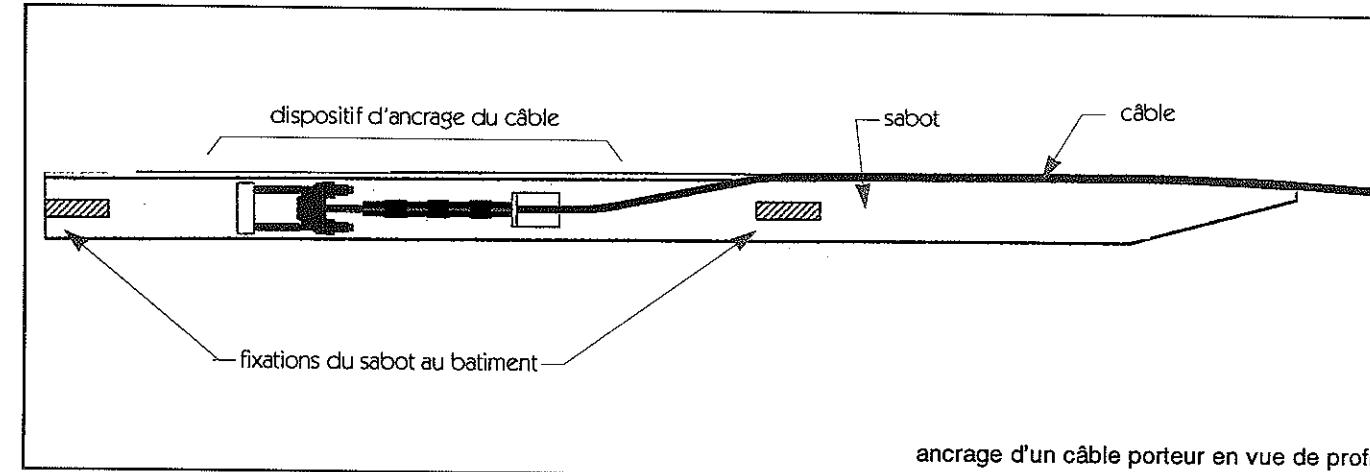
2.4.2. Voies de roulement - câbles porteurs

2.4.2.1. Câbles porteurs

Il y a deux câbles porteurs par voie et par sens de circulation. Les deux porteurs sont des câbles clos de diamètre 68 mm, dont l'extérieur est constitué de deux couches de fils « Z » galvanisés assemblées en sens inverse. L'intérieur est composé de fils ronds. Les deux couches de fils « Z » confèrent au câble une parfaite étanchéité, le préservant de la corrosion, tout en assurant un très bon uni de roulement, réduisant ainsi l'émission de bruit.

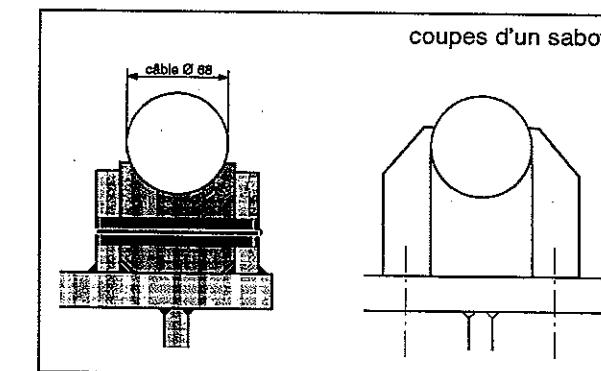
2.4.2.2. Anchorage des câbles porteurs en stations

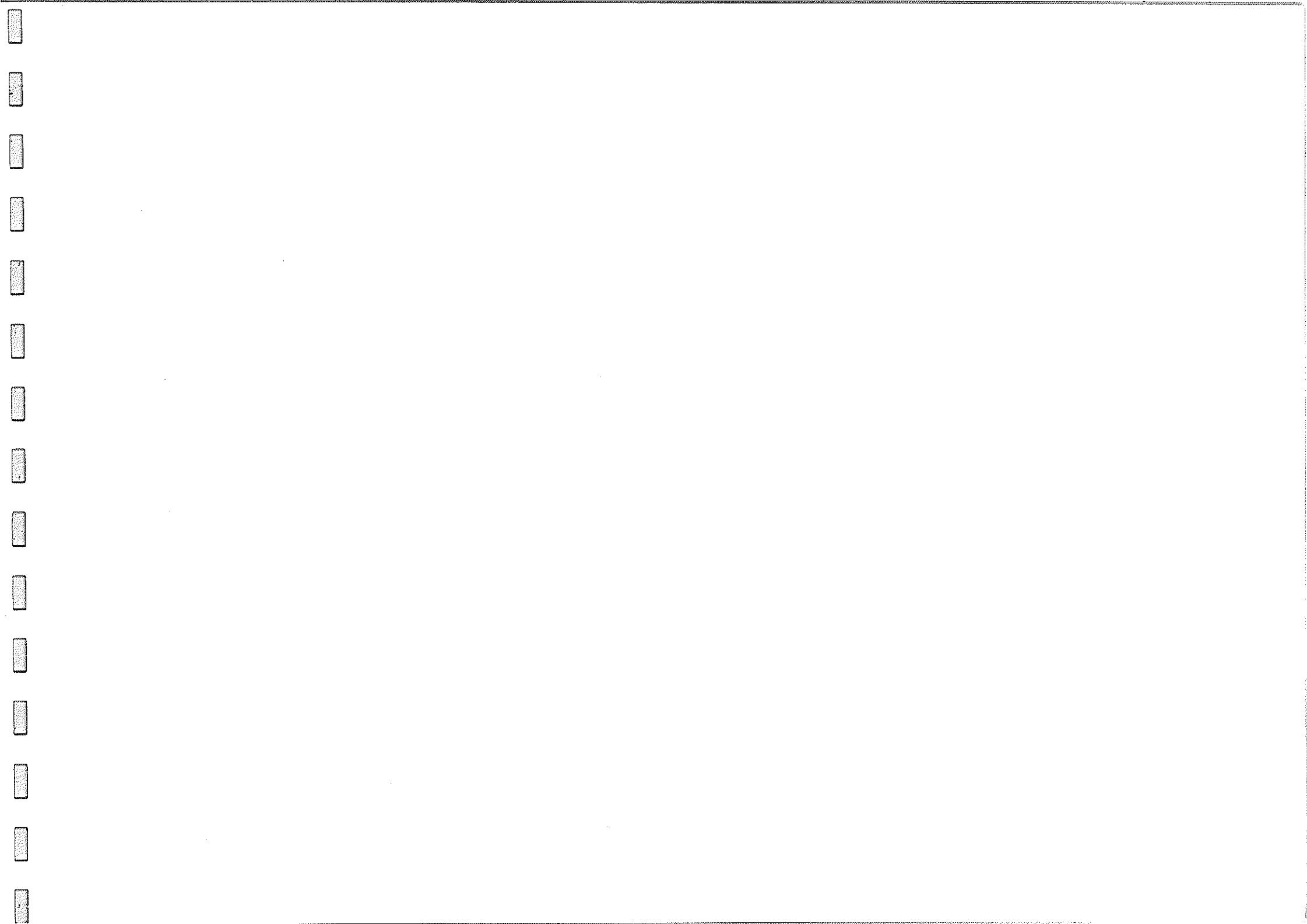
Les câbles porteurs sont ancrés aux extrémités de chaque tronçon, ou, dans certains cas, aux extrémités de deux tronçons en ligne droite. Les câbles viennent en appui sur des sabots et sont amarrés à des dispositifs d'ancre fixés sur le sabot.



2.4.2.3. Sabots supports des câbles porteurs

Par voie, et par câble porteur, il y a un sabot en station et un sabot sur chacun des poteaux. Les sabots sont cintrés selon une forme cloître (cintrage à rayon variable) de façon à rendre progressive l'accélération verticale des véhicules lors de leur passage en ligne, pour un meilleur confort des passagers.







2.4.3. Boucles de traction

2.4.3.1. Câble tracteur

- Constitution

Il s'agit d'un câble de diamètre 24 mm à 6 torons de 1+8+8 fils. Le câblage est du type Lang, c'est-à-dire que le toronnage des fils et le câblage des torons sont exécutés dans le même sens. Cela permet au câble de présenter des fils extérieurs avec une surface de contact plus grande que dans le câblage croisé, et ainsi d'augmenter sa résistance à la flexion.

Le câble est préformé : les fils et les torons sont mis par avance à la forme qu'ils occupent dans le câble, lors de la fabrication. Le câble est ainsi inerte et sans tension, ce qui facilite sa pose et la confection de son épissure. Les torons sont composés de fils parallèles, pour que les contacts entre les fils soient linéaires. Cela évite les indentations qui affaiblissent les câbles. Les torons sont câblés autour d'une âme centrale en fibres textiles synthétiques tressées, ou d'une âme plastique formée à chaud sous une tension calibrée (appelée âme compacte).

- Isolement électrique

Le câble tracteur assure deux fonctions :

- entraînement des véhicules, par l'accouplement à leur chariot,
- détection de chevauchement avec un câble porteur.

Cette dernière fonction nécessite une isolation du câble tracteur tout au long de son parcours. Chacun

des éléments qui sont normalement en contact avec le câble assure son isolation. Un chevauchement de câbles est détecté par la mise à la terre du câble tracteur venant en contact avec un des câbles porteurs, ceux-ci étant mis à la terre de façon permanente.

- Système de contrôle magnétoscopique

Il est prévu en gare un système à dérèglement permettant les contrôles de l'état du câble tracteur sur toute sa longueur.

Lors du contrôle, le câble défile au travers d'un des capteurs analogiques à vitesse constante. Ce dernier délivre un signal représentatif de l'état du câble, composé d'un bruit de fond et éventuellement de défauts significatifs.

2.4.3.2. Poulies motrices et poulies de renvoi

Chaque boucle de câble tracteur est entraînée par une poulie motrice placée sous un poteau support de la boucle. La déviation du câble, entre la tête de poteau et la poulie motrice, est assurée par des poulies de renvoi. A chaque extrémité de boucle, en station, est implantée une poulie de retour.

Lorsque la poulie motrice tourne, les détecteurs envoient une impulsion aux automates du système. Les automates peuvent ainsi déterminer la position des véhicules pendant tout le voyage, et piloter celui-ci.

2.4.3.3. Système de tension du câble tracteur de chaque boucle

Il s'agit d'un système hydraulique de tension constante, composé d'une centrale avec bac, d'un vérin, et des canalisations de liaison.

2.4.3.4. Galets supports du câble tracteur

Tous les galets supports du câble tracteur sont identiques, qu'ils soient montés en stations ou sur les poteaux de ligne.

2.4.4. Machineries motrices

2.4.4.1. Groupe moteur

- Moteur principal

Le moteur est du type à courant continu et la variation de vitesse est effectuée à l'aide d'un pont à thyristors. La liaison moteur-réducteur est réalisée par un cardan ou un accouplement élastique. Le moteur est équipé d'un dispositif de contrôle automatique d'usure des balais qui agit sur une alarme au pupitre.

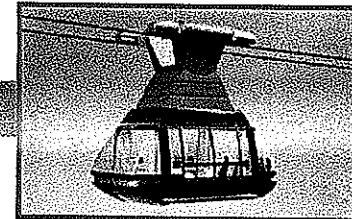
- Réducteur de vitesse

Il s'agit d'un réducteur à roue et vis sans fin, choisi pour son faible bruit de fonctionnement et son encombrement réduit. La lubrification est faite par de l'huile.

- Motorisation de secours à travers le réducteur

La motorisation de secours, prévue pour ramener les véhicules en station en cas de carence du moteur





principal, est constituée d'un moteur asynchrone alimenté par un groupe électrogène. Ce moteur est accouplé au deuxième arbre GV du réducteur.

- Dispositifs de sécurité

Un certain nombre de dispositifs contrôlent des positions ou des fonctionnements, afin de détecter et signaler au pupitre les défauts éventuels. Cette détection entraîne automatiquement l'arrêt de l'installation.

2.4.4.2. Dispositifs de freinage

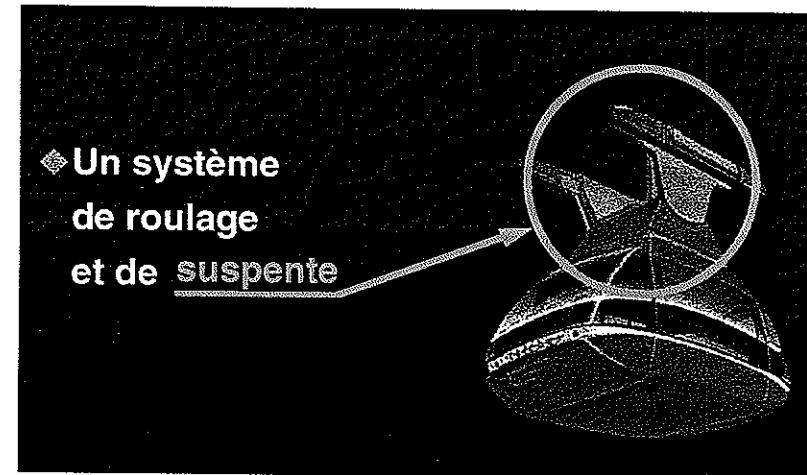
Il y a deux types d'arrêt : l'arrêt électrique, et l'arrêt sur les freins de la poulie motrice.

Pour l'arrêt électrique, la décélération est faite par le moteur électrique, et elle est modulée par le variateur à courant continu. La décélération est contrôlée par les automates de sécurité de l'appareillage électrique.

Pour le freinage sur poulie motrice, celle-ci est assujettie à deux freins, ses joues constituant les pistes de freinage. Chaque frein est composé de deux demi-pinces à vérin hydraulique, fixées de part et d'autre d'un support. La force de serrage est développée dans chaque demi-pince par un empilage de rondelles ressorts.

Les freins sont maintenus desserrés grâce à la pression hydraulique fournie par une centrale, qui dispose des sécurités nécessaires. Une commande manuelle de freinage d'urgence est également disponible. Un manque de pression conduit également à un serrage automatique des freins.

2.4.5. Véhicules



Chaque véhicule est composé d'un chariot, d'une suspente et d'une cabine.

2.4.5.1. Chariot de véhicule

Le chariot est l'interface entre la cabine et les câbles. Il est équipé de trains de roues qui roulent sur les câbles porteurs. Dans les stations, entre deux tronçons de câbles porteurs, il est fait appel à un système annexe de supportage et de guidage.

Le chariot d'un véhicule se compose des cinq parties suivantes :

- * quatre bogies de 4 roues, deux bogies par câble porteur,

- * des pinces débrayables pour l'accouplement au câble tracteur,

- * une articulation centrale, avec amortisseur d'oscillations et liaison avec la suspente,

- * une série d'équipements divers,

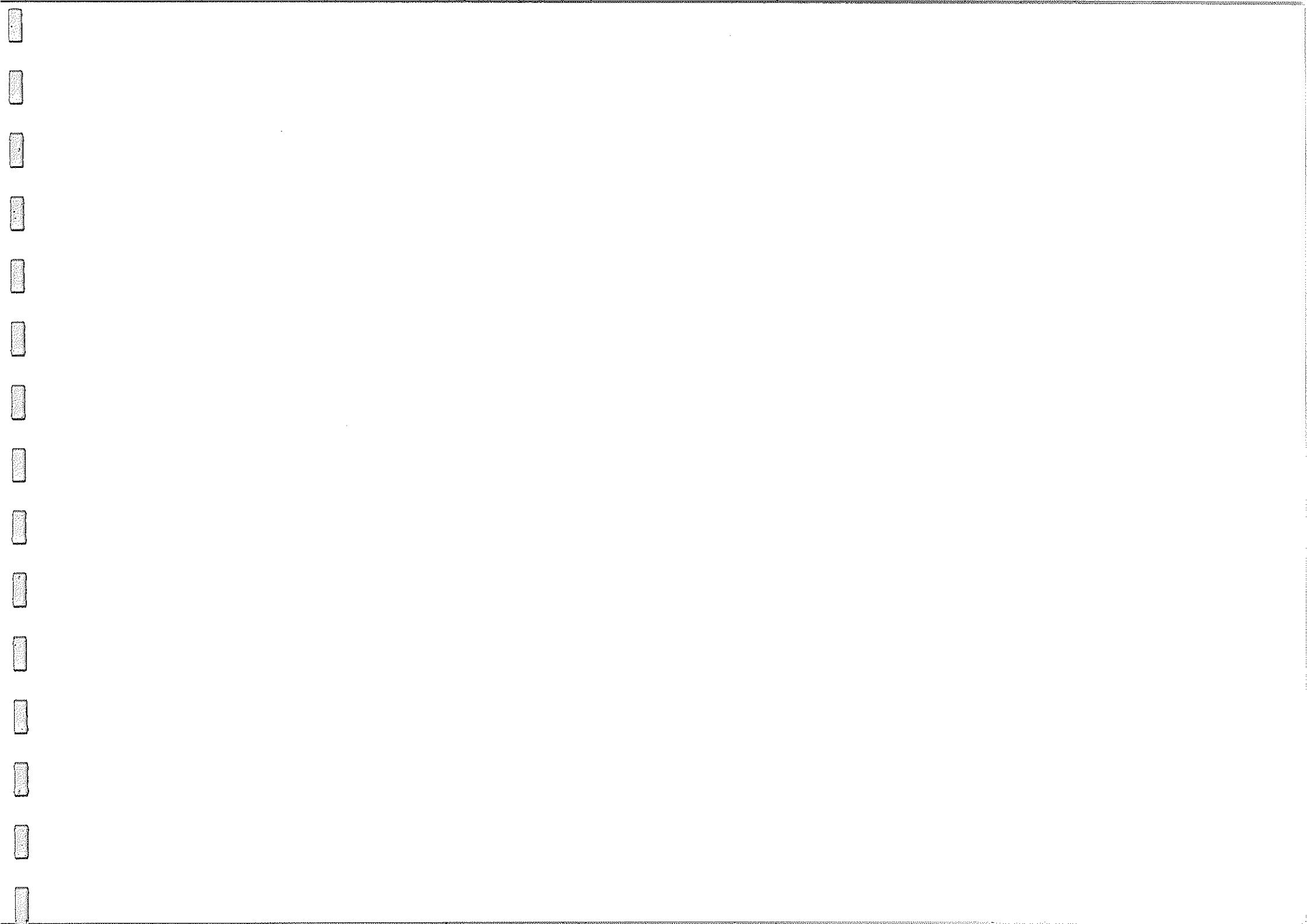
- * un bâti qui porte l'ensemble.

- Les bogies

Un bogie est constitué de deux bogies de 2 roues articulés entre des flasques. La rotation des bogies est limitée par des butées soudées sur les flasques.

