

FUNICULAIRE AERIEN
A
L'AIGUILLE DU MIDI
CHAMONIX

MCMXXV

CERETTI & TANFANI S. A.

MILAN

COLLECTION LAURENT BERNE

CONCESSIONNAIRES DU FUNICULAIRE AERIEN
LA
COMP. FRANÇAISE DES CHEMINS DE FER DE MONTAGNE
P A R I S



TRAVAUX EXECUTES PAR LA SOCIETE
ANON. DE TRAVAUX DYLE & BACALAN
PARIS, D'APRES LES BREVETS ET PROJETS
DE LA MAISON :

CERETTI & TANFANI S. A.

BOVISA ~ M I L A N ~ ITALIE

CONSTRUCTEURS DE LA PARTIE
MECANIQUE



ES ingénieurs suisses Strub et Feldmann eurent les premiers l'idée en 1905, d'établir un funiculaire sur plate forme du hameau des Pèlerins (1059 mètres d'altitude) jusqu'à l'arête supérieure du Glacier des Bossons (2450 mètres d'altitude). De ce point, ils auraient atteint le sommet de l'Aiguille, au moyen d'ascenseurs aériens sur câbles du type employé au Wetterhorn. Le hasard fit rencontrer M. Strub et M. Ceretti, ingénieur de Milan, qui proposa son système de téléphérique avec pylônes intermédiaires. La Société Française, ayant M. Vallot comme président, décida l'exécution de l'installation en 1909. Les travaux continuèrent de 1910 à 1913 et l'on y mit à profit l'expérience que la Maison Ceretti & Tanfani avait faite lors de la construction du téléphérique Lana-Vigiljoch de Méran, dont l'inauguration eut lieu en 1912. Les travaux furent arrêtés pendant la guerre et ne purent être repris qu'en 1923; on inaugura le premier tronçon le 15 juillet 1924 et le deuxième tronçon sera prêt à la fin de 1925. Les pronostics, pour la mise en exploitation des autres tronçons supérieurs ne s'aventurent pas plus avant pour le moment. Un des principaux collaborateurs de cette oeuvre a été *Mr. Maurice de Blonay*, autrefois ingénieur de la Maison Ceretti e Tanfani et ensuite directeur des travaux de la Société Dyle & Bacalan.

III



L'AIGUILLE DU MIDI, TELLE QU'ON LA VERRA DE LA GARE DU COL DU MIDI.

~ TOPOGRAPHIE ~



A ligne part des Pèlerins (1059 mètres) non loin de la grande route et du fleuve l'Arve, un peu en amont du hameau des Bossons. Elle monte entre les sapins, passe à côté de la cascade du Dard, jusqu'à "La Para" (1688 mètres) où est placée la station supérieure du premier tronçon. La ligne passe ensuite près de "Pierre à-l'Echelle" et, à côté du chalet de Pierre Pointue, pour arriver au pied de l'Aiguille, à la gare "Les Glaciers" (2431 mètres), à une heure et demie de marche des "Grands Mulets". Le deuxième tronçon finit à ce point. Les tronçons suivants ne sont pas définitivement fixés, mais on peut les classer en trois parties, la première jusqu'à la "Première Arête,, la deuxième jusqu'au Col du Midi, la troisième du Col au sommet de l'Aiguille.

Au Col, un grand hôtel permettra de faire un séjour prolongé dans ces



PANORAMA DU MASSIF DU MONT BLANC.

régions enchantées, de ce point on dominera la Vallée-Blanche où il sera possible de pratiquer les sports d'hiver au mois d'août. Le dernier tronçon, du Col au sommet, n'est pas indispensable ; il sera en effet très facile pour les touristes de parcourir à pied ces quelque cent mètres.

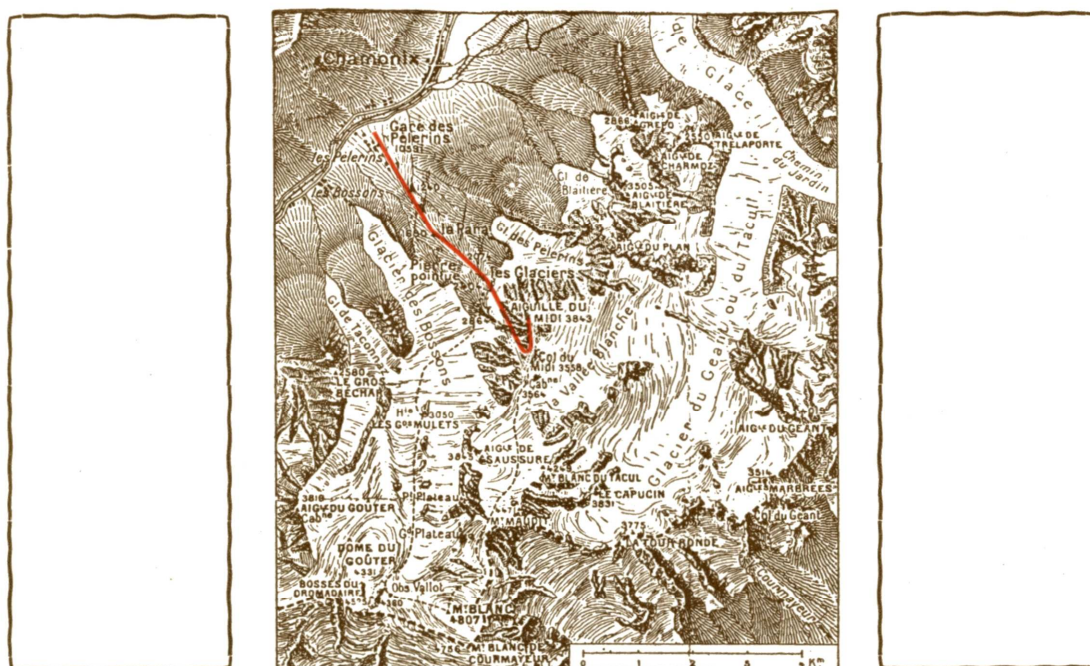
La subdivision des différents tronçon serait donc la suivante :

