

# Metro suspendu SAFEGE

## APOCOPA

### Méto suspendu SAFEGE

Apocopa Sarl Le Boisboeuf 44130 Bouvron tél 02 40 56 32 10

WWW.APOCOPA.FR

*Ne convient pas à un enfant de moins de 14 ans.*

*FR 52 352 894 711 RM 440 St Nazaire 44*



Prendre votre caisse et coller l'aménagement intérieur.

Percer la toiture au diamètre 3.1 mm. Enfiler votre vis dans le bogie, et serrer convenablement avec un écrou.



Enfiler le tout dans la toiture, mettre un écrou que vous fixerez en rotation avec un tout petit peu de cyano, mais pas tout de suite.



Coller vos vitres à l'intérieur de la caisse, coller avec de la résine pour imprimante 3D avec une torche UV. Acheter de la résine chez amazon, 500 ml, transparente, 400 nanomètres, elegoo, 17 teuro environ. Acheter une mini torche LED UV, 6.00 zeuro environ. Acheter en pharmacie une petite bouteille de 30ml en verre, et entourer là au ruban adhésif noir (chatterton) afin que la lumière ne passe pas. Remplir de résine votre petite bouteille.



Positionner votre vitre, et tremper un cure dent dans votre bouteille, et placer la goutte au coin de la vitre, par l'intérieur bien sur, et fixer avec la lampe UV. Attention, la goutte doit être suffisamment grosse pour avoir une bonne quantité de colle, mais pas trop grosse pour ne pas tomber avant d'être en place, et pas trop grosse pour que la capillarité du produit ne fuse partout, entre autre le coté peint et visible. Avec un peu de doigté et d'expérience, vous arriverez à combler les interstices entre les vitres et les montants. Génial!



Quand toutes vos vitres sont collées, séchées, prendre la toiture et régler la hauteur avec l'écrou sur la vis. Prendre une poutre, faites entrer les deux bogies dans le caisson, et la toiture doit affleurer la poutre; Monter l'écrou en le tournant, laisser un peu de jeu, 1 mm ou 2, et fixer à la cyano l'écrou sur la vis. Couper le reste de vis.



Insérer la caisse dans la toiture, et la coller. Attention elle doit entrer dans la toiture partout et tout autour. Laisser couler de la résine/colle et fixer aux UV. C'est donc indémontable ensuite. Quoique que. Coller suffisamment afin que la caisse ne se décolle pas du toit, mais pas trop non plus. Peindre en dorée comme sur la photo les enjoliveurs. Vous pouvez prendre des post-it du côté adhésif pour protéger la peinture, utiliser de la peinture à l'eau si vous n'êtes pas trop adroit, une acrylique à l'eau qui va vous donner le droit à l'erreur tant qu'elle ne sera pas sèche, et indélébile lorsqu'elle sera totalement sèche. Votre caisse est prête.



Prendre les poteaux et les ébavurer. Prendre les caissons et les ébavurer aux extrémités afin que les bogies passent sans problème. Avant de coller les caissons entre eux, enfiler les poteaux. Coller le tout et votre tronçon de voie est prêt. Enfiler votre métro dans la voie, et poussez, en attendant le kit de motorisation et des caissons et poteaux supplémentaires pour agrandir votre circuit.



Attention, si vous voulez motoriser votre métro aérien, il va falloir amener le courant à la caisse, et donc électrifier les caissons, ou poutres. Pour cela, il va falloir coller des bandes adhésives de cuivre ( de l'autocollant qui fait passer l'électricité) à l'intérieur des poutres. Donc, ne faites pas un collage définitif, ou alors attendez le kit, vous aurez un rouleau d'adhésif électrique (ou achetez en un rouleau tout de suite chez notre ennemi amazon)



Sur ce poteau, vous avez tout un appendice à enlever (méga ébavurage je vous le concède).





(Cl. C.B.)  
Le véhicule, étudié par les « Avions Hurel Dubois » et exécuté par la Régie nationale Renault.

alors, la pluie s'arrêta de tomber cinq minutes avant l'heure H, ce qui permit une mise sous tension correcte des canalisations électriques, truffées d'épaisseurs provisoires.

Le jeu en valait la peine : le métro aérien avait déjà retenu l'attention de plusieurs grandes villes d'Europe, d'Amérique du Nord, d'Amérique du Sud et aucun incident n'en vint ternir la présentation.

Le véhicule de démonstration n'avait parcouru que 35 kilomètres avant le 23 février et atteint la vitesse maximum de 50 km/h seulement, on peut juger du soulagement des spécialistes devant la satisfaction du maire de San Francisco.