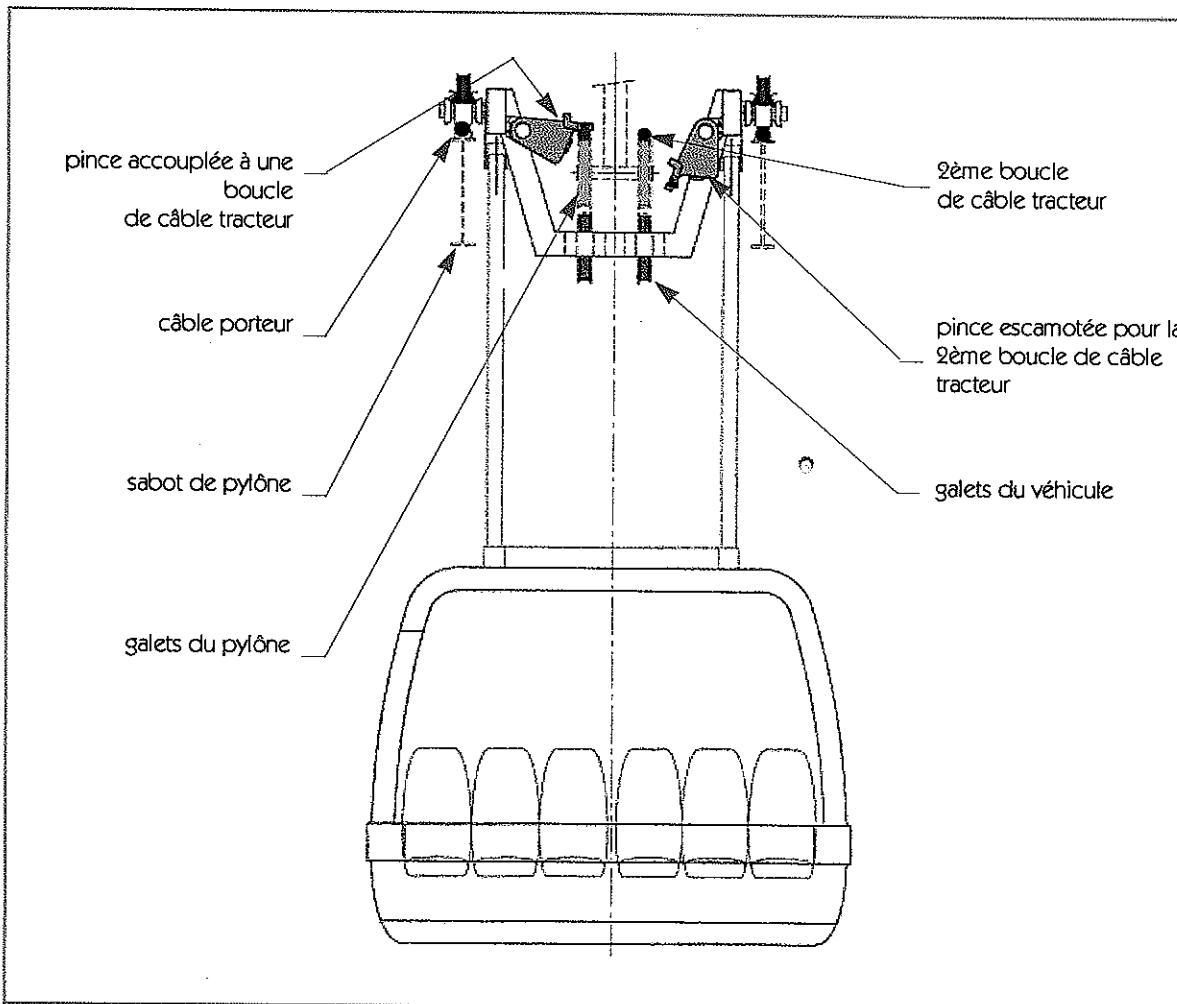
D'autre part, des "fourchettes", soudées sous des moyeux, coiffent les câbles porteurs pour empêcher tout déraillement du chariot. Ces fourchettes sont reliées par fil électrique aux mors fixe des pinces d'accouplement au tracteur, de façon à assurer la détection (avec fonction d'arrêt) de toute amorce de déraillement intempestif ; cette détection s'effectue par le dispositif de "détection chevauchement câbles".

Chaque roue est pourvue d'un bandage annulaire souple, ajusté sur le moyeu de roue et serré entre deux flasques par une série de boulons.





Présentation du système



• Les pinces d'accouplement

Le chariot se déplace sur les câbles porteurs grâce à l'action d'une boucle de câble tracteur. La liaison entre le câble tracteur et le chariot est assurée par deux pinces débrayables. Pour permettre d'accoupler le véhicule à l'une ou l'autre des boucles de câble de chaque tronçon et afin de répondre à tous les cas d'exploitation, les véhicules sont équipés de 4 pinces, deux par boucle.

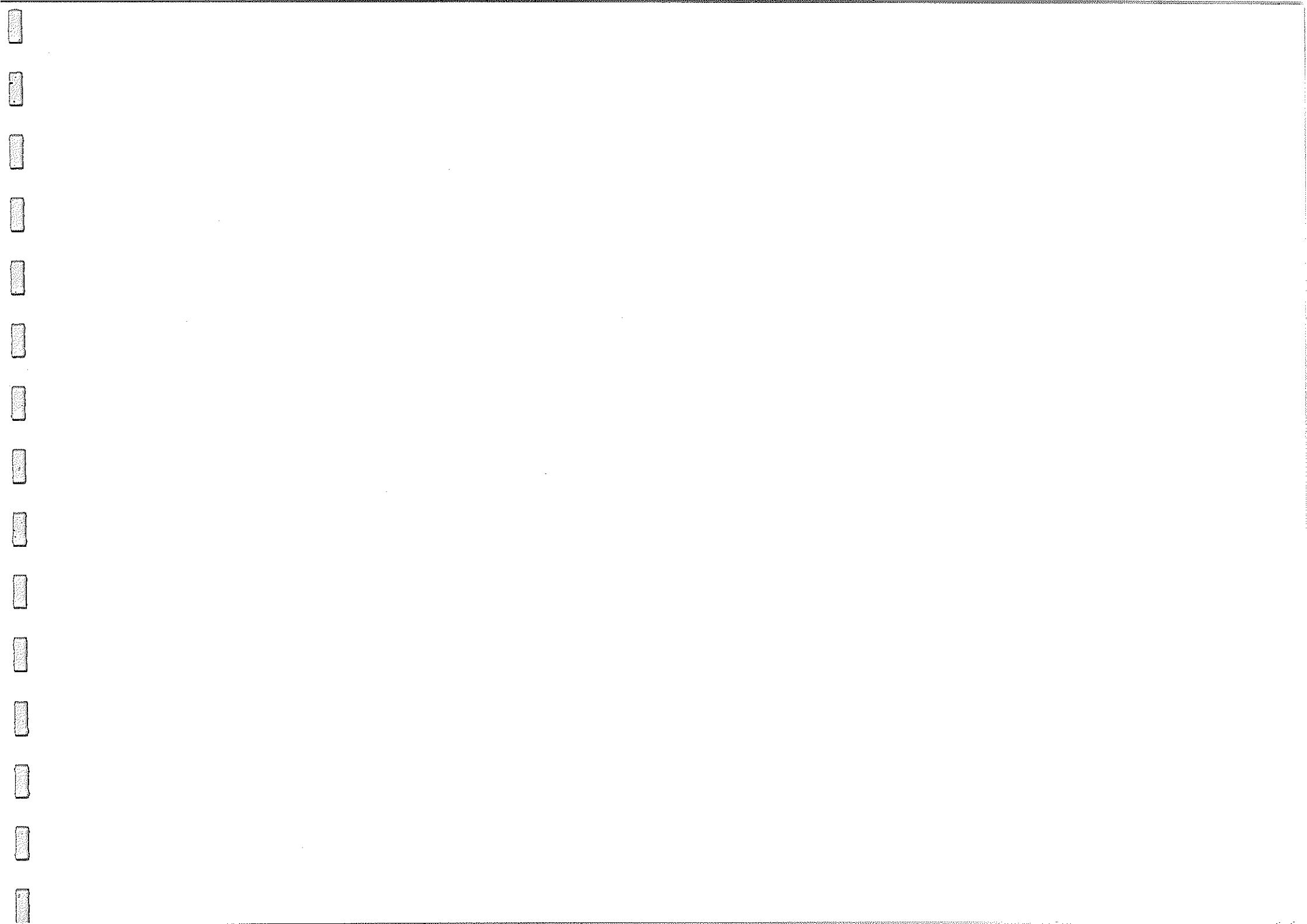
À l'origine du système Télébus, la pince permet la liaison du chariot au câble de manière sécuritaire. Cet ensemble assure la liaison du chariot au câble tracteur et le changement de câble tracteur en station en toute garantie de non glissement. Elle se compose :

- d'un mors fixe,
- d'un mors mobile, articulé sur le mors fixe,
- d'un dispositif à ressort précomprimé, articulé sur le mors mobile,
- d'un dispositif de commande avec genouillère et levier mécanique.

Serrage de la pince

Lorsque l'automatisme donne l'ordre de serrage, pour l'accouplement du véhicule à une nouvelle boucle de câble, à l'arrêt :

- le levier de commande de la pince est basculé par un vérin appartenant à la station, par l'intermédiaire d'une rampe,
- ce levier agit sur la genouillère et le dispositif à ressort,





Présentation du système

- celui-ci bascule le mors mobile contre le câble,
- la genouillère se met en butée, pour maintenir la compression du dispositif à ressort,
- le verrouillage de l'ensemble est assuré par le dépassement du point d'alignement des trois axes d'articulation (principe de la genouillère).

Desserrage de la pince

Pour le désaccouplement du véhicule à faible vitesse, en entrée de station, une rampe fixe agit sur le levier de commande de la pince, et celui-ci tire la genouillère et le dispositif à ressort pour ouvrir le mors mobile et ramener l'ensemble au repos.

• Accessoires

Deux prises de mouvement, sur des roues du chariot, sont destinées à deux alternateurs prévus pour la charge des batteries embarquées. Enfin, des gratte-neige sont montés aux extrémités des bogies.

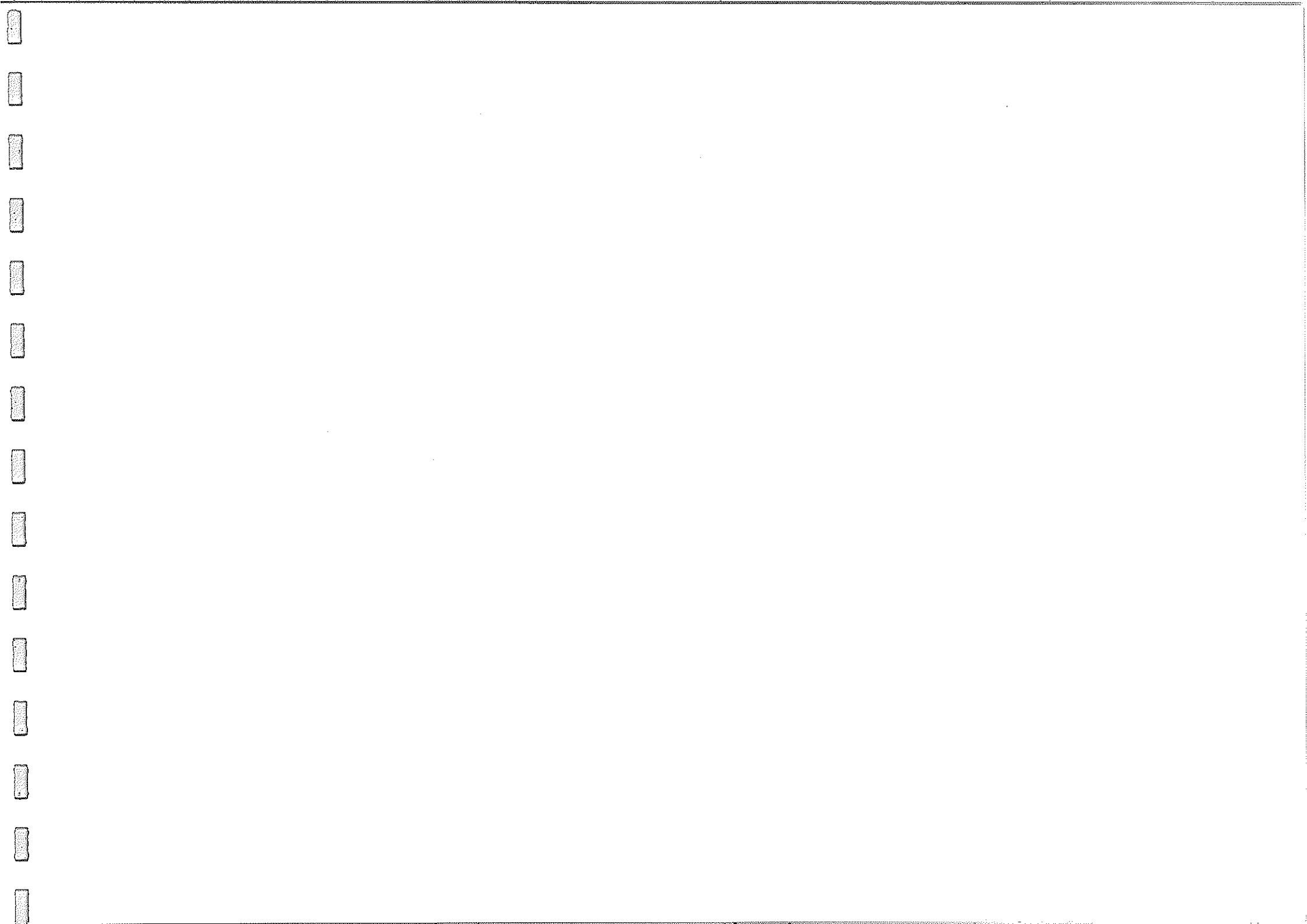
2.4.5.2. Suspente

Le véhicule est relié au chariot par l'intermédiaire d'une suspente articulée, dont le rôle est de compenser les changements de pente tout au long du parcours.

L'articulation entre la suspente et le chariot est équipée d'un amortisseur qui sert à filtrer les phénomènes de balancement lors des accélérations, changements de pente, ou répartition inégale des passagers dans la cabine. La longueur de la suspente est optimisée afin que le véhicule soit compact.

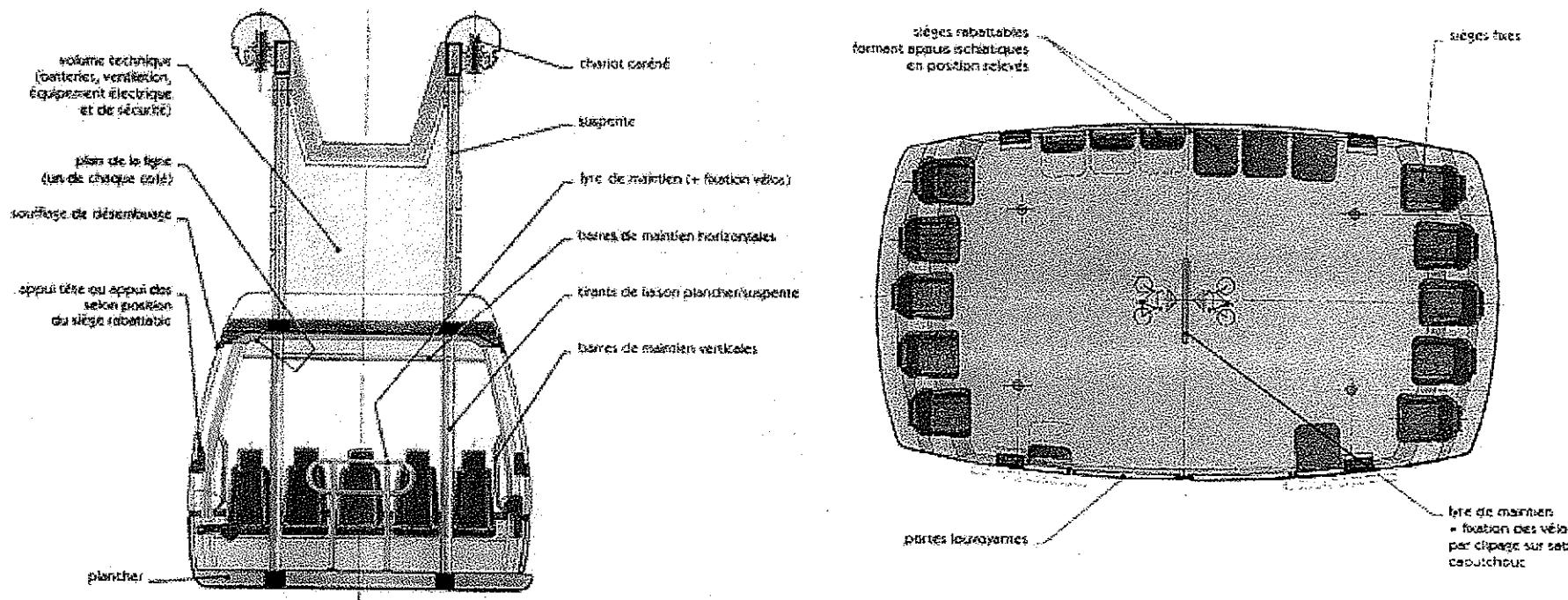
2.4.5.3. Cabine







Présentation du système



Conception générale

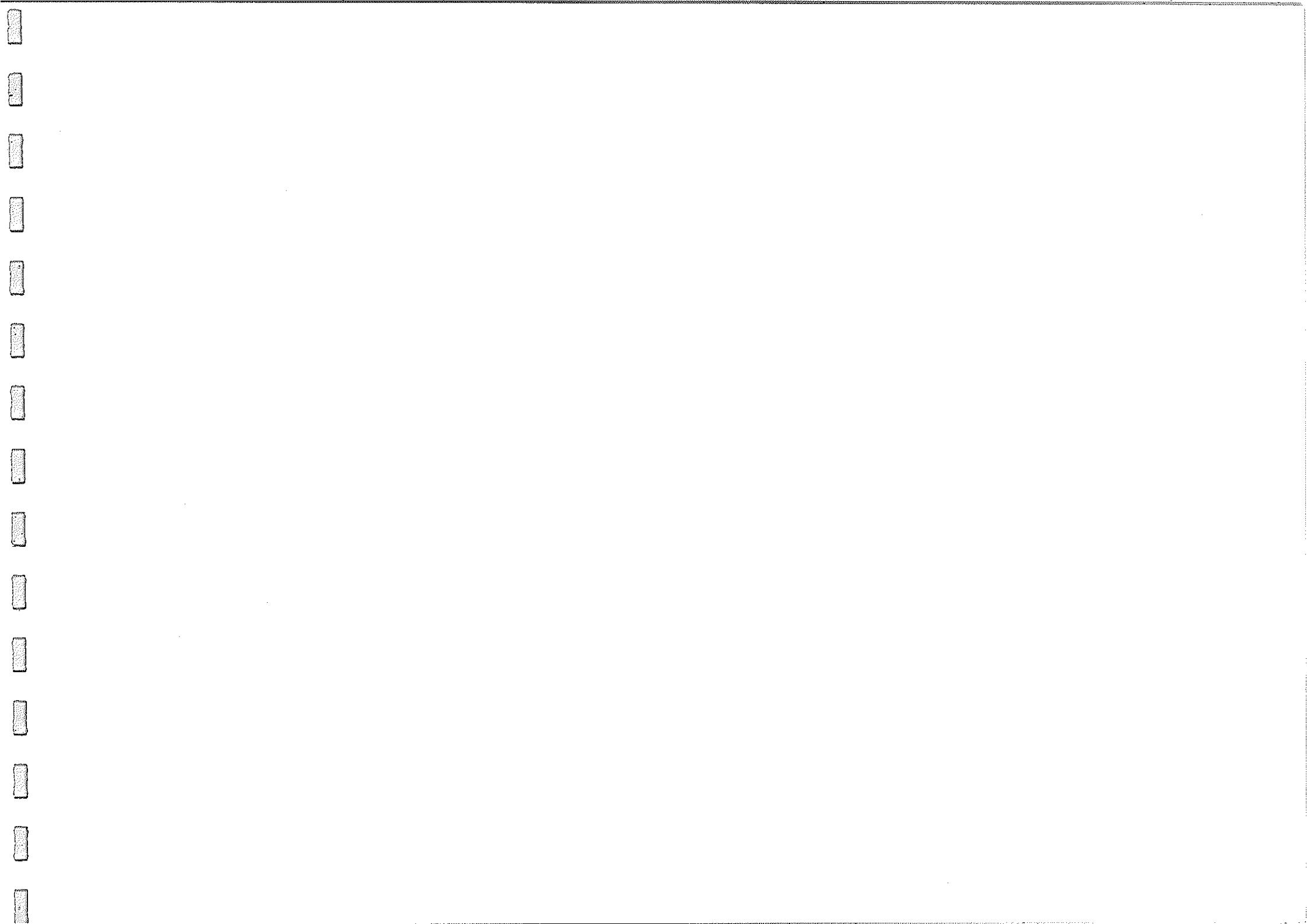
La cabine offre 50 places au total, sur la base de 4 personnes au mètre carré, dont 12 places assises (10 sièges fixes et 2 sièges rabattables). Six sièges rabattables supplémentaires sont également prévus dans le volume intérieur de la cabine.