Premier tronçon : Les Pélerins (cote 1059) à la Para (Cote 1688).

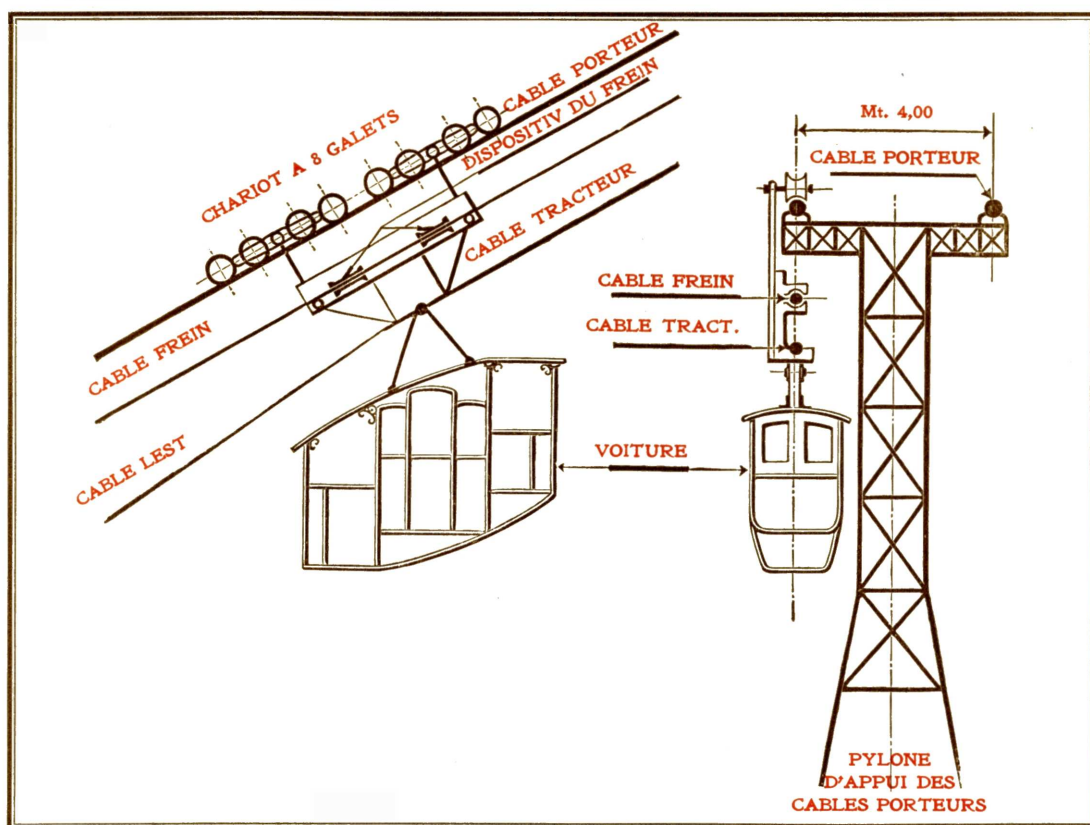
Deuxième tronçon : La Para (cote 1688) aux Glaciers (cote 2431).

Troisième tronçon : Glaciers (cote 2431) à la première arête (cote 2853).

Quatrième tronçon : Première arête (cote 2853) au Col du Midi (cote 3559).