#### HISTOIRE DU METRO AERIEN (1)

La solution du métro aérien ou plus généralement des voies surélevées qui utilisent la troisième dimension des avenues n'a cessé de stimuler l'imagination des chercheurs tout au long du XIX<sup>e</sup> siècle. L'extraordinaire variété de brevets et projets s'est concrétisée en une douzaine de prototypes et finalement en une demi-douzaine de véritables services publics dont deux encore exploités. Tous deux se trouvent en Allemagne.

Deux inconvénients majeurs ont freiné jusqu'ici le développement d'une telle formule : le bruit, insupportable aux riverains et l'encombrement du ciel des rues par des superstructures peu discrètes.

Le tableau ci-dessous résume l'histoire du métro aérien des origines à nos jours :

#### Réalisations abandonnées.

Palmer, en Grande-Bretagne (1820-1825-1835) ; Duchamp, en France (1872) ; Le « Peg Leg » railway, aux U.S.A. (1878) ; Lartigue, en France (1880 et 1890) et en Grande-Bre-

(1) Voir « La Vie du Rail », n° 633.

tagne (1887) ; Frazer-Bennie, en Grande-Bretagne (1925).

#### Réalisations anciennes toujours en service.

Les deux seules réalisations assurant un service public sans défaillance depuis 1901 : Wupertal, dans la Ruhr et Dresden-Loschwitz, en Allemagne de l'Est.

#### Prototypes récents.

Type « supporté » : « Alweg », en Allemagne et aux U.S.A. (parc du Dineysland, à Hollywood) ; Meyer, en Argentine.

Type « suspendu » : Japonais, à Tokyo (1958) ; « Skyway » ou « Trail Blazer », de Houston (U.S.A., 1957) ; le système français présenté par la S.A.F.E.G.E. sur la ligne de démonstration de Châteauneuf-sur-Loire.

#### LE METRO AERIEN SUSPENDU DE LA S.A.F.E.G.E.

La technique du métro sur pneus, mis en service en 1951, à Paris, a permis d'éliminer le bruit, défaut qui grevait lourdement les métros aériens. Cette innovation française a autorisé en outre l'allègement du matériel roulant et de la superstructure de la voie. Le parcours théorique d'un pneu atteint 200 000 km.

Enfin, le pneu présente un autre avantage :