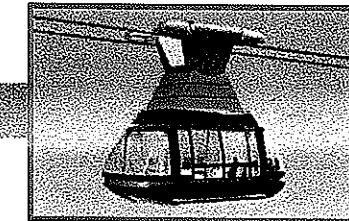
La cabine comprend cinq parties principales :

- un plancher pour supporter la charge,
- quatre tirants verticaux pour faire la liaison entre le plancher et la suspente, de façon à ce que la carrosserie ne reprenne pas de charge importante,
- des dispositifs de liaison entre les tirants et la suspente,
- la carrosserie et les vitrages, en appui contre des caissons métalliques,

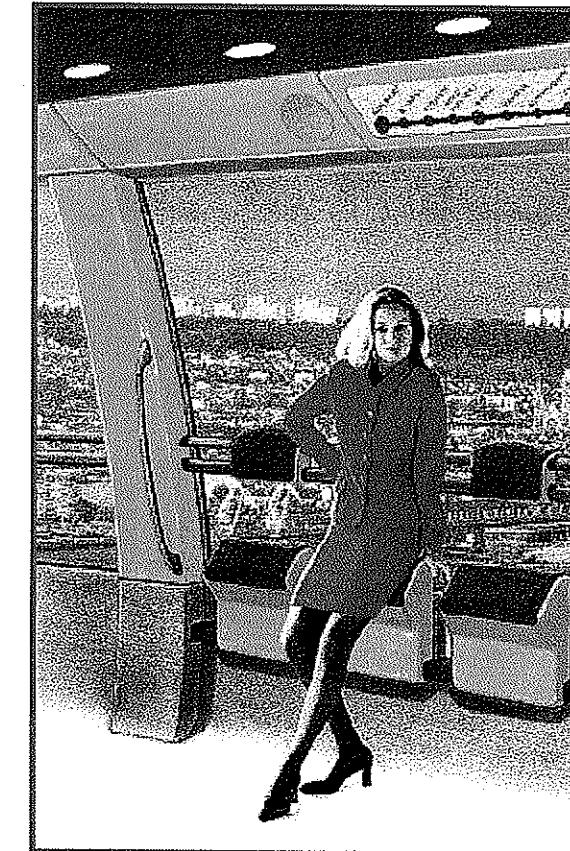
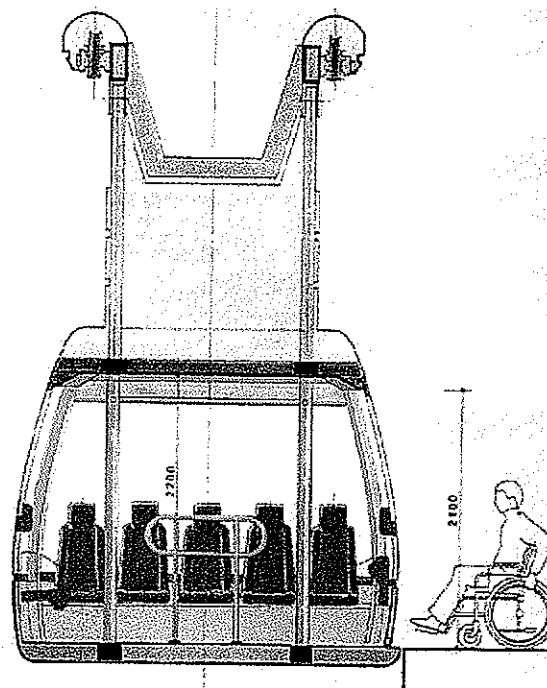
- les portes louvoyantes automatiques, avec leur mécanisme de commande.

La cabine présente de grandes surfaces vitrées, tant frontales que latérales, pour offrir le plus d'agrément possible aux passagers. D'autre part, dix d'entre eux peuvent occuper des sièges, et huit autres peuvent utiliser les sièges rabattables, soit comme des miséricordes (appuis ischiatiques), soit comme des sièges.





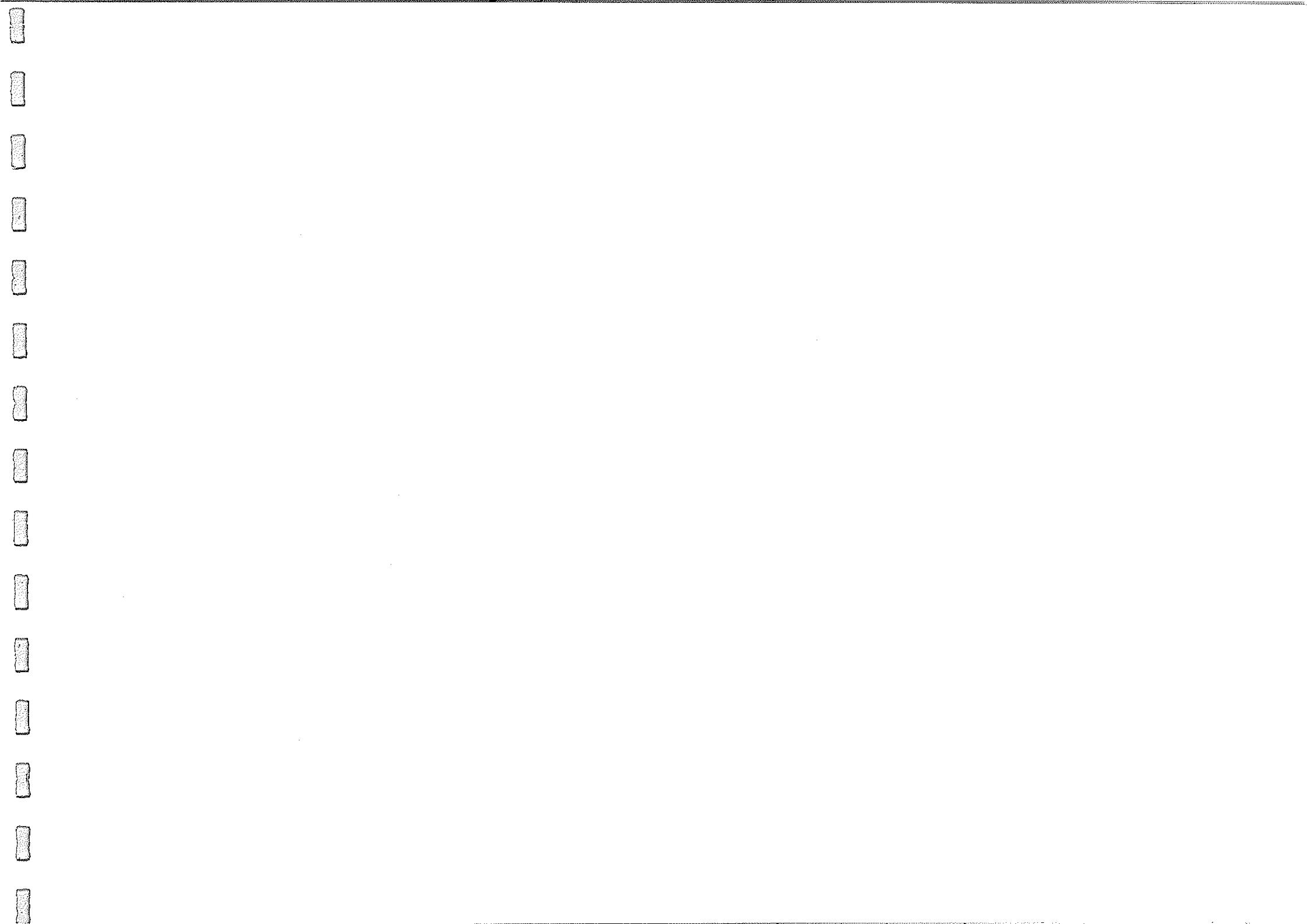
Présentation du système



Les dix sièges sont placés aux extrémités, contre les pare-brise inclinés, pour ne pas gêner la circulation interne et pour utiliser l'espace où le gabarit sous tête est réduit. A noter l'absence d'espace libre sous les sièges, pour empêcher toute dépose d'objet indésirable.

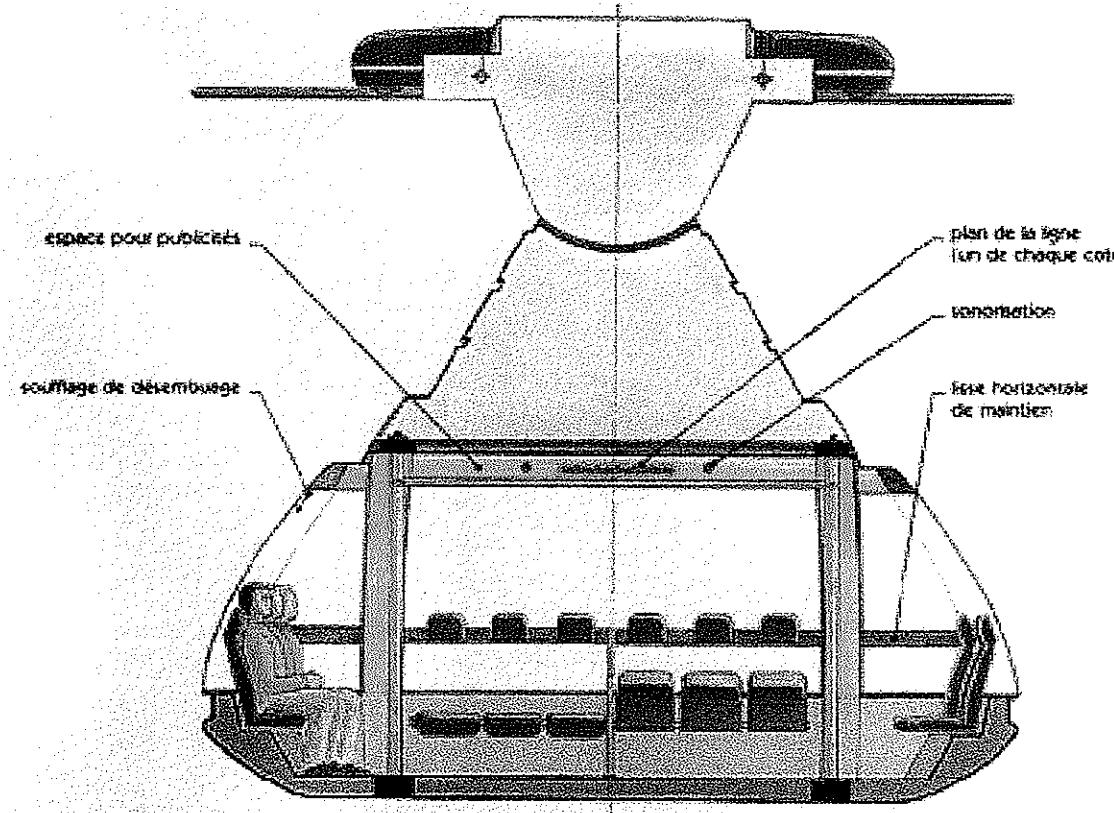
Devant les portes, à l'extérieur, un marchepied vient prolonger le plancher pour supprimer tout vide entre la cabine et le quai des stations, afin d'assurer la sécurité des clients.

Un dispositif de guidage des cabines en station empêche les oscillations dues au chargement.





Présentation du système



• Ventilation et chauffage

Des dispositifs de ventilation sont prévus pour le confort des passagers et le désembuage des pare-brise ; il s'agit d'une ventilation mécanique et d'une ventilation naturelle.

La ventilation mécanique comprend :

- une extraction d'air par le plafond,
- un soufflage périphérique d'air frais,
- un soufflage de désembuage par flux laminaire le long des pare-brise,
- une prise d'air extérieur et une évacuation par grilles en partie haute, dans le volume technique.

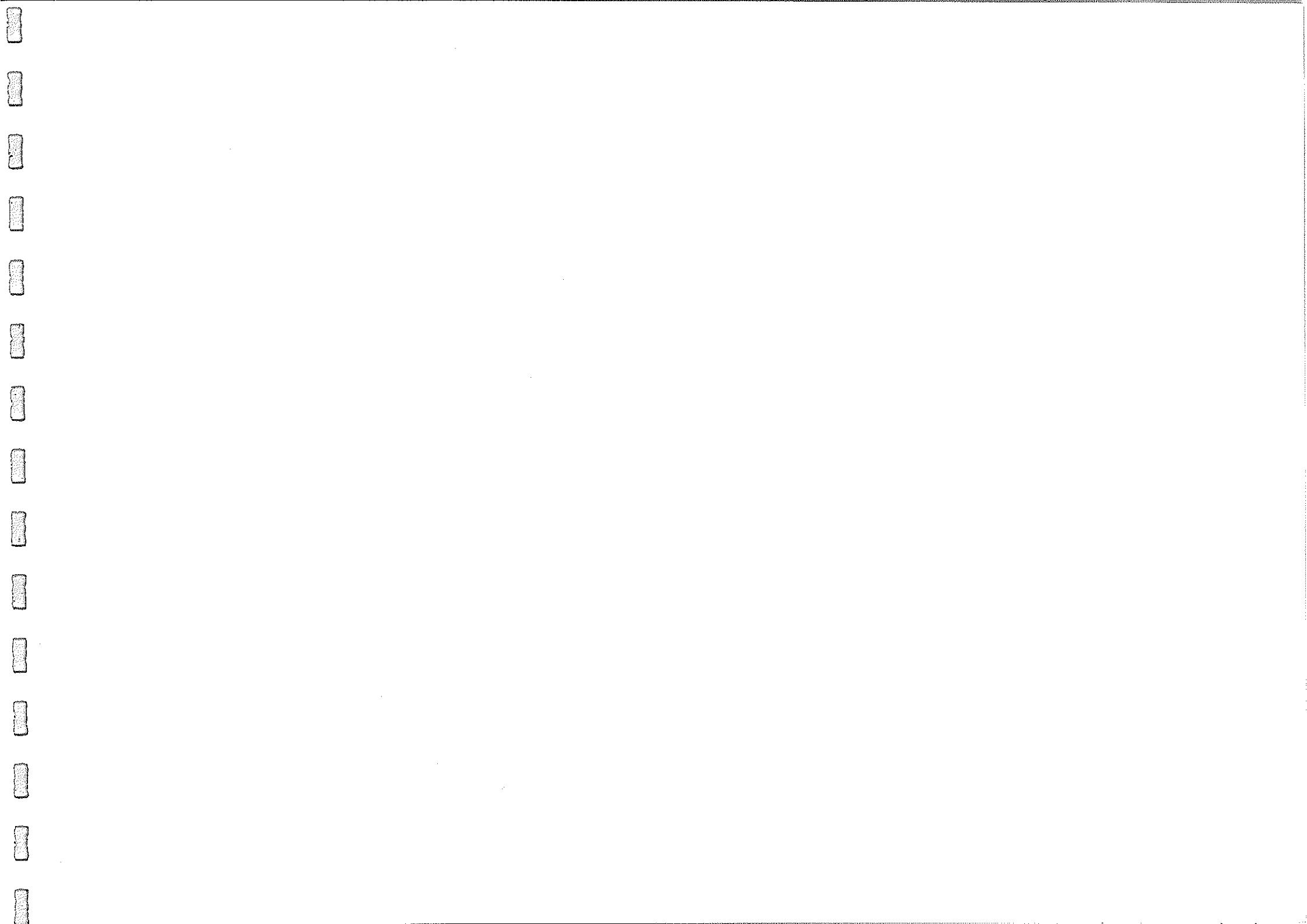
La ventilation naturelle comprend :

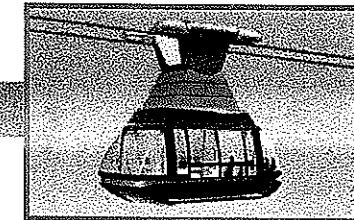
- des grilles de prise d'air en partie basse des faces frontales,
- des grilles de répartition intérieures situées sous les sièges fixes ; ces grilles sont manœuvrables (ouverture totale ou partielle, occultation totale) par le personnel d'exploitation, en fonction de la saison.

Des panneaux radiants disposés au plafond assureront le chauffage des cabines. Ils sont alimentés par des alternateurs entraînés par les roues des chariots.

• Eclairage interne

L'éclairage est fourni par des spots halogènes 24 V. Avec les matériaux et les couleurs choisis pour l'habillage intérieur, l'éclairage halogène contribue à créer une ambiance nocturne chaude et rassurante, tout en offrant une luminosité suffisante pour permettre la lecture.





