

A-05324

23.04

2.3.04

Effet de vrillage sur les câbles tracteurs et les câbles porteurs-tracteurs

Le *P^r Gábor Oplatka* fait la synthèse d'une réunion technique organisée par *Doppelmayr France*.

Sur invitation de Doppelmayr France, quelque 25 représentants des autorités de surveillance ainsi que des fabricants de câbles et de remontées mécaniques de plusieurs pays se sont réunis à Chambéry (France) sous la houlette de Alain Croses pour discuter des problèmes du vrillage des câbles tracteurs et porteurs-tracteurs.

Le motif de cette réunion était de lancer une discussion sur l'effet de vrillage qui prend de plus en plus d'ampleur par suite de l'augmentation des dénivellations et du diamètre des câbles des téléphériques et sur les perturbations du fonctionnement des installations qui s'ensuivent.

Dans son introduction, le rapporteur, auteur de cet article, constatait que dans de nombreux cas le vrillage du câble pouvait être considéré comme "effet secondaire" par les constructeurs de téléphériques. En effet, lors de la construction d'un téléphérique, les câbles sont tendus et leurs extrémités sont assurées contre la torsion. Cependant, dans certaines situations, le vrillage devient dominant au point de provoquer des perturbations de fonctionnement. Ces perturbations peuvent être les suivantes :

- Glissement du câble dans les pinces et/ou sur la poulie motrice par suite de la torsion,
- Formation de coques en cas de relâche-



Fig. 1 : Sur un câble qui s'était desserré à la suite d'un essai des freins le vrillage a provoqué la formation d'une boucle. Il faut la défaire avec précaution, sinon elle se ressermera et formera une coque risquant de provoquer la rupture du câble.



Fig. 2 : Des fils externes se sont relâchés par suite du desserrage du câble.

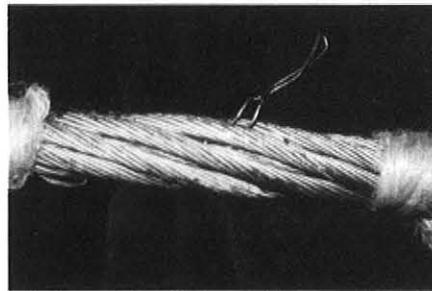


Fig. 3 : Un fil est sorti de l'intérieur du câble par suite du resserrement des torons.

ment du câble (Fig. 1),

- Câble sortant de la gorge par rotation due au vrillage,
- Relâchement de fils en surface lors du desserrage des torons (Fig. 2),
- Fils sortant de l'intérieur du câble lors du resserrement des torons (Fig. 3).

Le vrillage du câble est dû entre autres aux facteurs suivants :

- Force de traction [1],
- Pince et/ou gorge d'une poulie ou d'un galet s'opposant à la torsion du câble [2],
- Glissement sur la poulie motrice,
- Erreur commise lors du montage,
- Entrée dans une gorge sous un angle incorrect (angle d'incidence).

Ainsi qu'on a pu le démontrer sur un modèle, un angle d'incidence peut certes provoquer une forte torsion d'un câble sensible à la torsion ; mais, le couple transmissible étant limité par le coefficient de friction et la force d'appui entre câble et gorge, sur les galets (mais pas sur les poulies), cette torsion peut être supprimée par un couple antagoniste relativement faible.

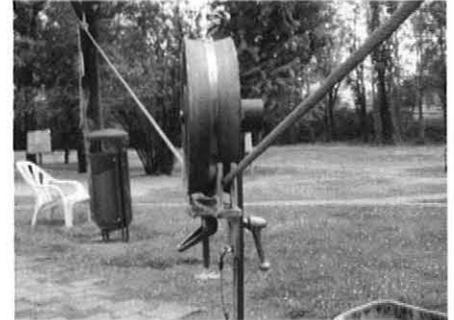


Fig. 4 : Le modèle de Brugg Drahtseil Ag permet de démontrer qu'un galet tournant obliquement imprime un mouvement de torsion à un câble dont les deux extrémités peuvent tourner mais qu'il suffit d'un couple antagoniste faible pour supprimer cette torsion.

(Fig. 4).