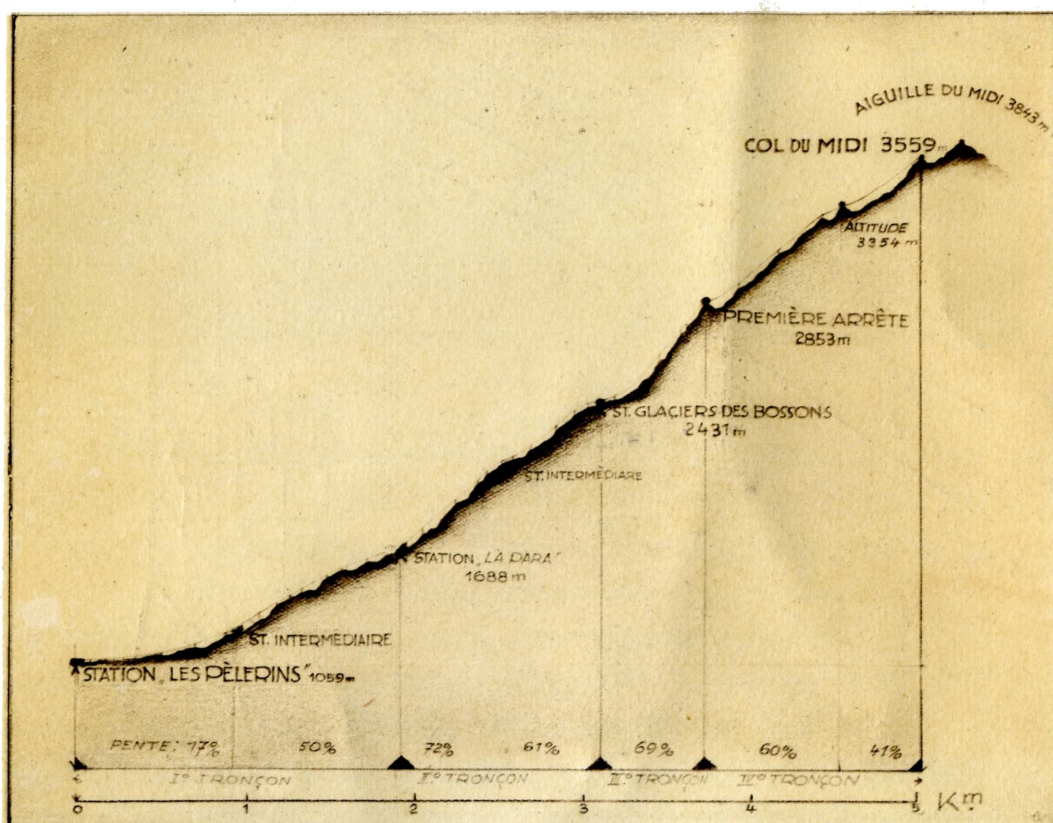
MASSIF DU MONT BLANC AVEC LE TRACE DU FUNICULAIRE AERIEN.



ELEVATION SCHEMATIQUE DU CHARIOT AVEC VOITURE ET PYLON.

~ SYSTEME ~

LORSQUE l'on décida d'adopter le système de porteur aérien comme moyen de transport pour l'Aiguille du Midi, il n'avait été construit que quelques lignes de ce genre aux Expositions de Milan, Genève, Turin, Buenos-Ayres et Osaka par la Maison Ceretti & Tanfani, le Wetterhorn par Feldmann et le Mont Ulia près de Saint Sébastien. Toutes ces installations étaient en une seule portée, sans appuis intermédiaires; celle de Lana-Vigiljoch était en construction, et les Autorités Autrichiennes occupées à préparer un règlement. Des prescriptions appliquées à la mise en exploitation du premier tronçon de cette ligne, obligèrent les constructeurs à prévoir des constructions beaucoup plus lourdes que cela n'était nécessaire. En 1923, lors du calcul du deuxième tronçon, on mit en effet en pratique les expériences faites pendant les 10 ans d'exploitation de l'installation de Lana.



HAUTEUR VERTICALE D'ASCENSION :

I.	Tronçon	629	mètres
II.	"	743	"
III.	"	422	"
IV.	"	706	"

Total : 2500 mètres

Le système adopté avec appuis intermédiaires est celui à un câble porteur, un câble tracteur qui, à la partie inférieure, prend le nom de câble lest, et un câble frein. Sur le premier de ces câbles roulent les galets du chariot entraîné par le second ; le câble frein est au repos et, en temps normal, ne joue aucun rôle. En cas de rupture du câble tracteur, le chariot de suspension de la voiture viendrait immédiatement s'agripper à ce dernier et ce câble, mis alors en mouvement, jouerait le rôle de câble tracteur pour reconduire la voiture à la station. En outre, en cas de rupture du câble porteur, le câble frein pourrait supporter la voiture qui viendrait reposer sur lui par l'intermédiaire de galets et il



STATION LA PARA AVEC LES PREMIERS PYLONES DU DEUXIEME TRONCON (1688-2431 METRES).