• Aménagements complémentaires

Des aménagements complémentaires viennent parfaire le confort et les commodités offerts aux passagers ; il s'agit :

- des barres de maintien, à hauteur de main levée,
- de la lyre de maintien centrale et des barres de maintien verticales latérales,
- des lisses horizontales contre les faces latérales et les portes,
- du système de sabots caoutchouc permettant de clipper deux vélos contre la lyre centrale,
- du système de chauffage par plafond radian,
- de l'interphone permettant de communiquer avec le PC, en cas de besoin,
- de la caméra embarquée permettant au PC de détecter les éventuels incidents,
- d'une sonorisation à messagerie vocale pour l'annonce des stations,
- du plan de la ligne, placé en haut de chaque face latérale, sur un plan incliné, avec, en option, une diode lumineuse pour situer le véhicule.

D'autre part, des espaces publicitaires sont prévus de part et d'autre des plans de ligne.

A l'extérieur, une signalétique automatique destinée aux passagers en attente sur le quai, est placée côté

portes et sur les faces frontales. Les batteries et l'appareillage électrique embarqués, ainsi que le matériel d'évacuation, sont placés dans le volume technique, au-dessus du plafond.

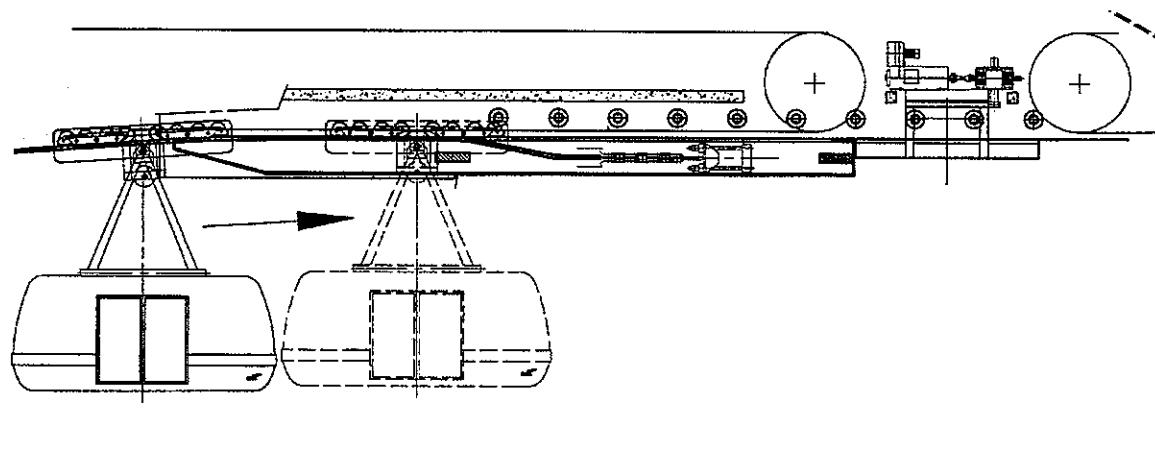
• Matériaux utilisés

- Carrosserie : panneaux remplaçables, collés suivant la technique automobile, en matériau composite moulé.
- Structure porteuse : acier.
- Vitres : verre feuilleté teinté, affleurant et collé.
- Sol : tapis en PVC antidérapant à pastilles et éclats de corindon (type Tarabus ou équivalent), relevés jusqu'au bas des vitrages sur une hauteur de 58 cm.
- Plafond : moquette collée M0, type SNCF (normes feu et fumée).
- Habillage intérieur : matériau composite moulé, démontable, lavable avec les produits adaptés à l'enlèvement des tags.
- Sièges fixes et rabattables :
 - . ossature en matière plastique moulée,
 - . garnissage en nappe antivandalisme et incombustible type « Compin » ou équivalent, offrant un aspect tissus sur sa face visible.

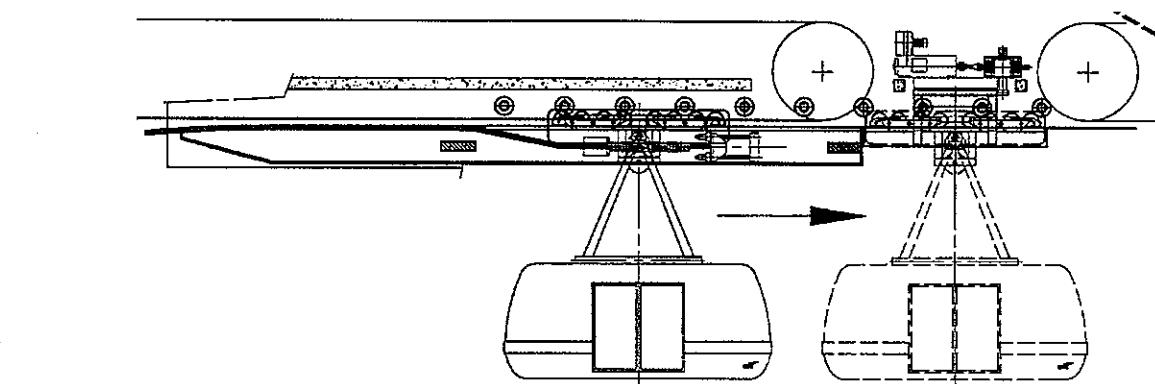




Présentation du système



1ère phase : arrivée en gare



2ème phase : prise en charge du véhicule

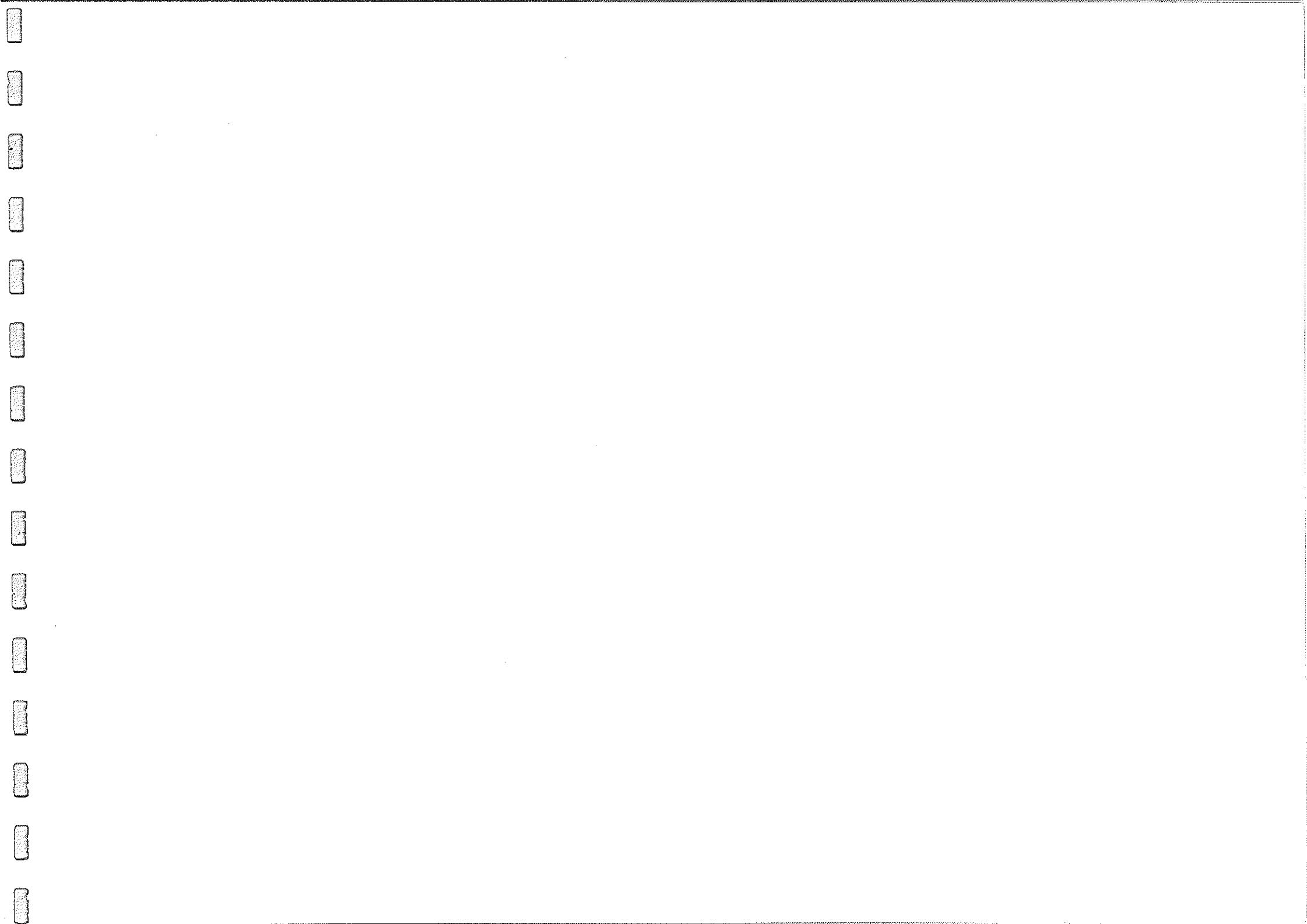
2.4.6. Transfert des véhicules dans les gares

2.4.6.1. Arrivée et départ

A l'approche de chaque station, le câble entre dans une phase de décélération jusqu'à une certaine vitesse où le véhicule se désaccouple.

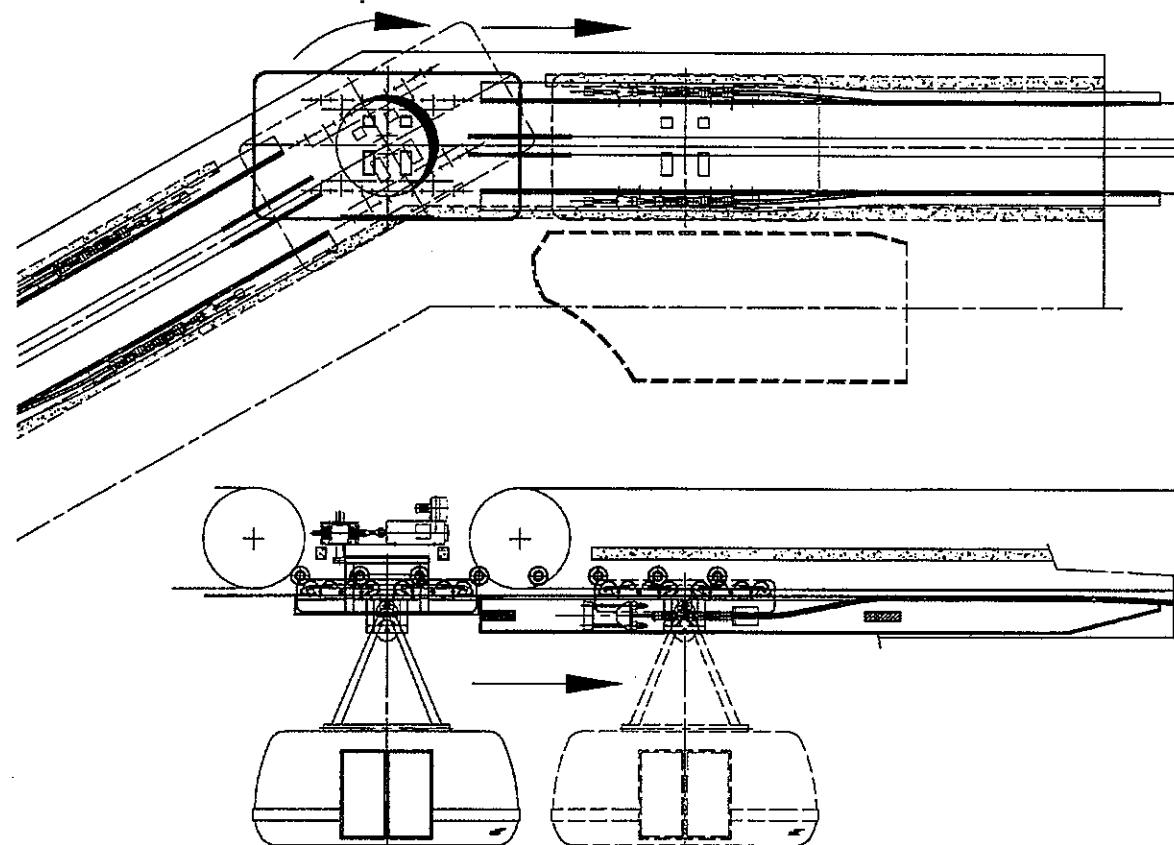
Ensuite, le véhicule est pris en charge par une rampe de tourets pneumatiques intégrée à la station. Cette rampe, qui est entraînée par un moteur à vitesse variable piloté par l'automatisme au sol, termine le ralentissement du véhicule et l'amène au point d'arrêt. Les tourets agissent, sous une pression calibrée, par adhérence sur le chariot du véhicule. Les tourets sont montés sur des roulements à billes ou à rouleaux et sont liés les uns aux autres par des transmissions à courroies trapézoïdales.

Du côté départ de la station, dans l'attente de l'accouplement du véhicule, la boucle de câble tracteur est à l'arrêt. Sur ordre de l'automatisme, le véhicule s'accouple au câble tracteur à l'arrêt. Ensuite, le câble entre dans une phase d'accélération, jusqu'à la vitesse nominale du voyage, pour conduire le véhicule à la station suivante.





Présentation du système



3ème phase : rotation et mise en position

2.4.6.2. Changement de direction par plaque tournante

Toutes les stations, sauf Ango, Théâtre des Arts, Gambetta et Martainville, sont équipées d'une plaque tournante aérienne pour le changement de direction des véhicules. Les plaques de Mont Riboudet, L'Île Lacroix et Four et Moulin sont également prévues pour que ces stations soient, en cas de besoin, des terminus provisoires où les véhicules font demi-tour sur l'autre voie. Dans ce cas, une voie de transfert est montée entre les deux plaques (une plaque par voie).

Selon les stations et la voie, la plaque est implantée après ou avant le quai. Le choix résulte de la place disponible, de la position relative des deux quais et de la fonction de la station (terminus, terminus provisoire, station normale).

La plaque tournante porte des rails suspendus sur lesquels viennent se placer les roues du chariot du véhicule.

2.4.7. Automatisme de fonctionnement et de sécurité

L'automatisme de fonctionnement et de sécurité, qui assure la gestion et le contrôle du fonctionnement de tout le réseau Télébus, est formé :

- d'un module pour le poste de contrôle central (PC),
- de modules de stations, tous identiques, à raison d'un module par station,





- de modules de machineries, tous identiques, à raison d'un module par machinerie pour les 2 boucles de câble,
- d'un réseau fibre optique de liaison avec le PC.

Chaque module est conçu autour d'un système d'automates programmables du type 3 + 2 :

- 2 automates pour commander et gérer le fonctionnement,
- 3 automates pour assurer les fonctions de sécurité (contrôles du fonctionnement et commande des arrêts pouvant découler de la détection de défauts).

Les automates assurant les fonctions de sécurité sont alimentés par des sources distinctes.

Les 2 automates de gestion du fonctionnement assurent les mêmes fonctions et sont redondants l'un par rapport à l'autre, avec un vote 1/2. Cela veut dire que la défaillance d'un automate ne pénalise pas l'exploitation, l'autre assurant le service.

Les 3 automates de sécurité assurent les mêmes fonctions en redondance et agissent avec un vote 2/3. Le vote 2/3 veut dire que toute action de leur part n'a lieu que si 2 d'entre eux lancent cette action ; cette configuration permet, là aussi, la défaillance d'un automate sans que cela pénalise l'exploitation.

Les automates de sécurité sont animés par le même logiciel développé en Plan Qualité Logiciel. Ce Plan Qualité est basé sur un cycle dit "en V", c'est à dire qu'il comprend une phase de développement aboutissant au code automate, et une phase de validation partant de ce code.

Un module gère et contrôle au PC, selon les débits demandés par l'opérateur :

- le fonctionnement des garages, cyclage et décyclage des véhicules, insertions et retraits en exploitation,
- la transmission de la consigne de vitesse aux modules de machineries,
- la transmission des données de temps d'arrêt en station, aux modules des stations,
- l'affichage de la position de tous les véhicules.

Ce module assigne également un rôle de « terminus provisoire » aux stations prévues à cet effet, lorsqu'un incident rend un tronçon inexploitable, et que l'opérateur sélectionne la marche dégradée correspondante.

Dans chaque station, un module gère et contrôle :

- le fonctionnement des rampes de tourets pneumatiques,
- le fonctionnement des portes cabines et palières,
- le transfert des véhicules sur la boucle suivante,
- le fonctionnement de la plaque tournante,
- l'accouplement du véhicule sur la boucle de câble, lorsque la station suivante donne l'information "câble libre",
- la transmission de l'information "câble libre" à la station précédente,
- la transmission de l'information "prêt au départ" à la

machinerie du tronçon suivant, pour que celle-ci mette en marche la boucle de câble concernée.

Dans chaque local machinerie, un module gère et contrôle :

- le cycle de fonctionnement de chaque boucle de câble, ainsi que les cycles de freinages,
- le comptage distance pour surveiller la position des véhicules et assurer la fonction "anticollision" (entre 2 véhicules, et en entrée de station).

