

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 136 (2010)
Heft: 19: Transport par câble

Artikel: Des projets hors norme
Autor: Perret, Jacques / Glassey, Paul
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-130469>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Des projets **h o r s n o r m e**

Le rôle des mandataires techniques est décisif pour la mise en place d'un système de transports par câble. Ils y jouent d'abord un rôle de conseil dans le choix de la technique la plus adaptée, parmi un éventail de solutions toujours plus vaste. Ils doivent ensuite assurer le suivi de la réalisation de travaux où la coordination entre les activités du génie civil et de l'électromécanique joue un rôle essentiel.

Le projet et la réalisation d'un transport par câble réunissent les trois acteurs traditionnels que sont le maître de l'ouvrage (MO), les mandataires techniques et les fournisseurs. Cependant, ici plus que dans d'autres domaines, le fournisseur du système joue un rôle clé, puisque c'est de lui, par l'intermédiaire des modèles qu'il met à disposition sur le marché, que dépend une grande partie de la solution.

Définition et choix d'un système

Techniquement la mise en place d'un système de transport par câble commence naturellement par des discussions pour définir si le MO veut privilégier un système de « va-et-vient » (de type funiculaire ou téléphérique) ou à mouvement continu (de type télécabine ou télésiège). Cette question est essentielle, puisqu'elle influence de façon considérable les travaux de génie civil (GC) ainsi que l'étendue des solutions électromécaniques (EM) disponibles.

Concernant ce premier choix, et pour faire un parallèle avec le trafic routier, on pourrait dire que cela revient à choisir entre un carrefour à feu ou un giratoire. En effet, les caractéristiques des systèmes « va-et-vient » rappellent celles du fonctionnement d'un système à feux, qui prévoit une libération de la circulation dans un laps de temps défini, condamnant les usagers à une attente prédéfinie. A l'opposé, les systèmes à mouvement continu répondent à la mise à disposition continue du moyen de déplacement, dont l'usage est limité par leur disponibilité (du giratoire ou des cabines vides).

En plus des impératifs fonctionnels du MO concernant la capacité et les dessertes du futur système de transport,

l'ingénieur doit d'emblée intégrer la topographie et la géologie du parcours, des éléments essentiels pour la définition de la position et du nombre de points d'appui à envisager. De plus, lorsque la construction est réalisée en montagne, comme c'est souvent le cas en Suisse, il faudra ajouter à ces deux éléments la prise en compte des dangers liés aux avalanches. Finalement, l'ensemble de ces réflexions serait incomplète sans des considérations financières. A ce sujet, le choix entre un système de type va-et-vient ou de type continu influence fortement la répartition entre les parties électromécaniques et génie civil des travaux : cette répartition est en effet de l'ordre de 50% - 50% pour les premiers systèmes, alors que l'électromécanique représente environ 80% des dépenses pour les systèmes de type continu.

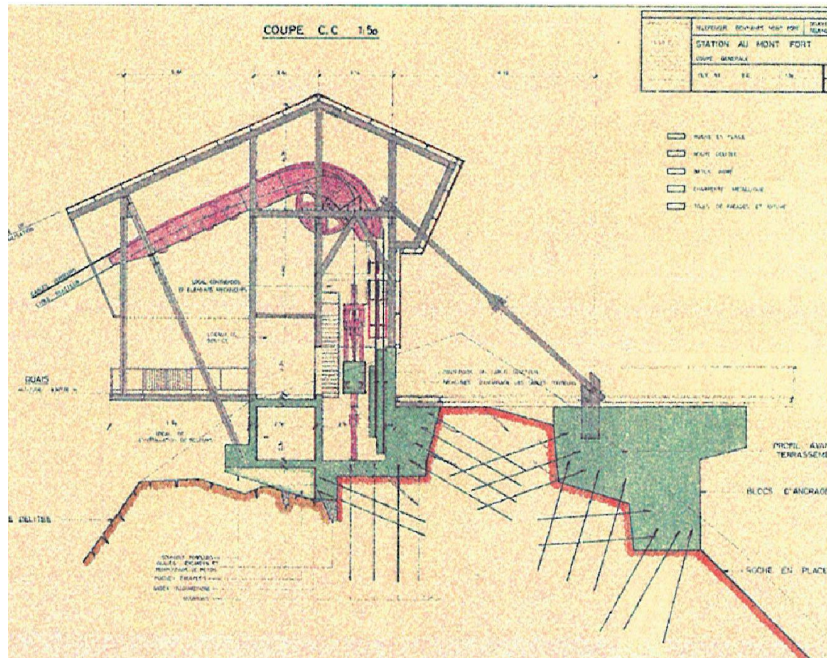


Fig. 1 : Station d'un téléphérique du chantier de Linthal dans le canton de Glaris