Jouerait alors le rôle de câble porteur. Ce système breveté a trouvé un accueil très favorable auprès des techniciens. M. Délimier, Ingénieur, écrit dans la revue française "Le Génie Civil", du 23 novembre 1912, Tome LXII N. 4: "il y a là une conception très ingénieuse du double rôle que peut avoir ce troisième câble comme moyen de secours,.. Ce câble frein peut en outre servir comme deuxième câble tracteur et doubler éventuellement le débit de la ligne en mettant 4 voitures sur chaque tronçon, une voiture suivant l'autre à une distance calculée de manière à ne solliciter le câble porteur que dans les limites voulues. Ce système des trois câbles est certainement le seul qui puisse garantir une sécurité complète. Si nous examinons, en effet, les autres systèmes apparus après celui-ci, nous trouvons que le freinage a lieu sur le câble porteur, ce qui peut facilement le détériorer; de plus, l'action du frein sur les sabots des appuis intermédiaires est mécaniquement défectueuse.

D'autres systèmes prévoient deux câbles tracteurs travaillant parallèlement; là aussi il y a lieu de constater que les tensions variables ruinent ces câbles dans



VUE LE LONG DE LA LIGNE SUR CHAMONIX.

X



LA FUTURE STATION "LES GLACIERS", A 2400 METRES D'ALTITUDE AU PIED DE L'AIGUILLE DU MIDI.

Au de là de cette Station, la ligne contournera le rocher par le *Col du Midi* vu au-dessus du petit baraquement situé à l'extrême-droite et aboutira à la gare terminus, au sommet de l'Aiguille, à 3843 metres.

une période de fonctionnement de courte durée. Il ne reste donc que le système avec trois câbles qui puisse fournir une garantie suffisante de fonctionnement, de même que durant de nombreuses années, on employa une crémaillère, système Abt ou Riggerbach pour permettre aux funiculaires sur plateforme de s'arrêter avec toute la sûreté voulue; dans ces funiculaires on adopta plus tard le freinage sur les rails mêmes; ceci ne peut cependant entrer en ligne de compte pour les téléphériques tant au point de vue de la nature délicate du câble que pour les raisons que nous venons d'exposer plus haut. L'avenir est donc ouvert aux trois câbles pour les téléphériques destinés au transport des personnes.

Station inférieure. — C'est un bâtiment en maçonnerie avec deux plates-formes d'accès aux voitures, une salle d'attente, un petit restaurant, un compartiment pour les contrepoids des câbles porteurs, tracteur et frein; à l'étage supérieur sont situés les bureaux de l'Administration de la Compagnie. Les charpentes

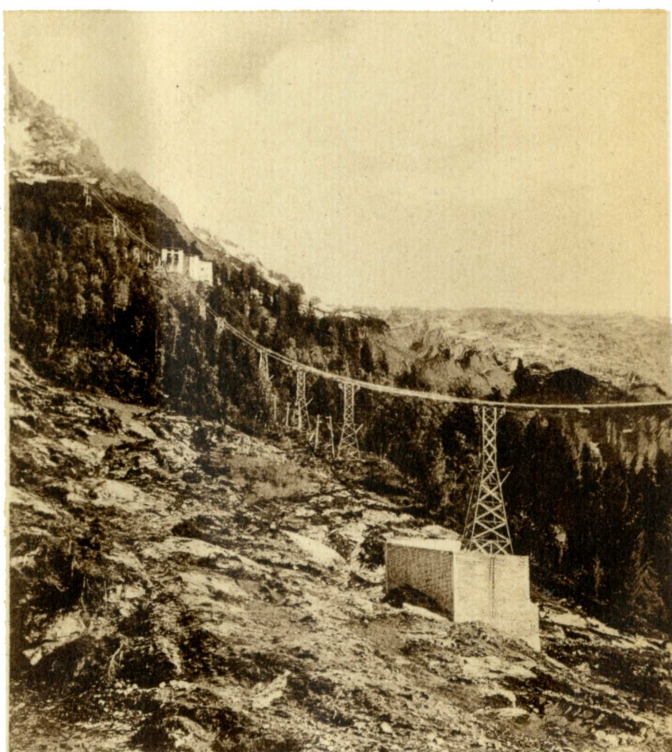


STATION INFÉRIEURE.

métalliques des stations supportent les câbles porteurs et les poids tendeurs, ainsi que les molettes de renvoi et de direction du câble tracteur et du câble frein. Le principe adopté de n'employer aucun joint ou manchon d'accouplement pour les câbles porteurs, imposa l'adoption d'un dispositif au milieu du premier tronçon où les câbles porteurs sont tendus par des contrepoids et ancrés. Le câble tracteur et frein passent au travers de ce dispositif sans interruption.

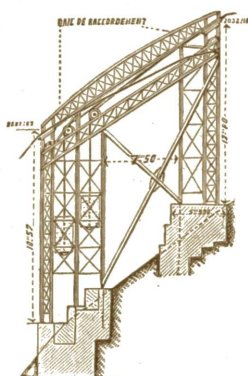


STATION INFÉRIEURE AUX PELERINS.