2.4.8. Mode dégradé en cas de défaillance d'une boucle

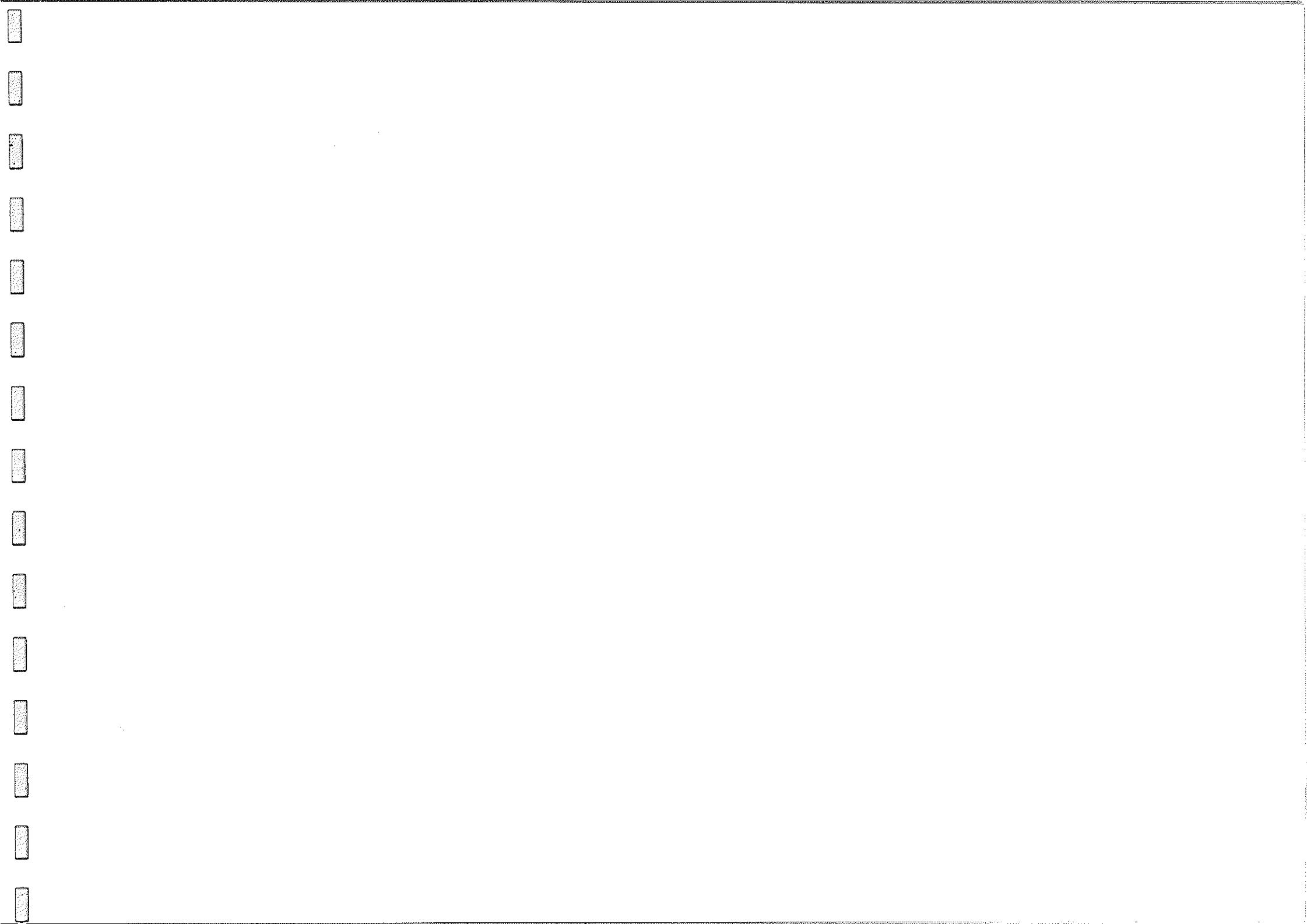
2.4.8.1. Panne sur une boucle de câble tracteur

Lorsqu'une boucle est défaillante, un mode de marche dégradée permet de poursuivre l'exploitation en utilisant seulement l'autre boucle de traction. La fréquence des véhicules est optimisée sur la boucle pour minimiser la chute de débit. Dans certains cas, l'évacuation de véhicules dans l'atelier de stockage peut s'avérer nécessaire.

2.4.8.2. Panne complète sur un tronçon

Trois stations sont prévues pour être des terminus provisoires dans les deux sens. Il s'agit de Mont Riboudet, L'île Lacroix et Four et Moulin. Les plaques tournantes sont ici prévues pour les fonctions de retournement.

Lorsqu'un tronçon est en panne, les deux stations adjacentes « terminus provisoire » entrent en fonction pour faire repartir les véhicules en sens inverse.





2.5. Les équipements d'aide à l'exploitation

Les autres équipements installés concernent :

- les stations électriques et distributions d'énergie
- les ascenseurs et escaliers mécaniques
- la billettique
- le Système d'Aide à l'Exploitation et d'Information des Voyageurs (S.A.E.I.V.)
- la vidéosurveillance
- le réseau de transmission radio
- le réseau multi-services
- la Gestion Technique Centralisée
- la Gestion Technique Energie
- la téléphonie

Ces équipements ne sont pas directement liés au système de transport et sont de ce fait relativement classiques dans une ligne de transport TCSP.

2.6. Performances Techniques du système Télébus

Le système Télébus est particulièrement novateur dans les performances qu'il propose et notamment :

- le débit et les intervalles qu'il propose,
- la modulation de la capacité de transport.

En effet, le système proposé est modulable et évolutive dans ses capacités.

Modularité

L'étude des flux de clientèle à l'horizon 2010 fait apparaître des flux élevés en HPM sur le tronçon central de la ligne, à savoir Mont Riboudet / île Lacroix (jusqu'à 2350 pers./h en hyperpointe HPM entre Théâtre des Arts et Pasteur), et plus faibles sur les branches St Aignan et Grand Mare. Ceci a conduit à prévoir le recyclage d'une partie des véhicules aux stations Mont Riboudet, île Lacroix et Four-et-Moulin de façon à mieux faire « coller » l'offre de débit à la demande de transport. Ce recyclage sera géré par une signalisation appropriée sur les véhicules et/ou en station.

Ainsi en « retournant » un véhicule sur quatre, puis un sur trois aux stations précitées, en bénéficiant des plaques de changement de direction installées, en prenant l'exemple d'un débit sur le tronçon central de 3000 pers./h, les débits sur la ligne seront :

- 3000 pers./h sur la section centrale Mont Riboudet / île Lacroix,
- 2250 pers./h = $\frac{2}{3} \times 3000$ sur Mont Riboudet/Colbert, et sur île Lacroix/Four-et-Moulin,
- 1500 pers./h = $\frac{1}{3} \times 3000$ sur Four-et-Moulin/Apollinaire.

Le débit proposé par le Télébus sur le tronçon central pourra monter jusqu'à 4500 pers./h/sens.

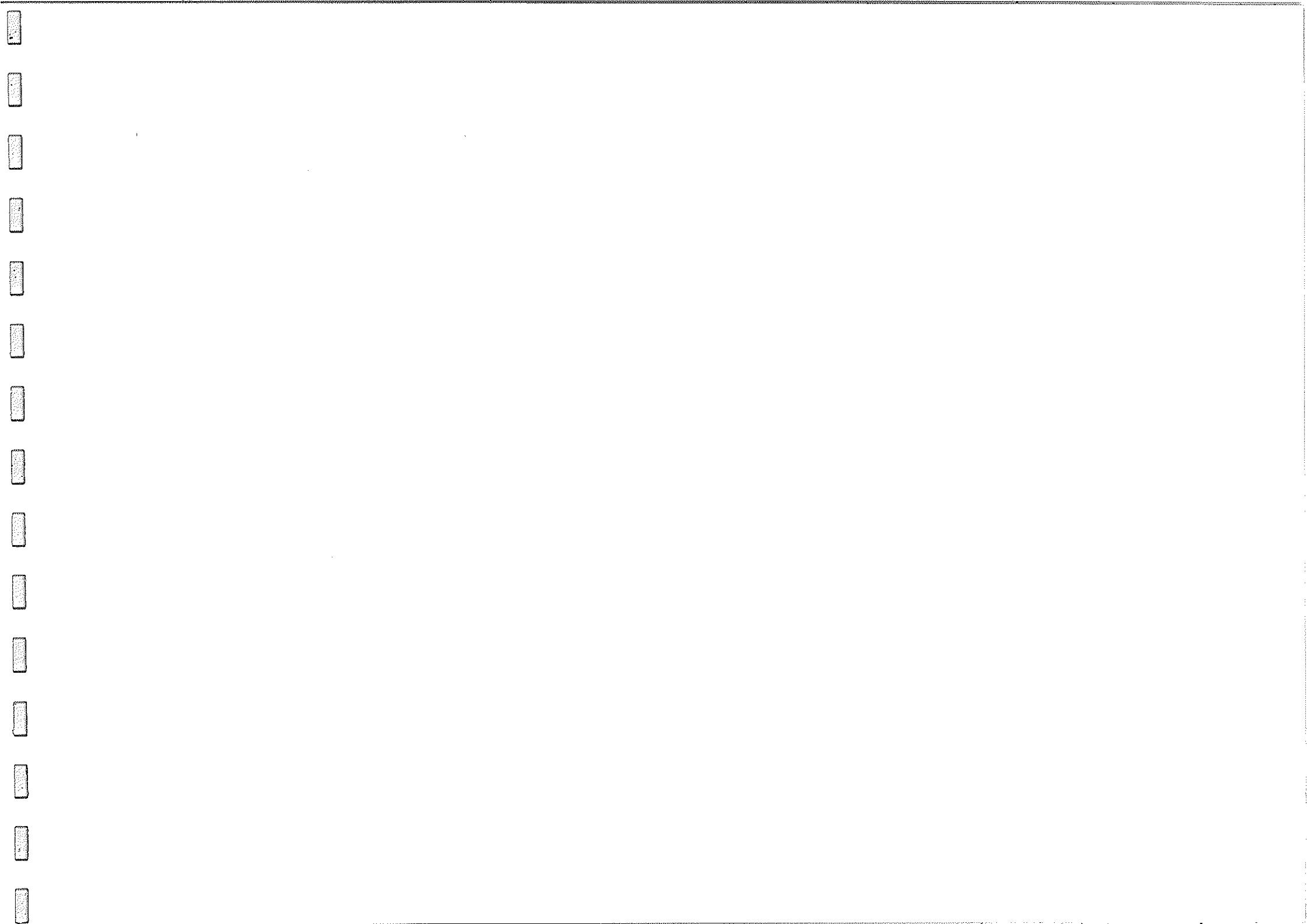
Evolutivité

Le système étant constitué de véhicules de capacité 50 personnes, le débit du système est directement fonction de l'intervalle de passage entre les cabines. Ainsi :

- un débit de 1500 pers./h est assuré avec des intervalles de 120 secondes,
- un débit de 3000 pers./h est assuré avec des intervalles de 60 secondes,
- un débit de 4500 pers./h (débit maximal) est assuré avec des intervalles de 40 secondes.

Vitesse commerciale

L'objectif d'une bonne vitesse commerciale est incompatible avec l'objectif de la desserte de nombreuses stations. Dans ces conditions, plus on dessert de stations, plus la vitesse commerciale sera faible. En effet, le système est « encadré » par les contraintes physiques ou réglementaires que sont :





- une durée minimale d'arrêt à quai fixée à 23 secondes,

- la vitesse maximale autorisée en ligne qui reste limitée à 12,5 m/s. Une évolution sur ce point du Règlement des Téléphériques reste toutefois envisageable compte tenu de l'évolution des matériels et de ce qui commence à se pratiquer à l'étranger notamment.

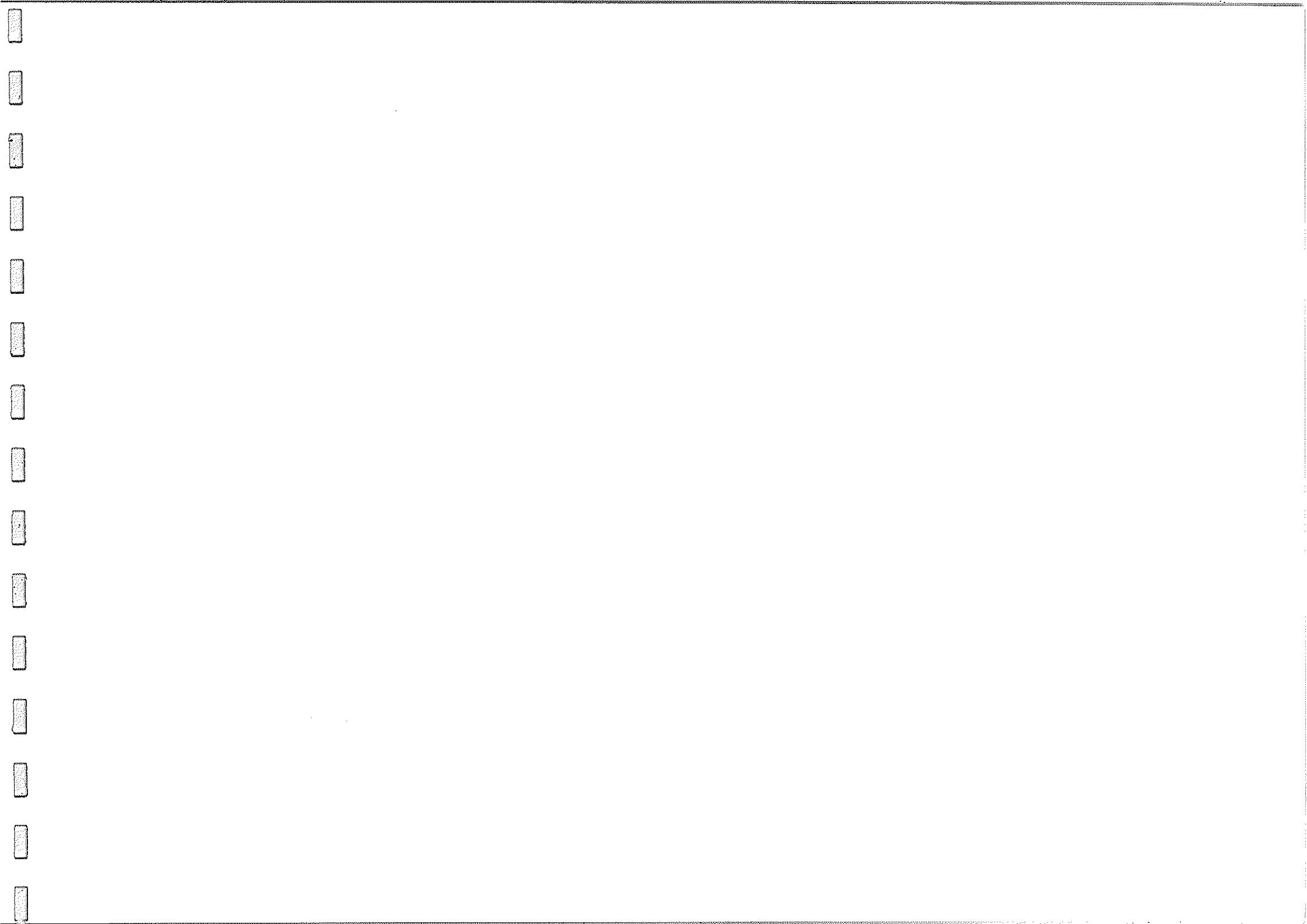
Dans le cas où la desserte des stations Eternité, Ango, Gambetta et Martainville est différée, on obtient les meilleures vitesses commerciales, qui sont proches de 20/21 km/h entre les extrémités de la ligne et la station centrale Théâtre des Arts.

Voir le plan du réseau page suivante

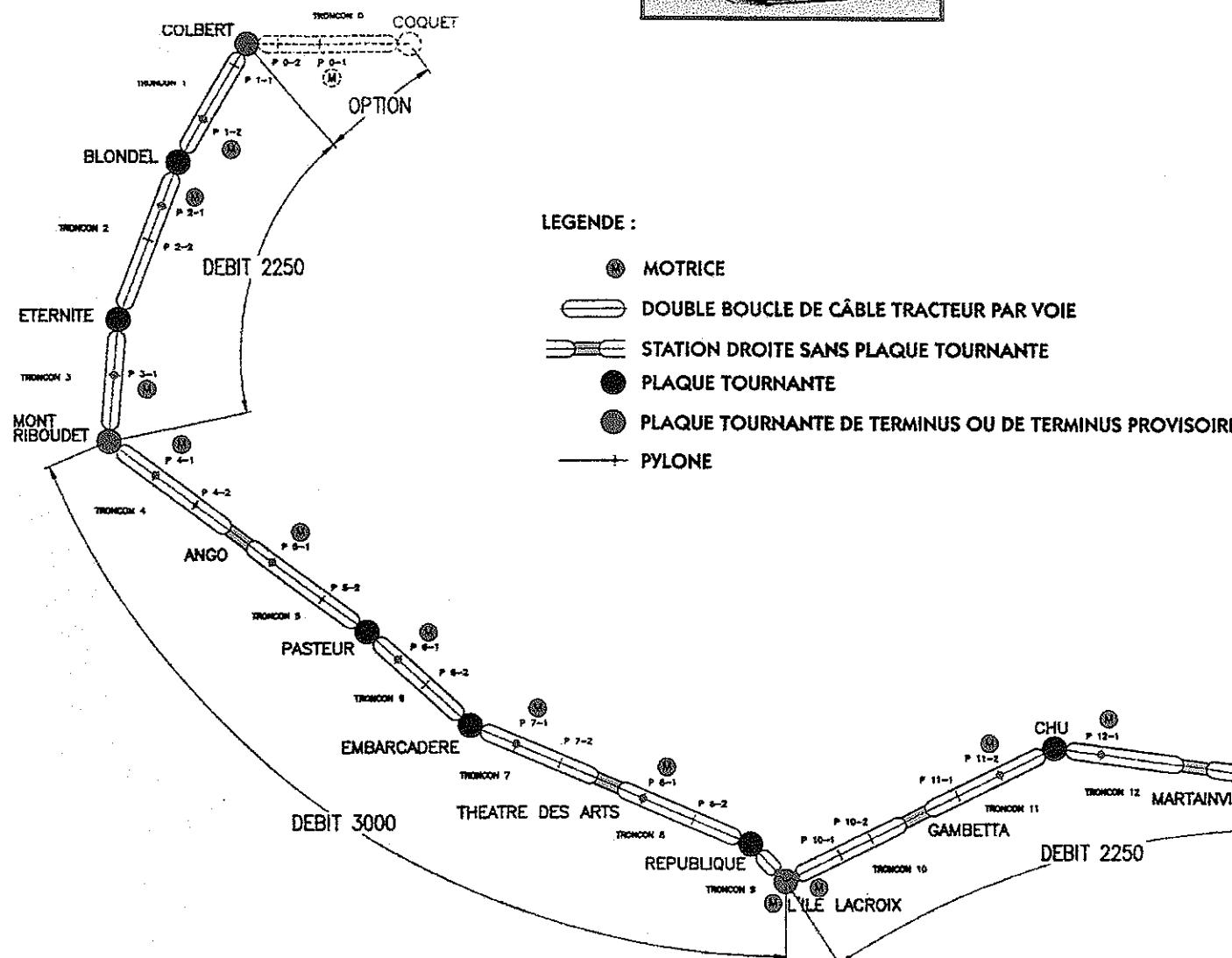
2.7. Délais de réalisation du projet Télébus