Fig. 2 : Stabilisation par « masse »: coupe en travers du système de stabilisation de la station supérieure du Mont-Fort

Fig. 3 : Construction d'une station d'un téléphérique du chantier de Linthal dans le canton de Glaris

Fig. 4 : Fixation directe des câbles de la station supérieure du téléphérique de Massada en Israël



Interaction électromécanique – génie civil

Une fois le choix du système arrêté, le projet va s'articuler autour de la coordination des trois principaux éléments qui interviennent dans la réalisation d'un système de transport par câble :

- les éléments fixes, à savoir les fondations, les pylônes ou les voies de roulement,
- les éléments mécaniques, qui se meuvent sur les parties fixes,
- les installations électriques et celles liées à la sécurité, qui sont en charge d'assurer la motricité et la télésurveillance.

Ces trois domaines sont généralement rassemblés dans deux entités distinctes que sont le génie civil pour la partie fixe, et l'électromécanique qui prend en charge les deux autres éléments. Compte tenu des spécificités de ces deux disciplines, il est relativement difficile d'obtenir une offre pour l'ensemble du système et la règle consiste en général à les séparer en lots. Mais ici, contrairement à ce qui se passe traditionnellement, il est quasi impératif d'attribuer les travaux électromécaniques avant ceux du génie civil, ces derniers étant souvent déterminés par le choix électromécanique du MO. Une situation qui peut évidemment poser quelques difficultés en matière de coordination des appels d'offre et de planification des travaux, puisque cet ordre d'adjudication ne correspond pas à celui de l'exécution.

Dimensionnement des parties fixes

En matière de génie civil, l'essentiel de la problématique porte sur la fixation des câbles porteurs aux deux extrémités du tracé, sur les fondations des éventuels points d'appui intermédiaires ainsi que sur le dimensionnement des pylônes. Ces éléments dépendent essentiellement de deux paramètres: la qualité du sous-sol et les conditions atmosphériques (vent et présence éventuelle de permafrost).

Concernant la fixation des câbles, deux principes peuvent être appliqués: on peut décider d'ancrer les câbles directement dans la roche (fig. 4) ou alors mettre en place des éléments massifs à même de contrebalancer la tension induite par les câbles (fig. 2). D'un point de vue économique, et en tenant compte du fait que les travaux doivent souvent être réalisés dans des conditions d'accès difficiles, on peut dire que la réalisation d'ancrages est généralement moins onéreuse que celle consistant à mettre en place des volumes conséquents de matériaux. En revanche, à long terme, le suivi et l'entretien des ancrages s'avèrent sensiblement plus délicats et coûteux. Les conditions géologiques jouent elles aussi un rôle clé dans le choix de la solution retenue, les sols ne se prêtant pas tous à la mise en

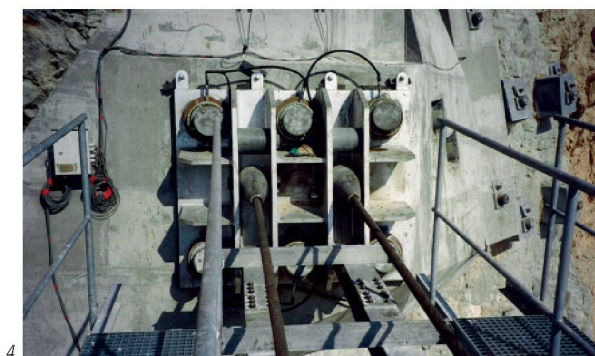


Fig. 5 : Dispositif pour le tirage des câbles

Fig. 6 : Acheminement d'un câble continu embarqué sur plusieurs véhicules

Fig. 7 : Montage de pylône pour le téléphérique de chantier de Cleuson-Dixence

place d'ancrage. D'un point de vue statique, le système doit être en mesure de garantir la stabilité de stations en dépit des efforts horizontaux importants qu'engendrent les câbles porteurs.