VUE DU TRACE ET LA STATION "LA PARA",

Même en négligeant le principe ci-dessus il n'aurait pas été possible d'agir autrement, car un câble d'environ 1100 mètres de longueur avec sa bobine pèse environ 20 tonnes, poids maximum pouvant être transporté par le chemin de fer. D'autre part, il y a lieu de remarquer que les ponts sur lesquels passèrent ces bobines durent être, renforcés au préalable. Les contrepoids des câbles porteurs pèsent environ 20 à 25 tonnes et sont



DISPOSITIF INTERMEDIAIRE DE TENSION DES CABLES PORTEURS.



LA STATION INFÉRIEURE PENDANT L'HIVER.

formés de gros blocs de ciment armé et supportés par une puissante chaîne Galle. Un collier, monté sur le câble et qui viendrait butter contre des arrêts fixes, retiendrait ce dernier en cas de rupture de la chaîne ou du manchon de jonction. Une reprise de sûreté analogue est disposée à la suite de l'ancrage. Dans cette station intermédiaire, les câbles porteurs sont remplacés, sur une longueur d'environ 20 mètres, par des rails et le passage des câbles à ces derniers est effectué au moyen d'aiguillages très soigneusement dessinés et exécutés. *La station supérieure* du premier tronçon est reliée à la station inférieure du deuxième tronçon. Les plateformes d'accès aux voitures sont unies par des passages joignant les deux tronçons; les excursionnistes sortent de la voiture d'un tronçon pour passer dans la voiture de l'autre tronçon; le service est organisé de façon qu'il n'y ait, entre l'arrivée et le départ, que le temps strictement nécessaire pour le transfert ci-dessus. La station de La Para est pourvue d'un petit restaurant et la station supérieure des Glaciers d'un petit hôtel. De ce point, il sera très facile aux excursionnistes d'atteindre, en une seule journée, le sommet du Mont Blanc et de rentrer sans avoir à passer la nuit dans des refuges sans confort.



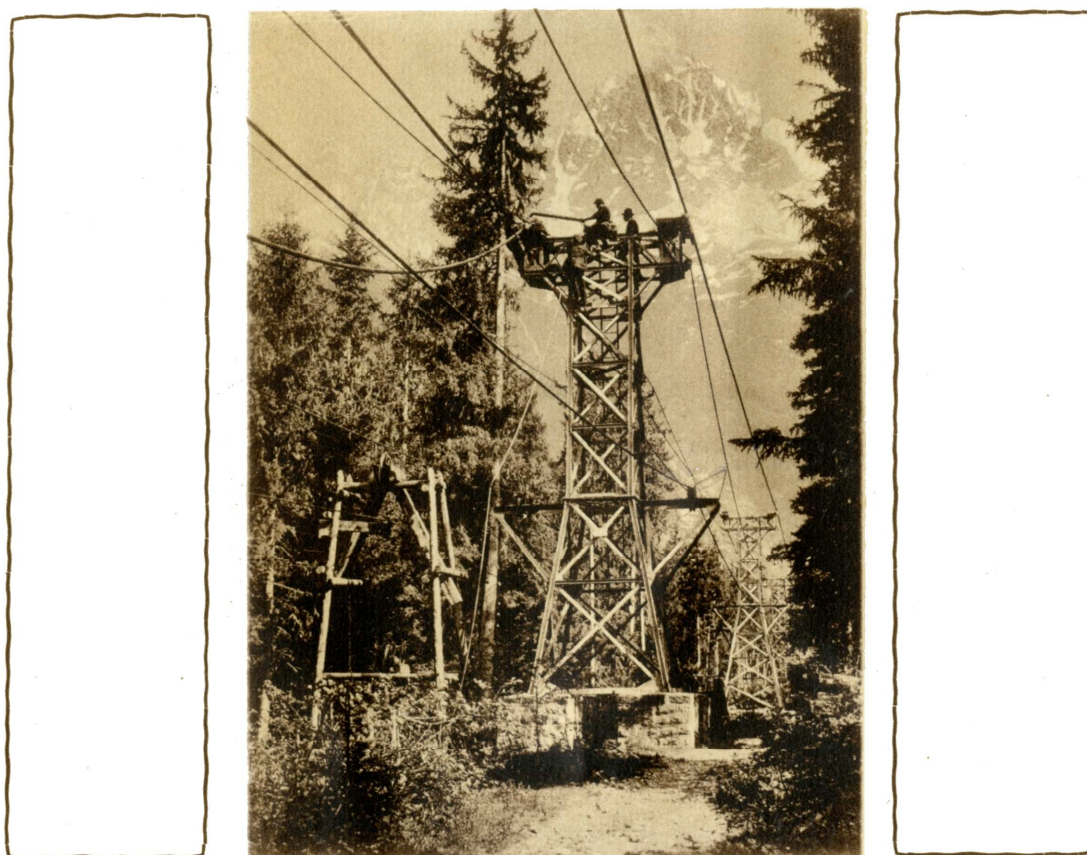
UN PYLONE ET LE PREMIER TRONÇON AVEC LA STATION LES PELERINS.