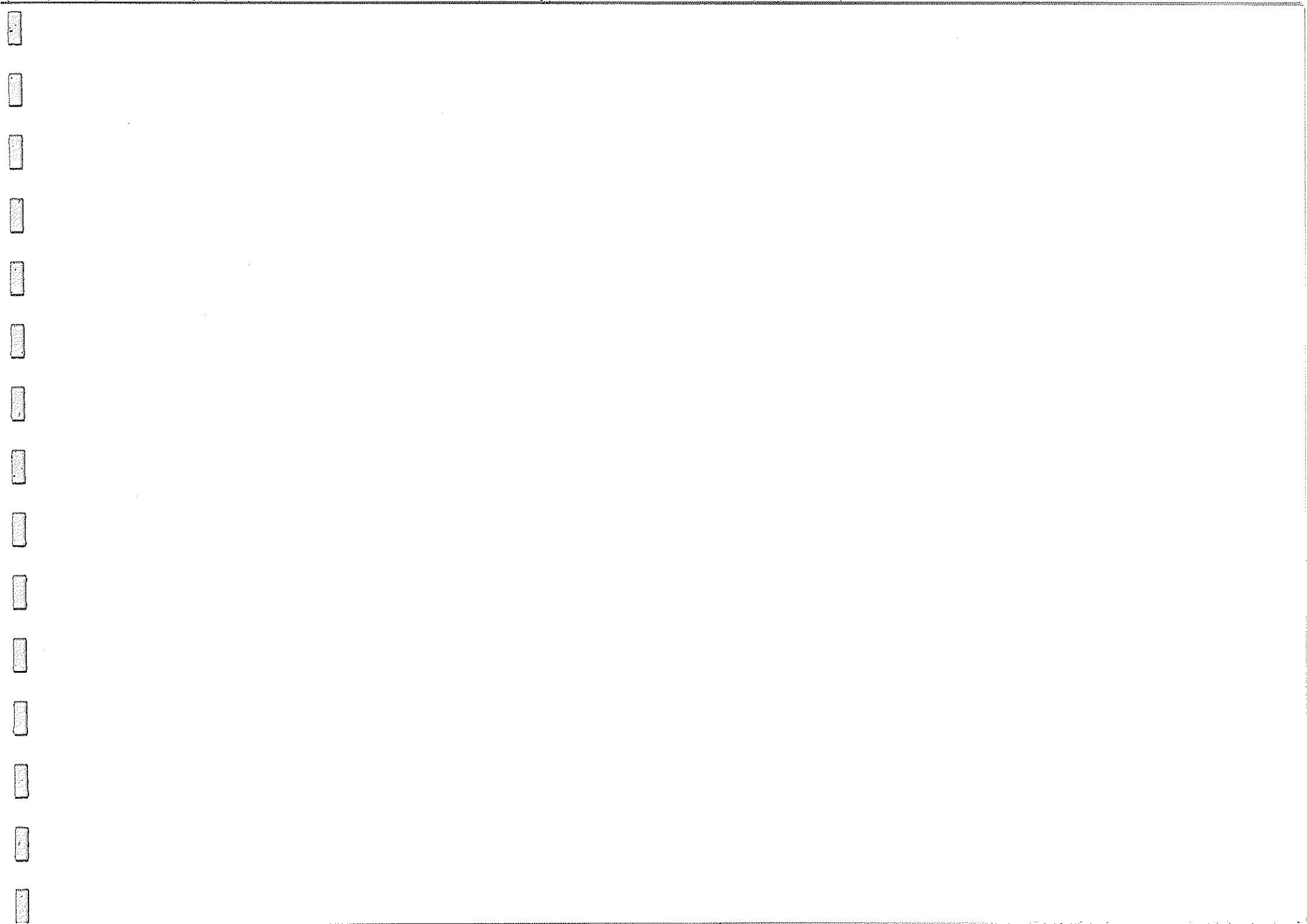
Les délais de réalisation dépendent de l'importance de la ligne qui sera construite. Pour une ligne complète de 20 stations, il faut compter sur :

- 14 mois d'études générales,
- 24 mois de travaux.



Présentation du système







Le prototype du Télébus

3.1. Fonctionnalités et buts recherchés

Les innovations apportées par le système nécessitent la construction d'un prototype.

Le prototype validera, pour la phase industrielle, les choix des composants du système Télébus, ainsi que ses performances et ce, dans toutes les configurations qui seront construites sur la ligne de Rouen.

Ce prototype sera représentatif du fonctionnement du Télébus de Rouen, tant du point de vue du fonctionnement des gares que pour ce qui est de la ligne et ce, pour tous les débits proposés (1500/2400/3000/4500pers/h/sens). Seront donc reproduites les phases suivantes :

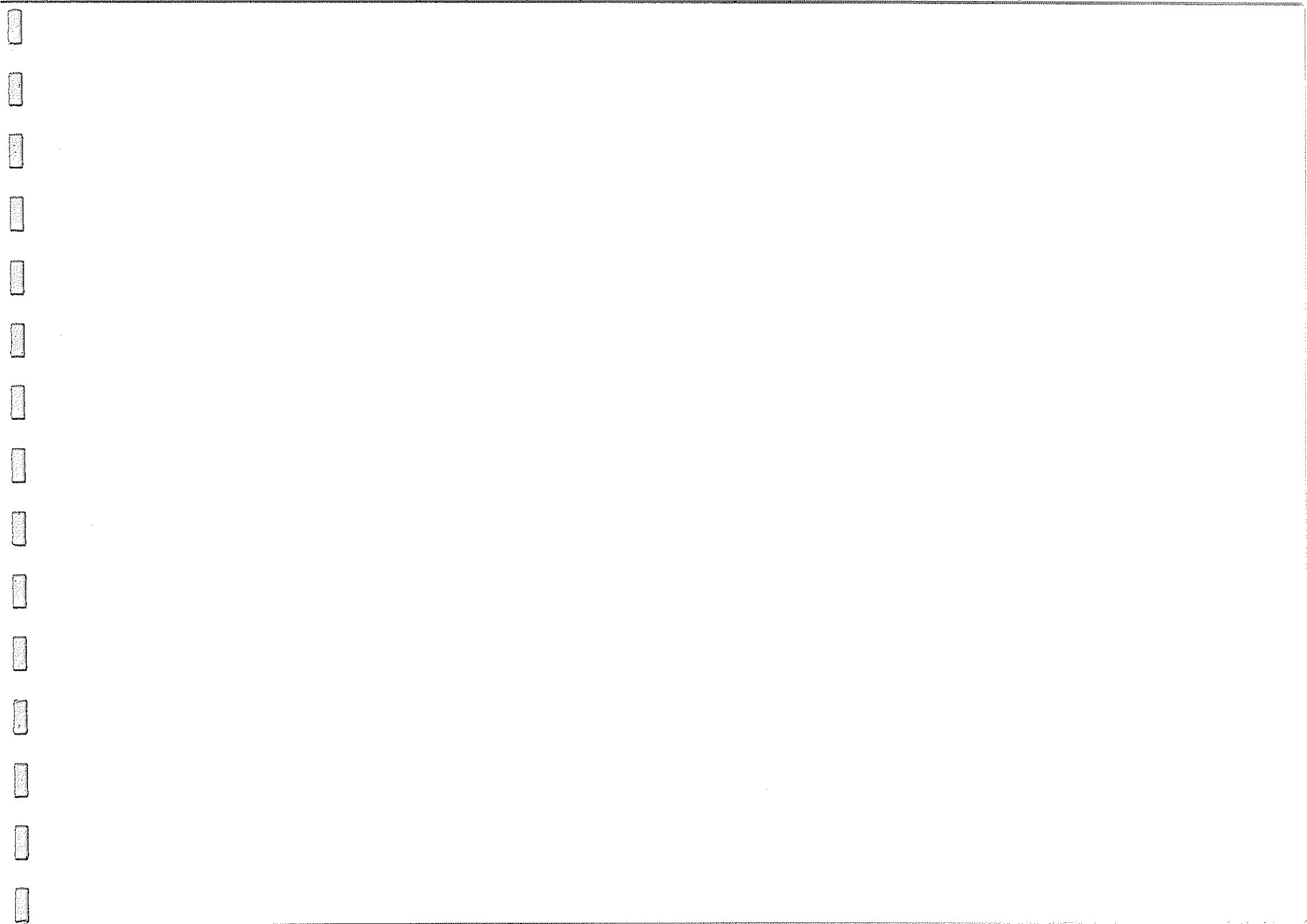
- embrayage sur le câble à l'arrêt,
- départ cabine depuis quai,
- phase d'accélération,
- marche en vitesse maximale de croisière,
- passage sur support intermédiaire,
- phase de décélération sur câble,
- débrayage à 2 m/s,
- phase de décélération sur tourets,
- passage sur plaque tournante puis mise à quai,
- phase d'échange à quai :ouverture / fermeture portes,
- retournement des cabines par un ensemble de 2 plaques tournantes,
- déplacement du quai vers la plaque, départ en ligne sur plaque.

Les tests de régulation du trafic, incluant la gestion des retards ou perturbations, seront menés dans les différentes configurations de débit.

Les principales procédures ayant trait à la sécurité des passagers pourront être arrêtées sur ce prototype :

- en station, notamment ouverture/fermeture des portes palières, évacuation des quais et des véhicules,
- en ligne, notamment le rapatriement des véhicules / des passagers en cas de panne.

Le prototype permettra aussi de vérifier l'ergonomie du système et notamment les aspects de confort et de silence.





Présentation du système

3.2. Descriptif

L'ensemble des configurations de fonctionnement du Télébus sera testé sur un tronçon de ligne, suffisamment long pour atteindre la vitesse en ligne maximale, et deux stations d'extrémité dont une station d'angle.

3.2.1. Interstation

La longueur de l'interstation réalisée sera de 349 m, correspondant à la partie de l'interstation CHU/Gambetta comprise entre CHU et le support P11-1. Cette distance autorisera pour les véhicules :

- la phase d'accélération prévue ($0,5 \text{ m/s}^2$) jusqu'à $12,5 \text{ m} = 156 \text{ m}$,
- une marche à vitesse constante ($12,5 \text{ m/s}$) pendant $5 \text{ s environ} = 60 \text{ m}$,
- la phase de décélération prévue ($-0,6 \text{ m/s}^2$) jusqu'à l'arrêt = 133 m .

La hauteur de la ligne réservera sous les véhicules la hauteur du gabarit routier (4,5m) : les quais seront à 6,5m du sol, ce qui conduit à planter les sabots en station à 11,60m au dessus du sol.

Cette interstation sera équipée dans chaque sens d'une voie de câbles porteurs ($2 \times \Delta 68 \text{ mm}$) et de deux boucles de câbles tracteurs ($2 \times \Delta 26 \text{ mm}$).

Un support intermédiaire sera construit en respectant la géométrie définitive : deux poteaux en béton et chevêtre métallique. Son implantation reproduira celle du support P11-2 situé dans la partie Nord de

l'interstation CHU-Gambetta : distance station 1/support de 177 m, égale à la distance CHU/P11-2 ; distance support/station 2 de 172 m, égale à la distance P11-2/P11-1.

L'angle de déviation des câbles porteurs sur le support reproduira celui de l'interstation CHU-Gambetta au niveau du support P11-2.

Cette implantation du support, sensiblement en milieu d'interstation, permettra de tester le passage des véhicules sur les supports jusqu'à la vitesse maximale.

En pied de support, dans un local fermé, seront implantés les quatre ensembles moto-réducteurs des boucles tractrices. Ce local sera semi-enterré (environ 1m50), de façon à assurer des fondations suffisantes pour le support.

3.2.2. Station d'extrémité en ligne droite (station 1)

L'arrivée et le départ des cabines dans cette station seront représentatifs des configurations rencontrées sur les stations qui ne présentent pas d'angle de déviation (Théâtre des Arts, Gambetta...).

La structure de la station sera réduite à son « ossature » fonctionnelle :

- structures supports des sabots,
- structures supports des quais,
- structures supports des mécaniques de retourement et d'orientation,

- ancrage des câbles porteurs,
- poules de renvoi des câbles tracteurs.

Elle sera composée à partir de profils métalliques standards, protégés d'une couche de peinture anti-rouille, et allégée par l'ajout de tirants et contreventements pour la reprise des efforts de tension des câbles.

Le quai, unique, sera reproduit à l'identique : garde-corps périphériques, portes palières, volumes d'encombrement du mobilier et des accessoires (billetterie, composteur,...), largeur des accès.

L'accès au quai se fera par un escalier droit et un escalier de secours. Le gabarit de la cage d'ascenseur sera réservé.

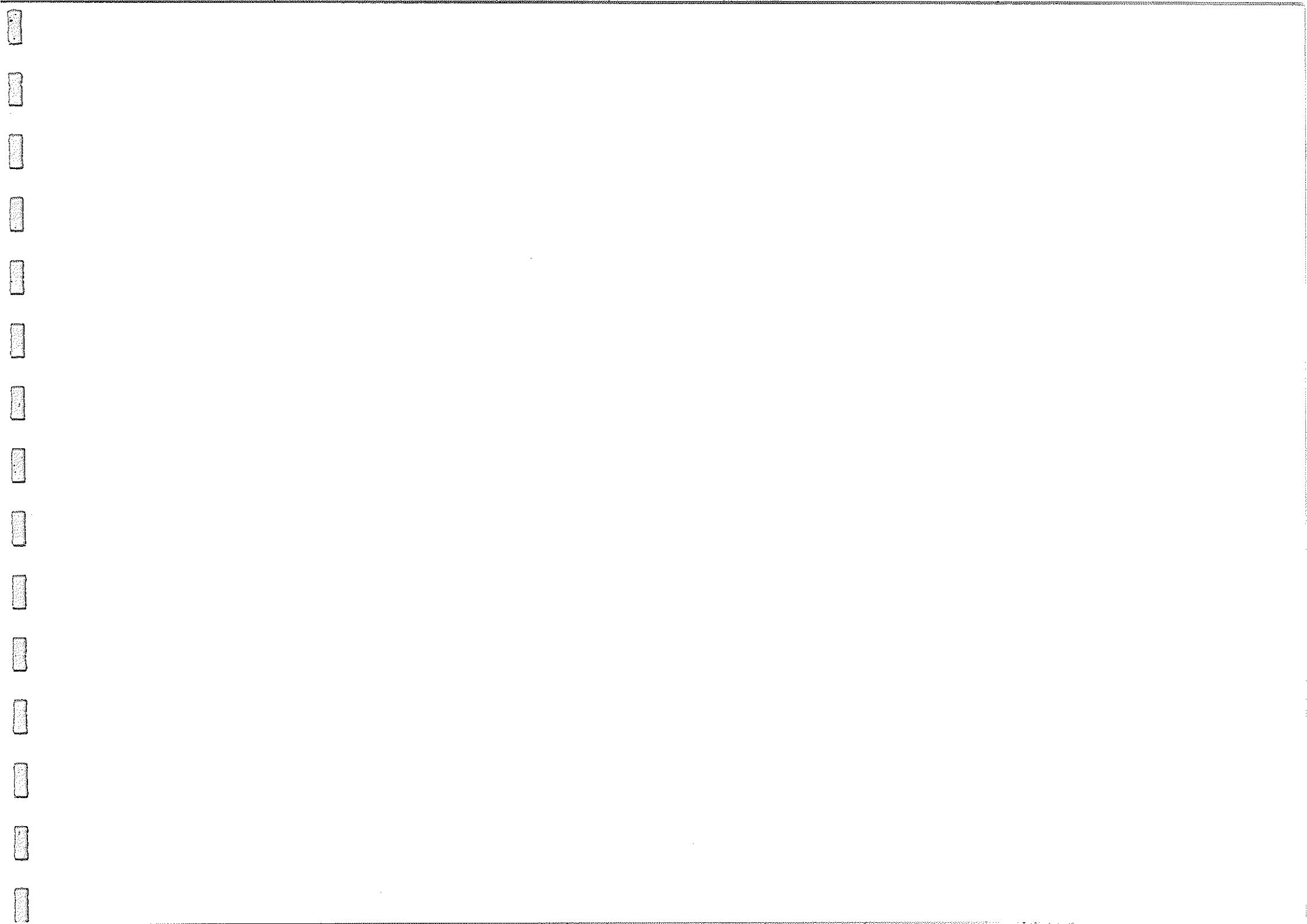
Les plaques tournantes pour le retourement des véhicules seront positionnées conformément à la configuration d'une station terminale.

3.2.3. Station d'extrémité en angle (station 2)

Cette station sera représentative des stations en angle de la ligne (Mont Riboudet, Pasteur, ...). L'angle sera de 25° , qui représente la moyenne des déviations des stations d'angle situées entre Coquet et CHU.

Son principe constructif sera analogue à celui de la station 1.

Le quai sera équipé de façon analogue : escaliers, cage d'ascenseur, garde corps. Il sera positionné après les plaques tournantes de déviation.





3.2.4. Véhicules

Cinq véhicules sont prévus. Ce nombre permet de tester le débit maximal de 4500 pers/h (intervalle moyen de 40 secondes), et l'encombrement maximal d'une station (véhicules à la fois à quai et sur plaque).

Un des véhicules sera équipé d'une cabine dont l'intérieur sera complètement aménagé.

Les véhicules seront insérés à partir d'une voie de garage branchée sur l'une des plaques de déviation de la station 2.

3.3. Calendrier de construction du prototype

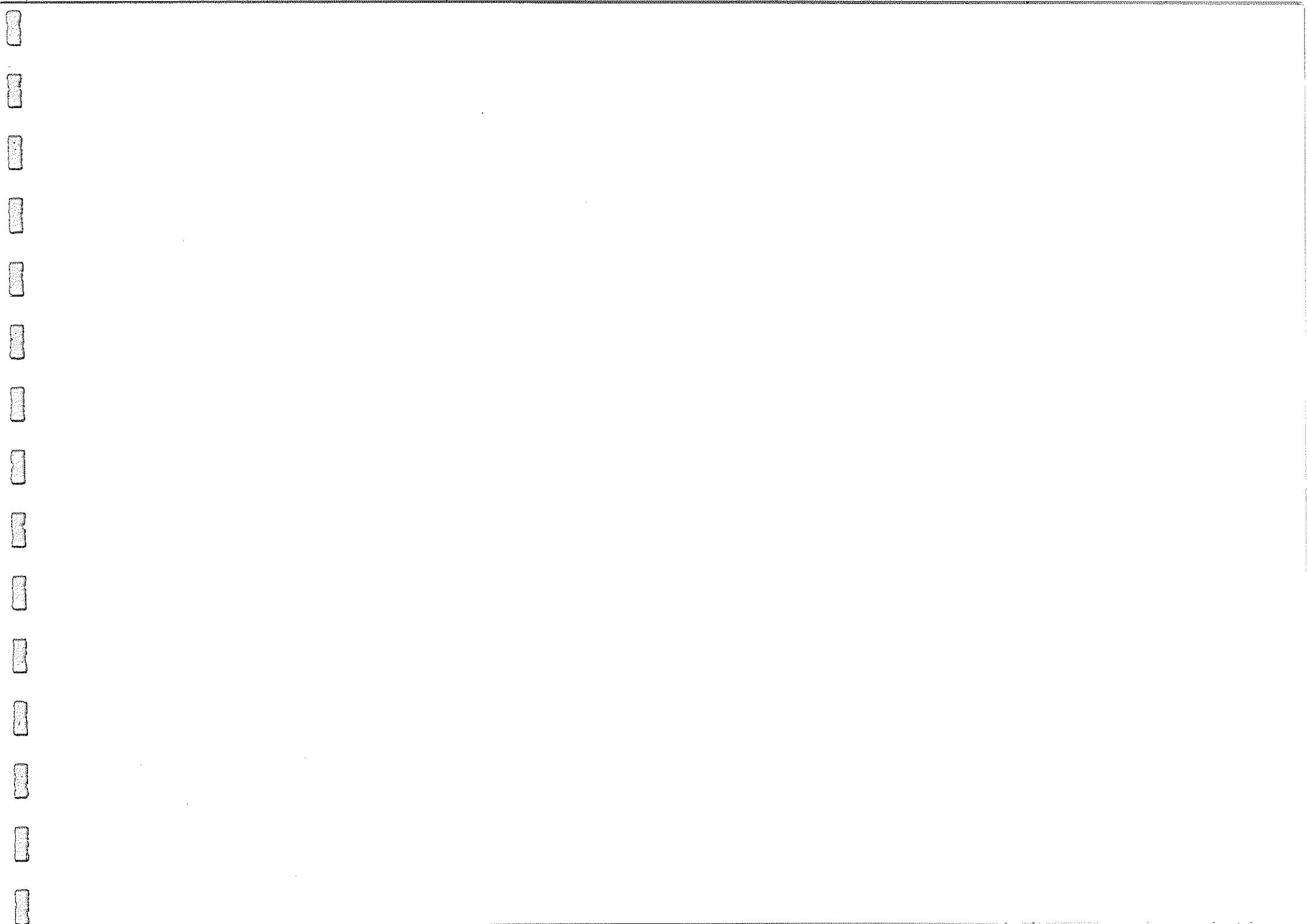
Le programme d'étude et de construction du prototype, conforme au présent descriptif, est donné ci-après. Il s'étend sur une période de six mois.