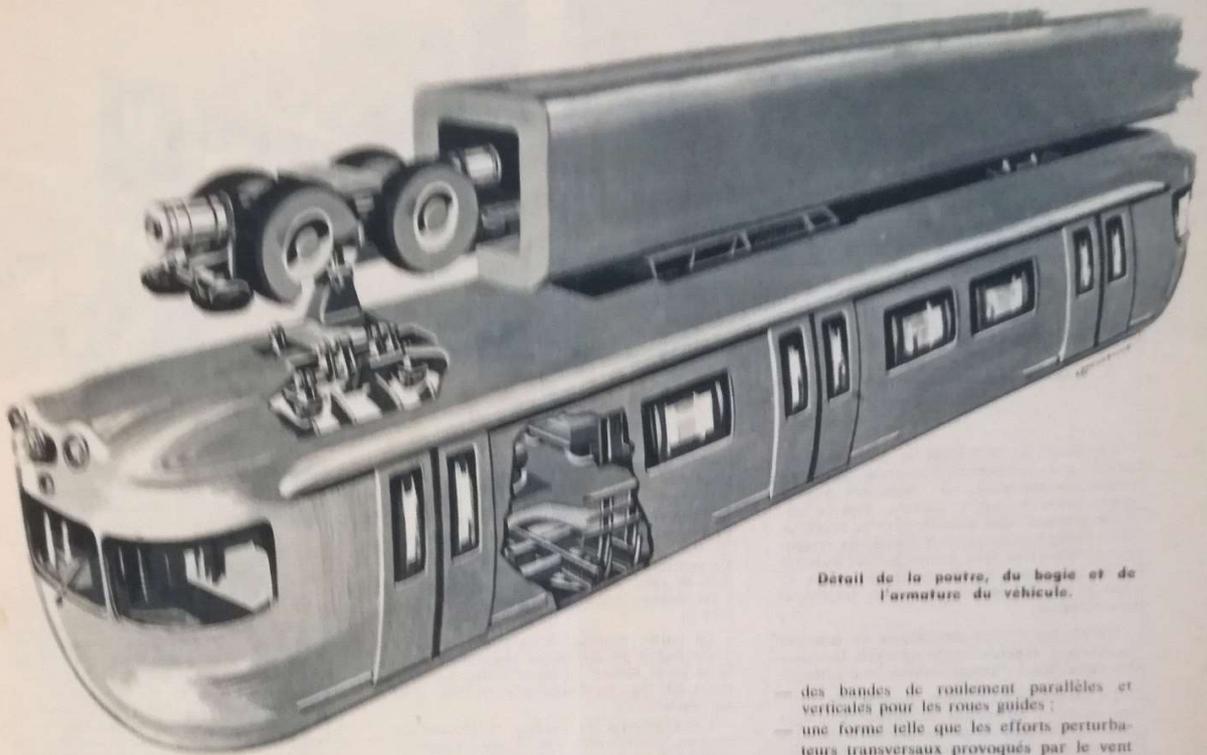


(Cl. M. Cassy.)  
L'intérieur du véhicule.

Les personnalités viennent d'effectuer un aller-retour sur la ligne d'essai.

(Cl. M. Cassy.)





Détail de la poutre, du bogie et de l'armature du véhicule.

véhicule d'une adhérence plus grande à la surface de roulement ; le coefficient d'adhérence du pneu sur tôle sèche atteint 0,70 environ contre 0,33 sur tôle humide. On peut noter à ce sujet que les voies de roulement du métro de la S.A.F.E.C.I.E. sont protégées contre les intempéries, garantissant ainsi un coefficient d'adhérence élevé.

Cette adhérence considérable du pneu et la plus grande légèreté des véhicules permettent des accélérations et décélérations considérables, respectivement 3 m/s. sec. et 4 m/s. sec. En fait, ces valeurs sont limitées dans la pratique uniquement par le confort des passagers et, en cas d'urgence, par leur sécurité, d'où la vitesse commerciale élevée d'un tel système.

De même cette adhérence considérable du pneu sur son chemin de roulement permet de gravir sans difficulté des rampes de dix pour cent. Avec un chemin de roulement constitué de tôles spécialement conditionnées, des rampes de 20 % peuvent être envisagées.

#### LE CHOIX DE LA MEILLEURE SOLUTION DE METRO AERIEN

Le principe du métro aérien sur pneus une fois adopté, la S.A.F.E.C.I.E. avait à faire un choix entre deux options fondamentales :

- placer les caisses des véhicules au-dessus des roues porteuses et de leurs voies de roulement, à l'exemple des chemins de fer conventionnels ;
- suspendre les caisses des véhicules au-dessous des roues porteuses et de leurs voies de roulement.

Très vite les avantages de la seconde option se sont affirmés dans le cas de courbes accu-

sées et d'efforts transversaux importants. En effet, un véhicule « suspendu » écarté de sa position d'équilibre a une tendance naturelle à revenir à cette position, tandis qu'un véhicule « supporté » a tendance dans les mêmes conditions à s'en écarter.

Dans le cas de véhicule suspendu, on mobilise les rappels de pesanteur, dans le cas de véhicule supporté, au contraire, il faut les combattre en reportant sur la poutre de la voie l'ensemble des efforts perturbateurs, d'où la nécessité de renforcer cette poutre en augmentant son encombrement, son poids, son prix.

Enfin, le métro « supporté » présente en outre des difficultés d'inscription dans les courbes à faibles rayons et il se prête mal à la conception d'aiguilles simples et sûres.

Les études rationnelles ainsi poursuivies ont abouti au système de la S.A.F.E.C.I.E. qui comporte bon nombre de particularités remarquables.

#### VOIE DE ROULEMENT

Cette solution de métro aérien suspendu est caractérisée essentiellement par sa voie de roulement et ses supports représentent environ 30 % de l'investissement global d'un réseau de métro aérien suspendu, mais elle détermine la constitution des bogies, des véhicules suspendus à ces bogies, des suspensions pendulaires reliant les bogies aux véhicules et la nature des aiguillages du réseau.

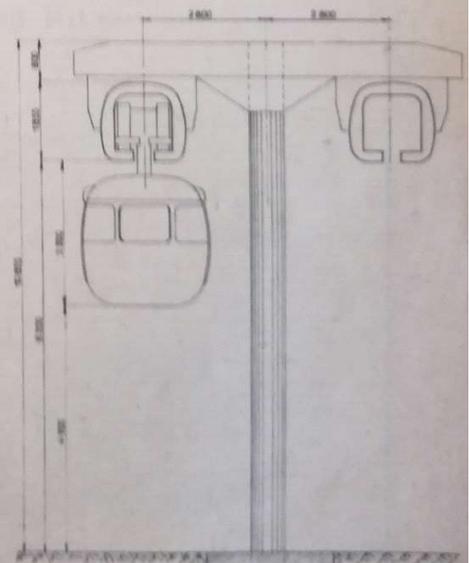
Dans l'hypothèse retenue de l'utilisation de bogies équipés de pneumatiques, la voie devait comporter :

- des bandes de roulement parallèles et horizontales pour les roues porteuses ;

- des bandes de roulement parallèles et verticales pour les roues guides ;
- une forme telle que les efforts perturbateurs transversaux provoqués par le vent latéral et le décentrement des charges voyageurs puissent être annulés en partie par le rappel de gravité créé par l'inclinaison des véhicules ;
- un poids minimum.