~ PYLONES ~



ES pylônes sont en aciers et olidement ancrés dans un fort massif de maçonnerie assis directement sur le rocher. Leur parement aval est vertical, celui d'amont incliné à 22 % environ et les parements transversaux ont un fruit de 13 % environ. A leur partie supérieure, les pylônes supportent, de chaque côté, le câble porteur et le câble frein qui viennent y reposer sur des sabots ; le sabot d'appui du câble frein comporte, en son milieu, un roulement pouvant tourner autour d'un axe horizontal et destiné à faciliter le mouvement du câble si ce dernier venait à être utilisé comme tracteur.

Mécanismes des stations. - Le mécanisme moteur comprend : un moteur électrique de 100 HP. qui commande, par l'intermédiaire de roues dentées, un arbre horizontal transmettant, par engrenages d'angle, le mouvement à un deuxième arbre vertical, lequel, par une roue dentée, commande la molette motrice du câble tracteur.



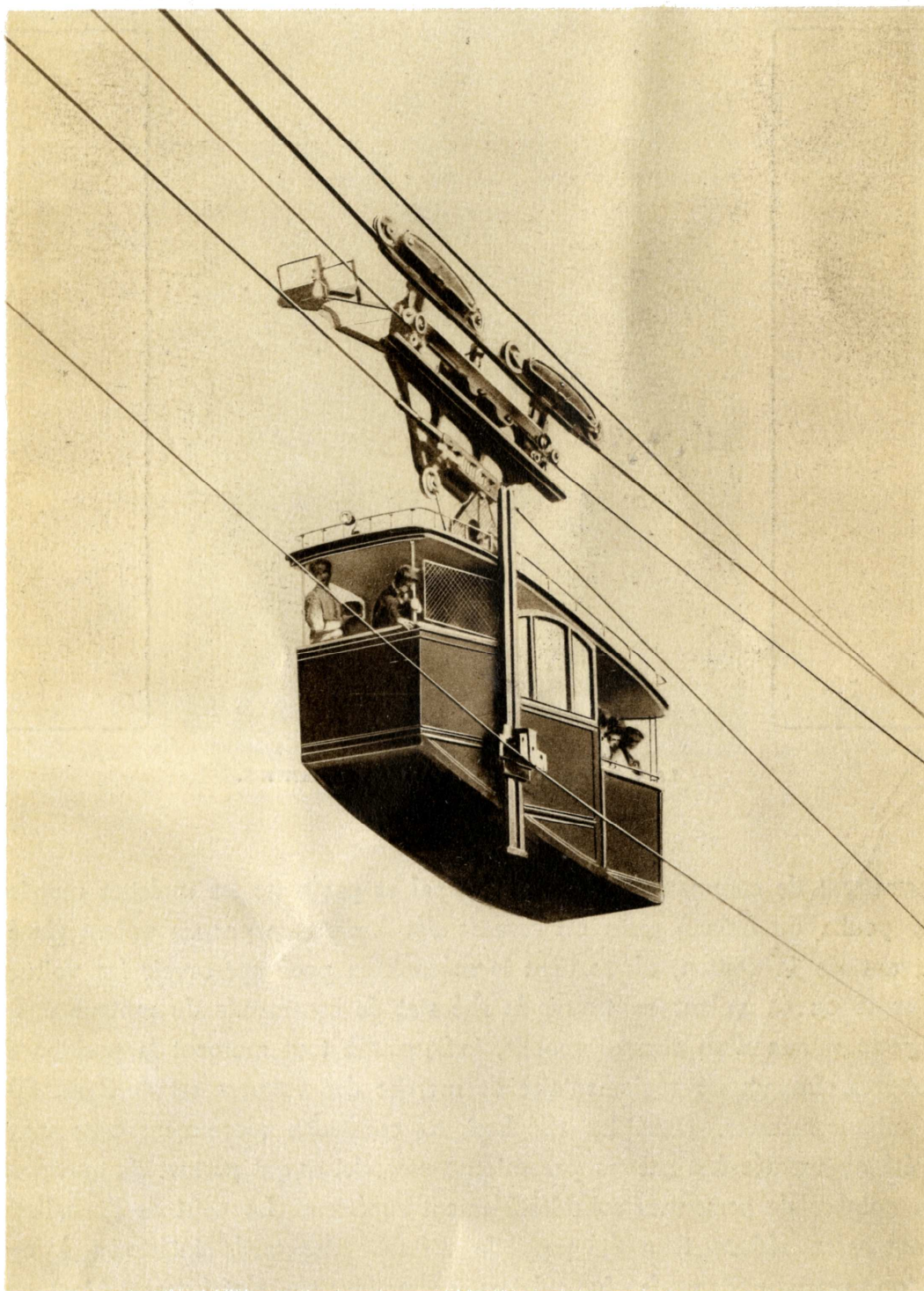
UN PYLONE PENDANT LE MONTAGE DES CABLES.