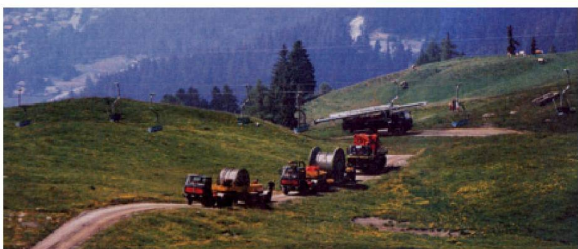
Pour ce qui concerne les pylônes, ceux-ci sont essentiellement soumis aux efforts liés à la tension des câbles porteurs et aux effets du vent. Ils ne reçoivent par contre un peu de charge horizontale due aux passages des véhicules à leur sommet. Leur inclinaison est choisie de façon à ce que la résultante des tensions exercées de part et d'autre du pylône par les câbles soit aussi proche que possible de son axe. Les pylônes sont ensuite dimensionnés selon les principes appliqués pour des treillis, en ajoutant aux efforts induits par les câbles ceux dû au vent, ces derniers étant calculés pour chacune des barres à l'aide de coefficients de forme. A noter enfin que les structures doivent être capables de supporter des vents jusqu'à cinq fois supérieurs à ceux qui entraîneraient la fermeture des installations, raison pour laquelle il est possible de ne pas tenir compte du vent sur les cabines. En ce qui concerne les fondations des pylônes, selon leur taille, on construira une ou plusieurs fondations réparties sous chacun des pieds et on les dimensionnera de façon à ce que, pour la situation de service, la résultante se situe systématiquement à l'intérieur de leur noyau.

De façon générale, les cas les plus critiques pour les fondations correspondent aux situations où l'on est contraint de construire sur des zones en mouvement ou à des altitudes qui engendrent la présence de zones de permafrost. Pour les ouvrages dans des zones en mouvement, ils seront soit ancrés, soit conçus de façon à ce qu'un réglage périodique puisse s'effectuer. Cette dernière solution est cependant essentiellement retenue pour les fondations de pylônes.

Pendant bien longtemps, l'implantation d'ouvrages dans des sols gelés en permanence (permafrost) ne posait pas de réels problèmes. Toutefois, depuis la fin des années 1980, les effets du réchauffement climatique se traduisent par des problèmes de stabilité pour des terrains situés à des altitudes comprises entre 2800 et 3500 m. Ce dégel a pour conséquence que les systèmes mis en place à l'époque pourraient ne plus respecter fonctionner comme prévu lors de la construction. De plus, on a observé que l'implantation de structures conséquentes qui présentent une forte inertie thermique peut aussi entraîner le dégel des zones de fondation ou d'ancrages. La tendance aujourd'hui est donc de ne plus tenir compte de la résistance accrue offerte par les sols gelés et d'assurer un suivi rigoureux de tous les éléments situés dans des zones initialement envisagées comme appartenant au permafrost.



5



6



7

Fig. 8 : Montage d'un pylône pour le téléphérique de chantier de Cleuson-Dixence

Fig. 9 : Mise en place par hélicoptère d'un élément de pylône

(Sauf mention, tous les documents illustrant cet article ont été fournis par le bureau Paul Glassey SA.)

Des constructions souvent spectaculaires

Si l'utilisation des transports par câble est souvent spectaculaire pour les usagers, leur construction l'est peut-être encore plus. L'hélicoptère y joue aujourd'hui un rôle central, que ce soit pour la réalisation des pylônes, pour la livraison de parties entières d'équipements mécaniques, ou encore pour la mise en place des câbles.

Pour les pylônes, compte tenu de l'augmentation continue de la puissance des hélicoptères, il est aujourd'hui possible de mettre en place d'un seul tenant des éléments préfabriqués toujours plus lourds et volumineux. Il n'est en outre pas rare que certaines parties d'éléments mécaniques à installer dans les stations puissent être livrées d'un bloc pour être posées à même les fondations construites à cet effet.

D'un autre côté, le transport et la mise en place des câbles représentent une des opérations majeures du montage. Cela

commence d'abord par le fait que, suivant sa longueur totale, le câble doit être acheminé d'un seul tenant sur le chantier, nécessitant parfois la mise en place de véritables trains routiers transportant chacun une bobine dont le câble reste relié avec celle située sur la camion suivant (fig. 6). Ensuite, le montage à proprement parler se fait par étapes successives au cours desquelles on met en place des câbles d'un diamètre allant croissant. L'hélicoptère dépose tout d'abord un filin qui servira ensuite à tirer les câbles définitifs à l'aide de treuils disposés aux extrémités de la ligne. Ces mêmes treuils servent ensuite aussi pour la mise en tension des câbles.

Jacques Perret

Paul Glassey, ing civil EPF
Bureau Technique Paul Glassey SA
CH – 1997 Haute-Nendaz



8



9