On connaît aussi le phénomène selon lequel, sur un câble suspendu librement dont les extrémités ne se trouvent pas toutes les deux à la même hauteur, la traction est plus forte en haut qu'en bas du fait du poids propre (tension de dénivellée).

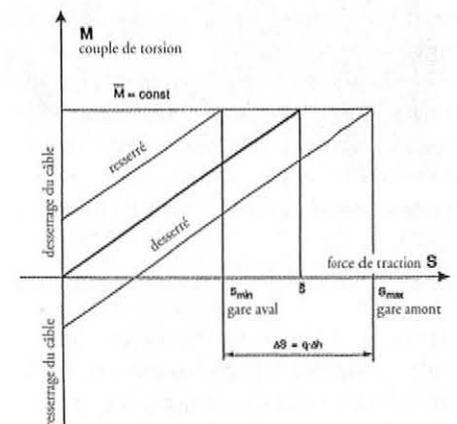


Fig. 5 : Sur un câble suspendu librement dont les extrémités présentent une différence de hauteur Δh , du fait du poids propre la traction en haut est supérieure d'une valeur $\Delta h \cdot q$ à celle s'exerçant en bas. Mais, comme le couple de torsion le long du câble est constant, le câble se desserre en haut et se resserre en bas par rapport au pas de câblage original.

Mais, comme le couple de torsion le long du câble est constant, le câble se desserre en haut et se resserre en bas par rapport à la longueur de câblage originale (Fig. 5) [3].

Gottfried Hofmann (Garaventa AG) analysa la situation sur une boucle de câble en rotation, telle qu'on la rencontre sur les appareils unidirectionnels. Nous ne reproduirons pas ici ses réflexions logiques et ses déductions mathématiques (que l'on trouve dans sa publication) mais nous contenterons d'énumérer ses conclusions intéressantes au niveau de l'exploitation :

- La modification du pas de câblage est principalement influencée par la longueur des portées, la dénivellation et le diamètre du câble.
- Les pylônes diminuent la longueur des portées et par conséquent, en fonction de la force d'appui et du coefficient de friction, la modification du pas de câblage.
- L'effet des suspensions intermédiaires du câble tracteur est minime.
- Les câbles à câblage croisé seraient préférables en ce qui concerne le risque de vrillage (il faudrait toutefois examiner à fond les inconvénients).
- Un nombre plus grand de véhicules en ligne réduit le vrillage.
- La précision d'orientation des éléments de guidage aux points de débrayage est d'une importance décisive.
- Les pinces du premier véhicule lorsque l'appareil se remplit et celles du dernier véhicule lorsqu'il se vide sont de loin les plus concernées par le vrillage du câble.
- Le changement périodique du pas de câblage réduit la durée du câble, en particulier dans la zone d'épissure.

Roland Verreet (Ingenieurbüro für Fördertechnik Aix-la-Chapelle) décrit les erreurs de montage qui provoquent un vrillage indésirable lorsque l'appareil est en service, à savoir notamment : la mauvaise exécution de l'enroulement, du dévidage et le réenroulement du câble, l'utilisation d'éléments de guidage n'ayant pas le profil voulu et/ou leur montage incorrect, enfin, bien sûr, le dévrillage et le déplacement du vrillage. Il montra ensuite de façon suggestive comment le vrillage était provoqué par la tension et dépendait du diamètre du câble. Enfin, il commenta les mesures utilisées sur les grues pour éviter les détériorations provoquées par le vrillage.

Jacques Dubuisson (STRMTG) exposa pour commencer le cas du câble tracteur d'un téléphérique à va-et-vient présentant une seule portée d'une longueur de corde

de 2.838 m et franchissant une dénivellation de 1.471 m. A l'origine l'appareil avait trois câbles tracteurs de 16 mm de diamètre chacun. On n'avait pas eu de problème de vrillage. Lors de sa réfection en 1991, ce téléphérique fut équipé d'un seul câble de 46 mm de diamètre. On constata alors des modifications du pas de câblage allant jusqu'à 27,5 % ainsi que des relâchements de fils à proximité de la gare aval (Fig. 4).