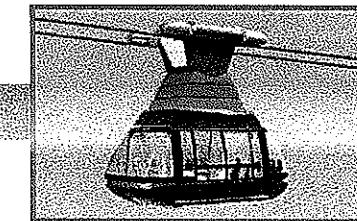
Compte tenu de la place nécessaire à une telle réalisation, ce prototype sera a priori réalisé à Voreppe, sur les terrains de la société POMAGALSKI.

Toutefois, en fonction de la demande du District de l'Agglomération Rouennaise, ce prototype pourrait réalisé sur place à Rouen et adapté pour constituer l'un des tronçons de la ligne à construire.

Programme d'études et de construction du PROTOTYPE

	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6
Etudes						
Sécurité						
Génie civil						
Mécanique système						
Chariot+ véhicule						
Automatismes						
Approvisionnement						
Mécanique (moteurs, câbles, etc...)						
Structure métallique						
Fabrication						
Mécanique (moteurs, câbles, etc...)						
Structure métallique						
Montage						
Génie civil						
Charpente						
Mécanique						
Electricité-automatismes						





3.4. Programme d'essais et de validation

Les phases d'essais et de validation du système débuteront dès l'achèvement de la construction du prototype.

La validation des performances minimales requises pour le système se fera pendant les deux premiers mois d'essais.

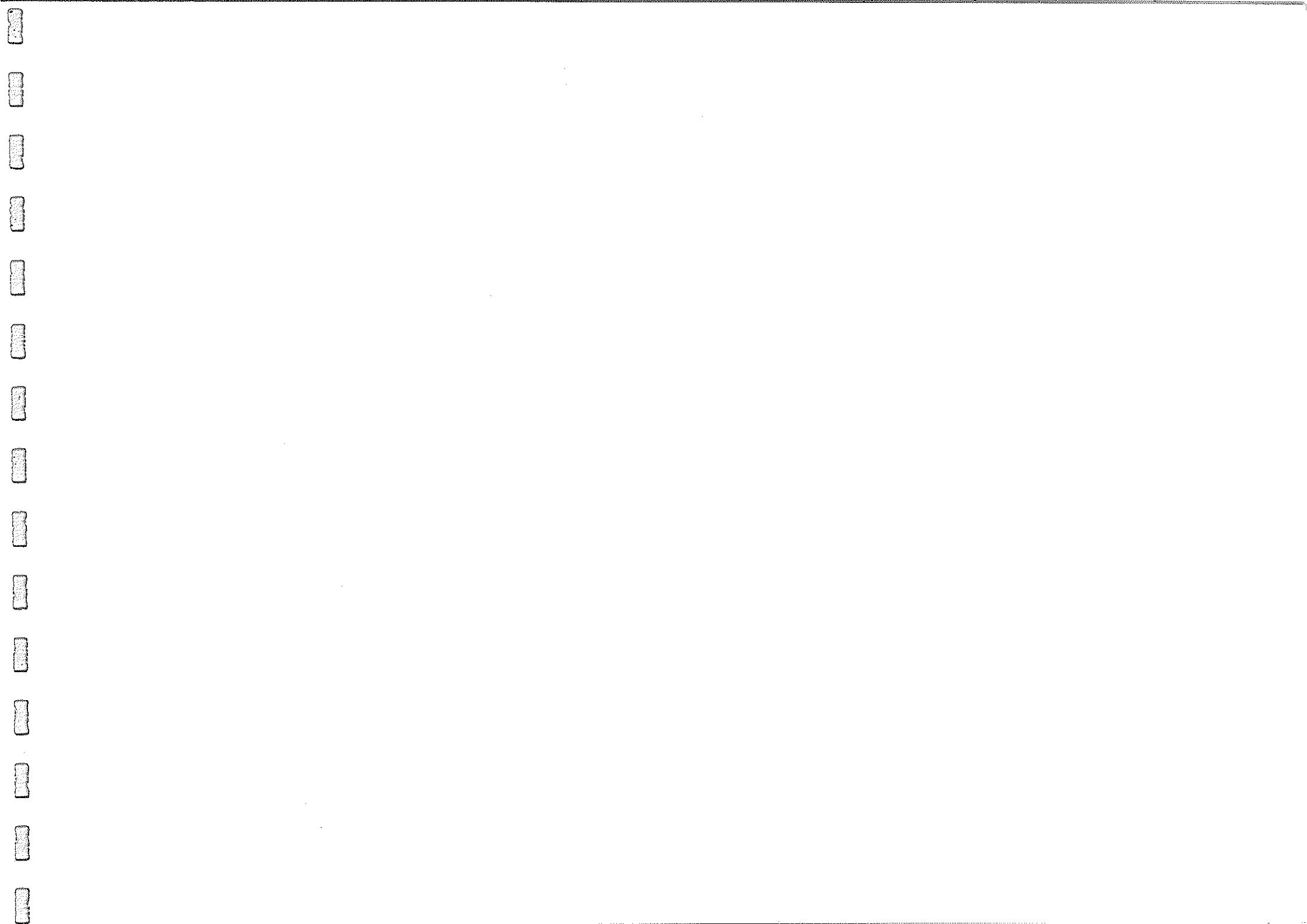
Le reste des tests à mener sur le prototype se déroulera pendant les six mois suivants, pour s'achever avec la fin de la phase Etudes Générales.

Au-delà, le prototype sera utilisé pour les essais de vieillissement accéléré (sensiblement des mois 15 au mois 30).

Parallèlement aux essais du prototype complet auront lieu un certain nombre de validations de composants du système sur bancs d'essai. Ces essais sont également figurés sur le tableau qui suit.

Programme de validation et d'essais du PROTOTYPE

<i>Essais sur prototype</i>	Mois 7	Mois 8	Mois 9	Mois 10	Mois 11	Mois 12	Mois 13	Mois 14
Validation du descenseur de câble pour manœuvre d'accouplement								
Validation du système de déaccouplement								
Validation de l'accélération (à vide-à 50%-à 100% de charge) de 0,3 à 1 m/s ²								
<i>Validation psychologique des courbes d'accélération</i>								
<i>Mesures complémentaires :</i>								
<ul style="list-style-type: none">- balancement de la cabine en fonction courbe d'accélération- accélérations parallèles et perpendiculaires au plancher du véhicule- jerk- efforts et contraintes dans le chariot, la suspente et la cabine								
Validation des décélérations (à vide-à 50%-à 100% de charge)								
<i>Validation psychologique des courbes de décélération</i>								
<i>Mesures complémentaires :</i>								
<ul style="list-style-type: none">- balancement de la cabine en fonction de la courbe de décélération- accélérations parallèles et perpendiculaires au plancher du véhicule- jerk- efforts et contraintes dans le chariot, la suspente et la cabine- puissance des mécanismes de ralentissement par train de pneus								
Validation de la vitesse en ligne avec passage sur support de ligne de 7 à 14 m/s (à vide-à 50%-à 100% de charge), avec mesure :								
<ul style="list-style-type: none">- des accélérations- du jerk- des efforts et contraintes dans le chariot, la suspente et la cabine								
Validation temps élémentaires de transfert/orientation des véhicules								
<ul style="list-style-type: none">- établissement des temps élémentaires en station- mesure des accélérations dans cabine- mesure des temps d'orientation sur plaques tournantes- mesure des temps de transfert entre plaques tournantes et quais								
Validation fonctionnement avec plusieurs véhicules (5) :								
<ul style="list-style-type: none">- fréquences : de 60 sec. à 40 sec. entre véhicules- gestion des avances et des retards- validation du système anti-collision								

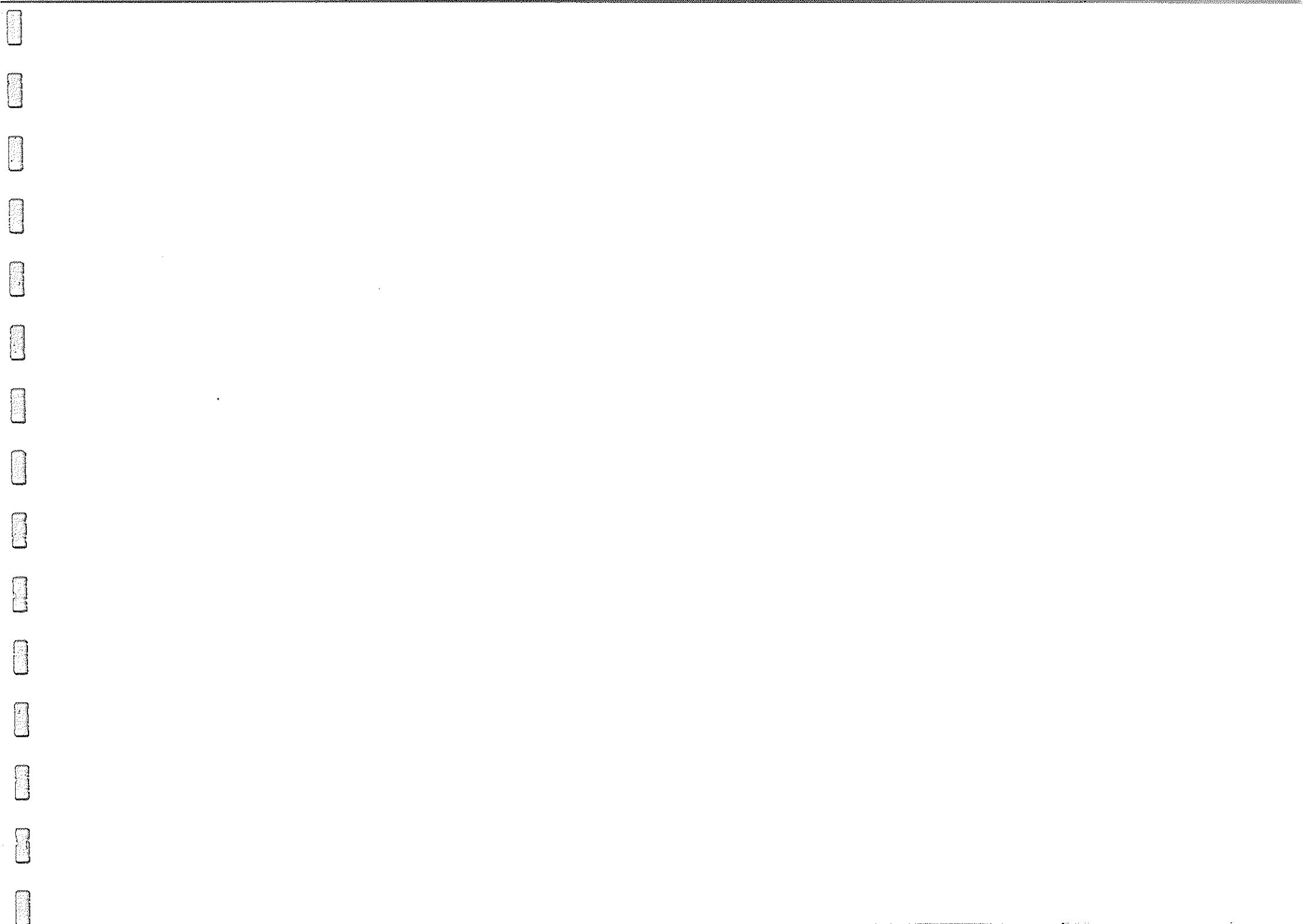




Présentation du système

<i>Essais sur prototype</i> (suite)	Mois 7	Mois 8	Mois 9	Mois 10	Mois 11	Mois 12	Mois 13	Mois 14
Validation de l'architecture électrique								
Validation du système de supervision								
Validation du système de pesage et de détection de surcharge								
Validation du système de stabilisation des véhicules en station								
Validation des modes de marche dégradés								
Procédures de rapatriement des véhicules/évacuation des passagers								
Maintenance :								
- mise au point du véhicule d'entretien								
- évaluation des temps élémentaires des opérations de maintenance								
Marche à vide, durée trois jours (18 h/.)								
Validation fonctionnement général prototype								

<i>Essais sur bancs</i>	Mois 7	Mois 8	Mois 9	Mois 10	Mois 11	Mois 12	Mois 13	Mois 14
Essais de fatigue sur structure véhicule en fonction sollicitations proto.								
Essais d'endurance des pinces								
Essais de glissement des pinces								
Endurance portes pallières et portes cabines								
Essais de fatigue sur câble tracteur								





3.5. Coût du prototype

Les coûts de construction et d'essais du prototype seul, jusqu'au 8^e mois (6 mois de construction et 2 mois d'essais minimum), se décomposent comme suit :

- Etudes générales spécifiques et essais minima : 10,9 MP
 - Réalisation système de transport : 45,9 MP
 - Etudes et réalisation génie civil : 15,7 MP

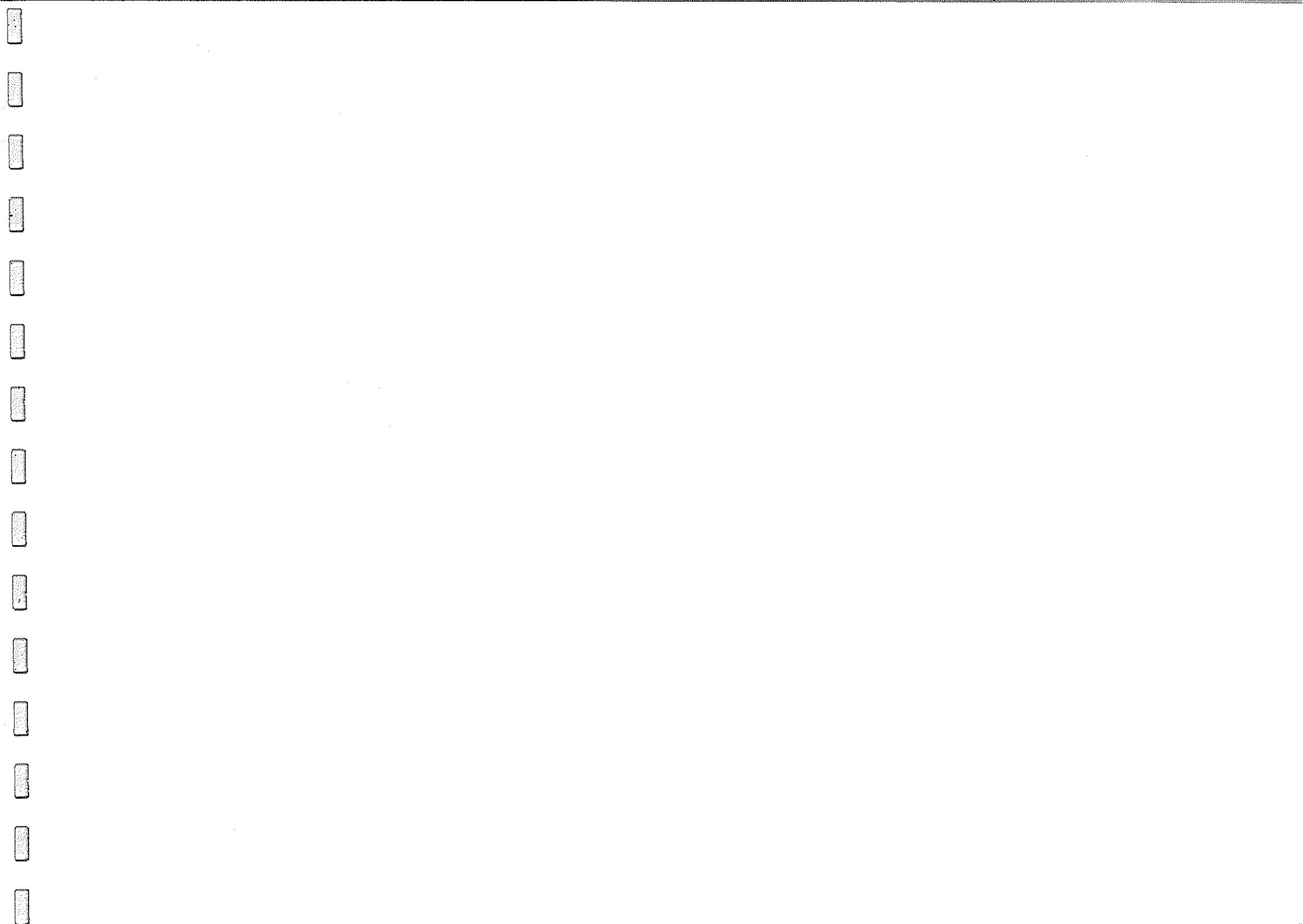
Un certain nombre d'essais sur bancs sont par ailleurs nécessaires simultanément sur des éléments mécaniques spécifiques du système : pinces d'accouplement, câbles, véhicules.