Ces quatre conditions conduisirent à l'adoption d'une poutre-caisson à double paroi, ouverte à la base.

#### Un schéma du principe d'installation en « double circulation ».



Et achetez le DVD du film de François Truffaut, 1966, Fahrenheit 451, où vous verrez nombre d'images de ce métro aérien.

est en outre équipé d'une dérivation de 4 m/s et de 200 l/h. Le tout est monté sur une base de dérivation de 1 m/s.

Les véhicules doivent impérativement entrer dans les stations dans une position strictement verticale ; de plus le système de suspension de doit à aucun moment présenter une inclinaison transversale des caisses supérieures à 7° en par rapport à la verticale (en stationnement droit et non dans les virages, évidemment).

Le principe dont s'est inspiré le S.A.P.F.E. pour étudier le système de suspension consiste de fait à simuler par la géométrie des caisses parallèles : il comporte une partie fixe et une partie mobile, deux éléments d'acier sur un schéma détaillé de cette suspension.

### LA CAISSE DU VÉHICULE D'ESSAI

La caisse du véhicule de démonstration a été étudiée par les T. Aérospatiale et l'Institut de Recherches sur le Béton Bétonné en tous les domaines. Le poids du véhicule ne dépasse pas ainsi 11 tonnes.

Il est évident que la plupart des caractéristiques prises en compte varient avec le type de trafic à assurer et les habitudes des usagers.

A titre d'indication, la structure du véhicule de démonstration a été calculée pour les hypothèses de base suivantes :

- un conducteur, 32 voyageurs assis et 91 debout, soit 123 t de charge utile ;
- poids propre de la caisse, surcharge des voyageurs concentrée de 333 mm par rapport au plan de symétrie avec charge latérale de 2 100 kg exercée sur le véhicule par le vent ;
- effort de 30 t sur chacun des deux côtés de sécurité de la suspension ;
- effort de tamponnement normal de 30 t, pouvant atteindre exceptionnellement 50 t sans déformation des longerons ;
- plancher et traverses support calculés pour une charge de 675 kg au mètre carré correspondant au poids de 9 passagers.

La maison Fatsley, bien connue en construction ferroviaire, a fourni les portes roulantes à ouverture et fermeture commandées pneumatiquement. Entre les stations, les portes demeurent bloquées en position de fermeture, mais un dispositif d'ouverture de secours a été prévu.

Il serait possible de monter des intercomunications de 1,50 m de largeur entre véhicules.

Les fenêtres sont fixes.

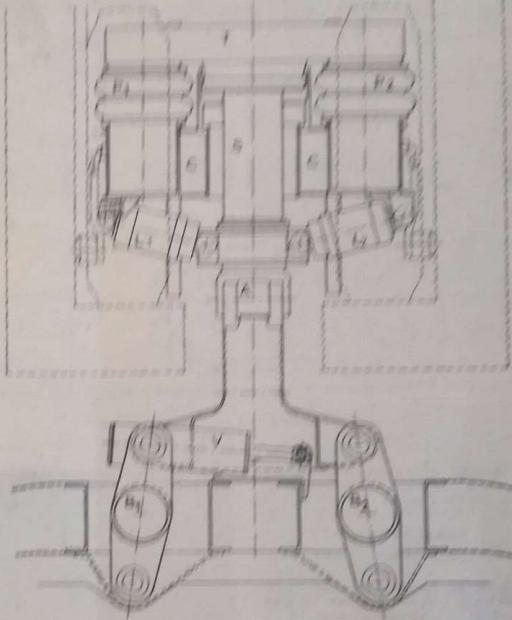
Deux rampes fluorescentes continues éclairent l'intérieur de la caisse.

L'installation de chauffage électrique combine un chauffage de base prévu à la partie inférieure du compartiment à voyageurs, et un chauffage d'appoint par air soufflé à travers le plafond. Le renouvellement de l'atmosphère du véhicule peut être ainsi assuré huit fois par heure l'hiver et quinze fois l'été.