Cette molette est munie de trois gorges dans lesquelles le câble tracteur passe successivement après s'être enroulé sur une deuxième molette de renvoi, afin d'avoir une adhérence suffisante du câble. Après avoir quitté ces molettes, les deux brins du câble tracteur sont dirigés vers les pylônes de la ligne à l'aide de galets-guides. Deux molettes analogues qui commanderaient éventuellement le câble-frein ont leurs axes en prolongement, mais indépendants, de ceux des molettes du tracteur. La commande de ce mouvement est obtenue en conjuguant les arbres au moyen d'un embrayage. Sur l'arbre horizontal susmentionné sont montées deux poulies de frein ; l'une est commandée à la main et l'autre est pourvue d'un dispositif de commande automatique qui agirait immédiatement dans l'un ou l'autre des cas suivants : excès de vitesse ; interruption du courant ; voiture non arrêtée au point terminus fixé. Un deuxième moteur électrique de secours est disponible, ainsi qu'un moteur à essence et un treuil à main, tous



LA VOITURE QUITTE LA VALLEE DE CHAMONIX.

permettant de commander l'arbre principal et par suite les molettes motrices. La poulie du frein à main est commandée à distance par un volant placé à l'avant de la station, où se tient le mécanicien pour apercevoir les voitures. A côté de ce volant se trouve le rhéostat de commande du moteur et une réglette munie d'un curseur mobile, indiquant à tout moment la position des voitures. La vitesse réglementaire de marche des voitures est de 2 m. 50 à la minute seconde. Dans les téléphériques construits récemment cette vitesse a été augmentée à 4 mètres par minute seconde, ce qui permet de transporter un nombre de personnes considérablement supérieur. Le coût de l'installation étant assez réduit, il a été possible d'établir des tarifs inférieurs à ceux qu'on pratique dans les funiculaires ordinaires sur plateforme. Ainsi pour le premier tronçon jusqu'à "La Para,, le prix du billet d'aller et retour est de frs. 18,50.



VOITURE A HUIT ROUES ET FREINAGE AUTOMATIQUE POUR 18 VOYAGEURS.

SYSTEME CERETTI & TANFANI - MILAN.

XVIII



VUE CARACTERISTIQUE DE LA LIGNE.

~ VOITURE ~



A voiture se compose de trois parties: chariot, suspension et caisse. Le chariot roulant est formé par huit roues accouplées deux à deux par un balancier. La charge est donc bien répartie et le système roulant a un empattement convenable lui assurant une bonne stabilité. Ce chariot est la partie la plus délicate et la plus importante de l'installation. Au-dessous des roues porteuses se trouve un châssis renfermant les organes de freinage et auquel vient s'agripper le câble tracteur. Le freinage automatique est assuré par le poids même de la voiture; le câble tracteur et le câble lest forment un anneau fermé tendu par un contrepoids; quelque'en soit la raison, et principalement en cas de rupture du dit câble, cette tension venant à cesser, le poids de la voiture vient au moyen d'un jeu de levier serrer le câble frein et arrêter par là, la voiture sur un parcours d'environ un mètre.



LE VOITURE QUITTE LA STATION INFERIEURE.

Un déclic manoeuvré de la voiture permettrait d'ailleurs, en cas de besoin, de provoquer le freinage immédiat; ce dispositif aura en outre l'utilité de rendre très facile la vérification du bon fonctionnement des organes de freinage. Les caisses sont en partie métalliques, en partie en bois, avec entrées latérales. Elles comportent une plate-forme à chaque extrémité et peuvent recevoir

18 Voyageurs avec 12 places assises et 6 places debout.

Chaque voiture est accompagnée d'un conducteur qui a à sa disposition la tirette de freinage immédiat; le déclic, après déclanchement, pourra être remis en place en montant sur le toit de la voiture qui est muni d'un garde-fou. Le poids de la voiture chargée est d'environ 4 Tonnes.

L'intérieur de la caisse est fini soigneusement, les sièges sont commodes, l'illumination électrique est faite par accumulateurs. Les fenêtres peuvent être ouvertes en baissant les vitres à la partie extérieure de la ligne. Durant le voyage le touriste pourra apprécier la douceur de roulement de ce système ainsi que la régularité et la continuité du développement du panorama merveilleux des côtés de la ligne.