Il s'ajoute donc

- Bancs d'essai (véhicules, pince, câble) : 10,0 MF
 - Matériels d'essais sur bancs (véhicules, pince, câble) : 10,5 MF
 - Essais et mesures sur bancs : 2,0 MF
 - Essais et mesures complémentaires prototype : 3,2 MF
 - Procédures d'homologations : 2,3 MF

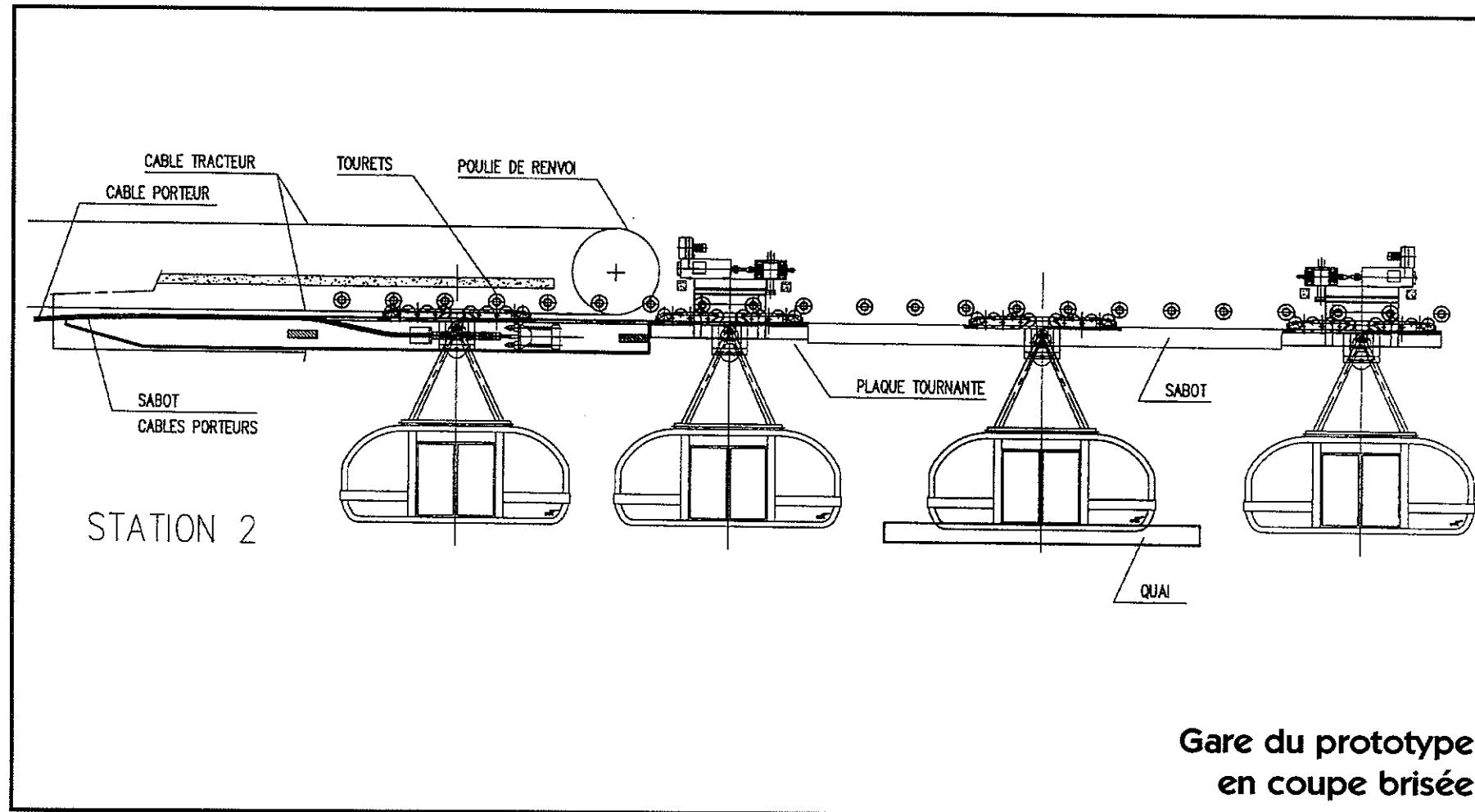
Total : 100.5 MEH

soit : 181 METT

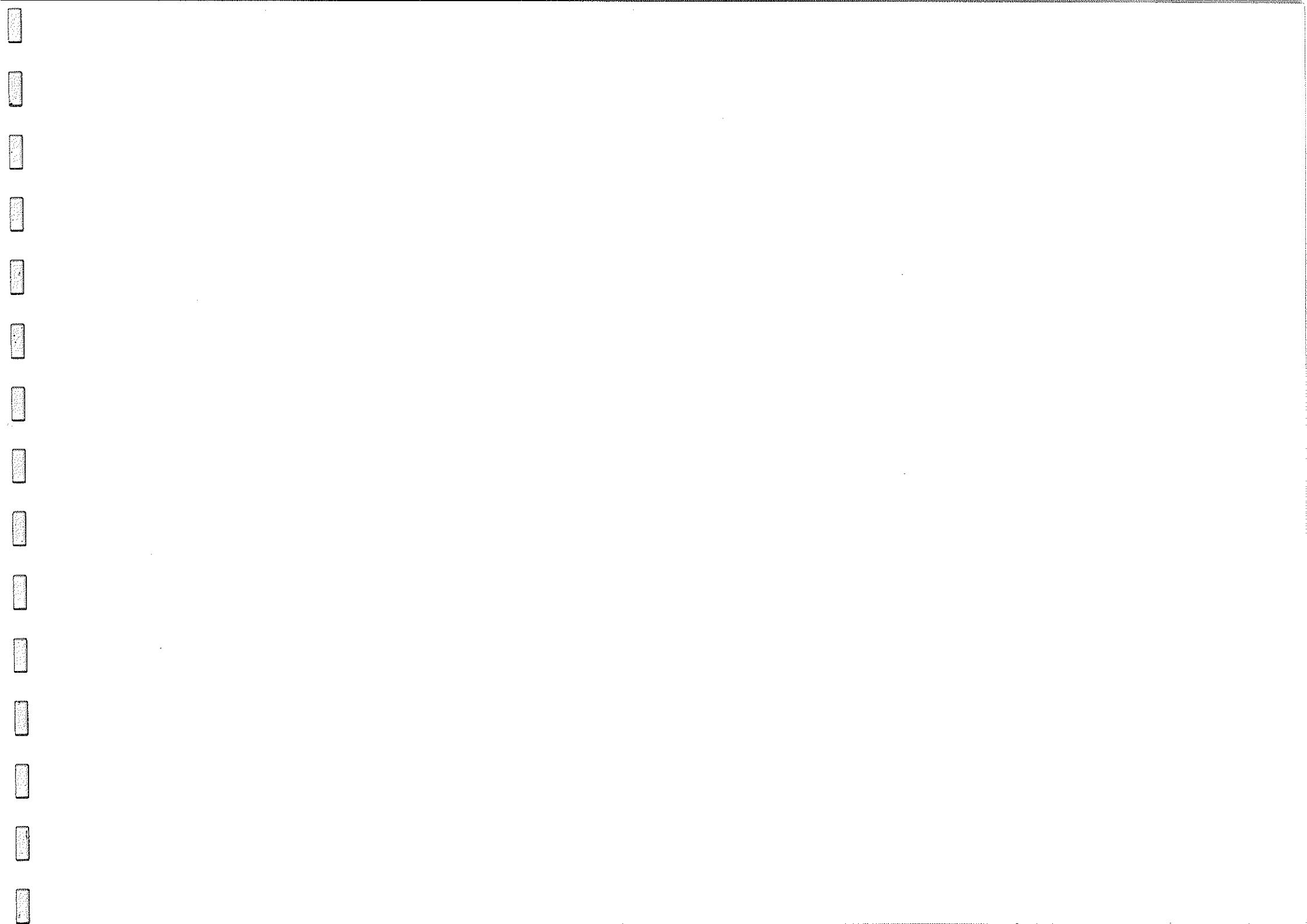




Présentation du système

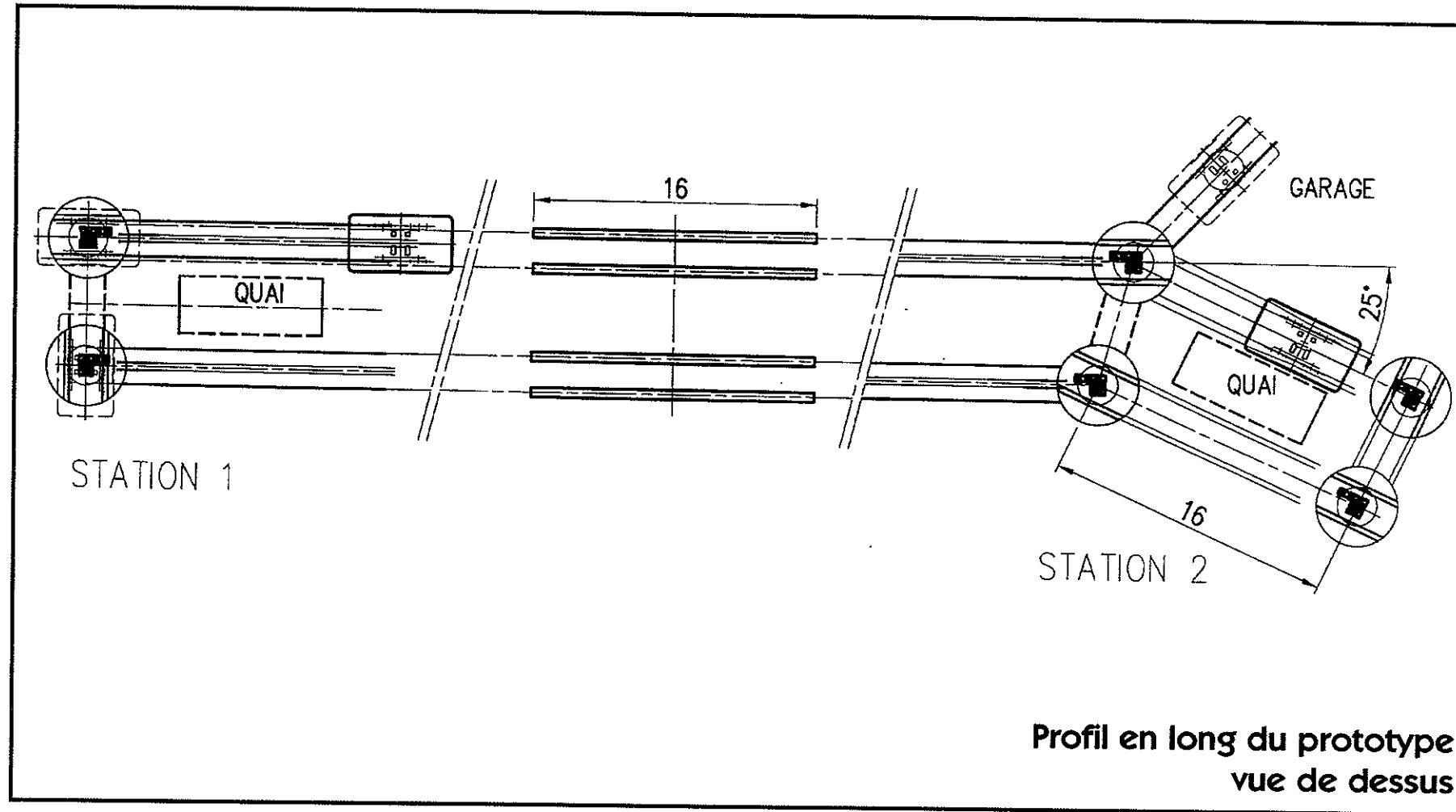


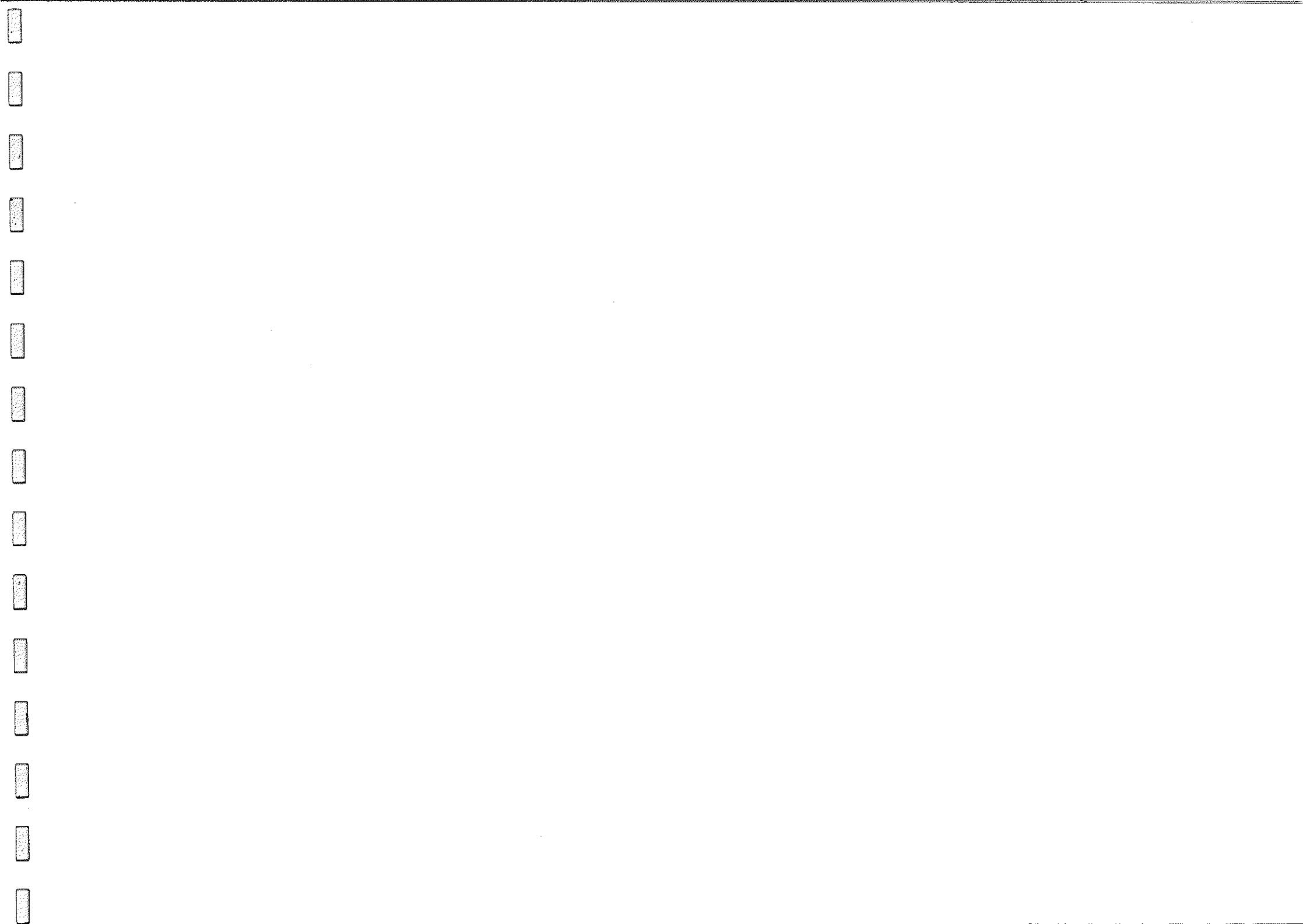
**Gare du prototype
en coupe brisée**

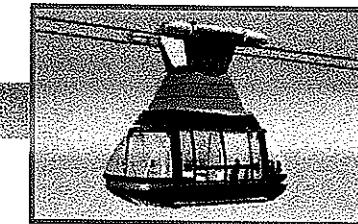




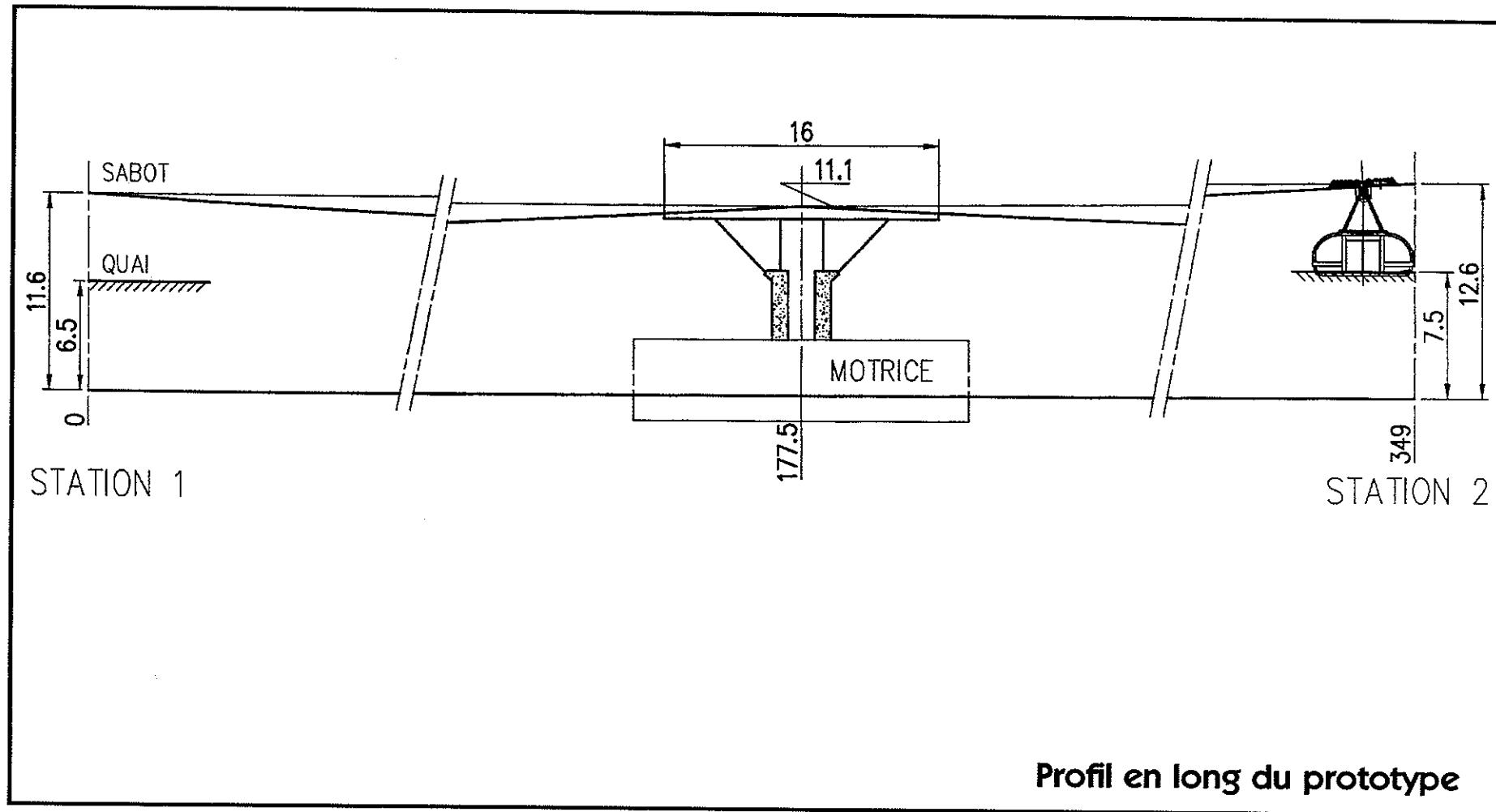
Présentation du système







Présentation du système



Profil en long du prototype