Le dispositif d'attelage automatique, placé à la partie supérieure de la caisse transmet ses efforts à la charpente principale du toit du véhicule. Il reçoit également les liaisons automatiques de jonction des circuits électriques.

Chaque véhicule serait équipé d'un escalier de secours, monté normalement sous une trappe du plancher dans un espace fermé et

## LA SUSPENSION



### Le principe

Dans la suspension primaire du véhicule présente, la suspension verticale « S » est rigide sur le châssis de bogie « A » par l'intermédiaire d'une traverse « B » et de deux ressorts pneumatiques « C » et « D ». La suspension primaire est complétée au niveau des caisses de roulement par un axe antérieur « E » formé de l'ensemble de la chape double de la cassette « F » et de la traverse automatique de stabilité transversale « G » et « H ».

La suspension verticale « S » repose à son extrémité supérieure sur un bras ou caisson dans la déformation forme souple de rapport élastique lors de manœuvres de rotation de bogie.

La traverse automatique de stabilité ou suspension secondaire fait appel à deux biellettes transversales « I » et « J » et « K » dont le mouvement de rotation par rapport à la suspension primaire est assuré par la tête à balle « L ». Un dispositif automatique, exercé à l'aide d'une liaison transversale de la suspension primaire commande la tête à balle « L ».

Par ses effets multiples transversaux, la suspension primaire prend une inclinaison maximum de 8° 30' et la suspension secondaire de 10°. Le poids du véhicule « J » est de 100 t par rapport à la suspension primaire qui est réglée par deux

bielles diagonales « M » et « N » solidaires d'une part d'un ressort antérieur « O » et, d'autre part, du châssis de bogie.

L'insensibilisation des oscillations de la suspension secondaire à l'aide de la suspension primaire à l'aide du « V » est assurée par une centrale hydraulique, un bloc de distribution et une stabilisatrice de rotation commandée par un signal situé sur la voie à l'entrée de la station. Il s'agit de « V » d'une stabilité extrême.

La suspension productive assure, par les jeux maximum de la suspension primaire, un déplacement transversal maximum de 0,25 m de chaque côté de la caisse du véhicule. Le jeu maximum de la suspension secondaire provoque un déplacement transversal supplémentaire de 0,25 m également. Ce déplacement total de 0,50 m assure, au moins partiellement, le couple produit par le vent latéral et le décentrement des charges voyageurs.

Il existe, en outre, une suspension de sécurité « P » avec à l'aide d'un ressort, une centrale hydraulique et un couple de la traverse diagonale et à son extrémité inférieure un mécanisme transversal le toit du véhicule. Ce couple assure ainsi, avec un large coefficient de sécurité, la liaison entre le bogie et la voie, dans le cas improbable où une panne de la suspension productive risquerait de se produire.

abaissé jusqu'au sol, en cas de besoin par un treuil à air comprimé double d'une commande de secours à main.

### SIGNALISATION ET TELECOMMUNICATIONS

Les vitesses élevées envisagées pour les rames : 100 km/h — et leur fréquence, ramené à 90 secondes — imposent des dispositifs de signalisation modernes et éprouvés dans ces transports collectifs à grand débit. Les signaux implantés sur la voie sont reproduits intégralement sur des panneaux miniatures placés dans les cabines de conduite des motrices. Un tel dispositif permettrait la suppression des signaux de voie qui ont cependant été maintenus car, peu coûteux, ils présentent l'avantage de renseigner les agents de la « voie » et des stations sur l'état du système de signalisation.

La signalisation adoptée permet en outre le contrôle des vitesses et l'arrêt automatique des trains. Un signal d'arrêt fermé est toujours précédé d'un signal d'avertissement fermé implanté à une distance supérieure à la distance d'arrêt. Si le signal d'avertissement a été franchi, et à l'expiration d'un délai, fonction à chaque instant de la vitesse du véhicule, le dispositif de freinage à sa puissance maximum entre automatiquement en action ; la rame s'arrête ainsi avant le signal d'arrêt. Elle ne peut repartir que si l'une des deux conditions suivantes est remplie :

- le signal se remet à voie libre,
- le conducteur appuie sur un bouton-poussoir qui limite impérativement la vitesse à 15 km/h. Cette autorisation n'est toutefois accordée que pour une seule manœuvre.

Une liaison téléphonique entre le régulateur et le conducteur de rame s'impose. A la liaison radio peu efficace en tranchée et susceptible d'être troublée par des parasites d'origines diverses, il a été préféré un circuit métallique parallèle à la ligne et placé à sa



Le jour de l'inauguration, un « V » tricolore ornait l'avant du véhicule. (Cl. C.B.)