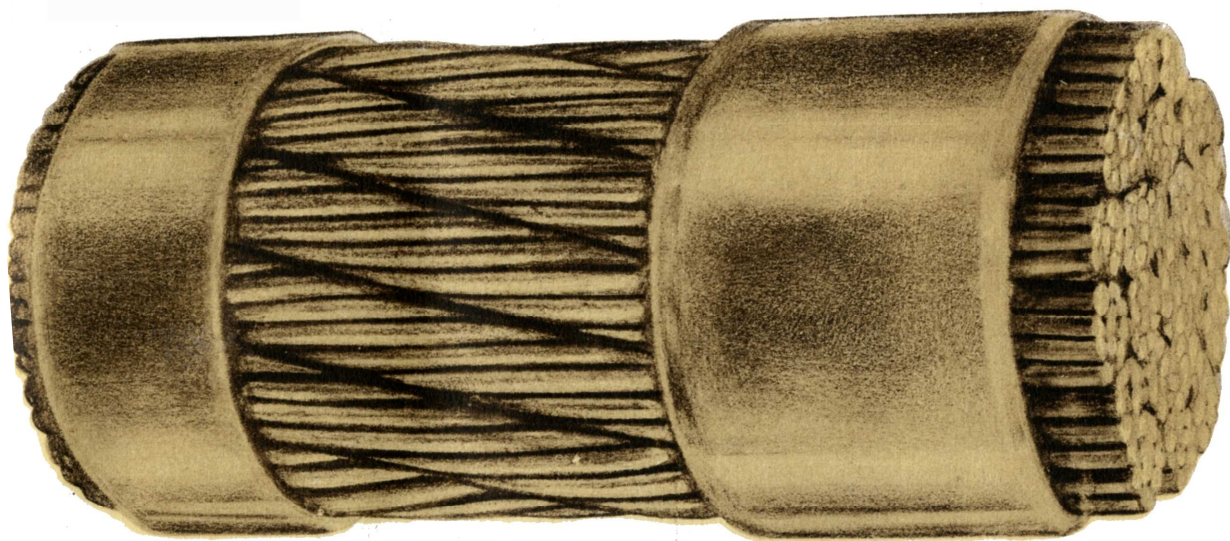


LE CABLE PORTEUR ET TRANSPORT DES CABLES EN MONTAGNE.

~ CABLES ~



ES câbles porteurs sont en acier ayant une résistance d'environ 180 Kgs. au mm.², de construction dite Herculès, ont un diamètre de 64 mm. et une résistance à la rupture d'environ 330 tonnes. Les câbles tracteur, lest et frein ont un diamètre unique de 32 mm., sont de la construction à câblage Albert et ont une résistance à la rupture d'environ 60 tonnes. Le coefficient de sécurité adopté pour la tension de ces câbles varie entre 8-10. Les dernières dispositions gouvernementales aussi bien en Italie qu'en Autriche tendent, surtout pour les câbles porteurs, à diminuer ce coefficient considérablement. En effet, en tendant davantage le câble porteur on augmente son effort à la tension mais on diminue l'effort de flexion au passage des roues de la voiture ce qui a une importance bien supérieure à ce qu'on supposait ce qui a pu être établi après les expériences faites pendant 10 ans sur un transporteur du même système.

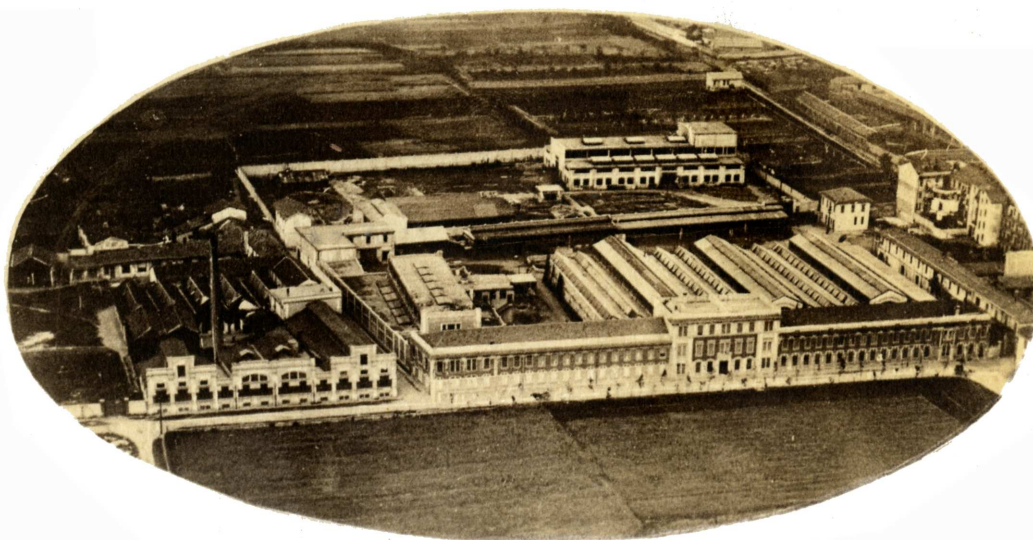


LE CABLE PORTEUR DANS SA GRANDEUR NATURELLE.

» CONCLUSION »

L'installation que nous venons de décrire est certainement, dans la branche des transporteurs aériens, la plus hardie et la plus importante existant actuellement, même si l'on ne tient compte que des deux premiers tronçons. Lorsque le funiculaire aérien atteindra le Col du Midi et une fois l'installation complète, elle sera certainement une des oeuvres techniques les plus remarquables du monde entier. Pour les installations actuellement en cours d'exécution on a pu mettre à profit les expériences faites au cours des travaux d'exécution et dans les premiers temps d'exploitation.





ETABLISSEMENTS CERETTI & TANFANI S.A.
A MILAN ET A SOLBIATE