Jacques Dubuisson indiqua ensuite qu'il avait effectué des mesures du couple exercé sur la pince d'un véhicule par le câble tracteur d'un téléphérique bicâble 3S, à la montée et à la descente. Ces mesures ont entre autres permis de constater que le couple augmentait chaque fois que le véhicule s'approchait d'un train de galets pour diminuer lorsqu'il s'en éloignait. On regrette qu'il n'ait pas été possible d'effectuer plusieurs cycles de mesures à l'aide de ce dispositif qui exigeait en soi une préparation assez compliquée. Des répétitions dans les mêmes conditions auraient permis de montrer l'ampleur de la variation tandis qu'en effectuant des mesures avec d'autres paramètres on aurait pu étudier l'influence de ces derniers (p.ex. orientation des trains de galets).

L'intervention de Pierre-François Baron (Tréfileurope SA) portait sur l'expérience acquise avec un câble tracteur à câblage croisé sur un appareil unidirectionnel bicâble. Ce téléphérique surmonte 1.040 m de dénivellation sur un tracé de 3,6 km. Les véhicules accouplés tous les 120 m restent en ligne. Le câble tracteur de construction 6x17 Seale a 41 mm de diamètre, la résistance des fils est de 1.770 N/mm², la longueur de l'épissure 1.200 d. L'augmentation de diamètre au niveau de l'épissure, où apparaissent prématurément des ruptures de fils, est de 7 à 15 %. Il faut considérer comme un échec un essai d'utilisation d'un câble tracteur à torsions croisées. On ne saurait dire toutefois si cet échec est imputable au type de câblage et/ou à l'exécution de l'épissure ou à l'installation elle-même et son exploitation.

Jean Souchal (Poma France) a fait part de son expérience concernant un téléphérique de 5 km de long surmontant une dénivellation de 1.500 m. Alors que la longueur des portées ne dépassait pas 200 m, la résistance des pinces au glissement mesurée selon les directives du STRMTG était tombée à une valeur inquiétante par suite du vrillage. Les difficultés apparues sont en gros les mêmes que celles rencon-

trées sur des installations analogues. Ce qui veut dire que ce genre de problème technique est – comme on le pensait – indépendant du constructeur de l'appareil.

Hervé Petit intervenant en qualité de représentant du STRMTG rappela que la directive européenne était en vigueur depuis mai 2004. Les demandes de dérogation ne peuvent être présentées qu'en accord avec tous les milieux intéressés (exploitants, autorités, fabricants), par la voie prévue. La voie appropriée serait sans doute une commission spéciale de l'OITAF.

Alain Croses et le rapporteur résumèrent la discussion comme suit :

- Le vrillage doit être accepté comme une des propriétés physiques des câbles toronnés monocouche. En raison de leur configuration, les câbles exempts de vrillage ou à faible vrillage ne peuvent être utilisés en tant que câbles tracteurs ou porteurs-tracteurs.
- Lors de l'étude d'une installation présentant une importante dénivellation et nécessitant un câble de gros diamètre, le vrillage pourra être un facteur limitatif.
- Les galets de ligne présentant un angle d'incidence peuvent certes provoquer des torsions importantes sur une boucle de câble non chargée mais ils ne constituent pas un facteur limitatif lorsque l'installation est en fonctionnement.
- Les éléments de guidage du câble se trouvant après les points de découplage (dans le sens de marche) devront autant que possible ne pas présenter d'angle d'incidence.
- On dispose de nombreux moyens de réduire le vrillage ou de faciliter la situation lorsqu'il faut "faire avec". Cependant toutes ces mesures comportent des inconvénients, on ne saurait donc les appliquer avant d'avoir effectué une étude approfondie. La réalisation de telles études pourrait être confiée à une commission d'étude de l'OITAF.

GÁBOR OPLATKA

Bibliographie :

- [1] Kollros, W. : Zusammenhang zwischen Torsionsmoment, Zugkraft und Verdrillung in Seilen. Int. Seilbahnrundschau 2/1974
- [2] Gassmann, H.-R. : [] Torsionsmomente in Förderseilen von Umlaufbahnen. VDI-Verlag 1981
- [3] Oplatka, G., et Roth M. : Choix du pas de câblage des câbles tracteurs d'appareils à va-et-vient surmontant une forte dénivellation. Revue internationale des téléphériques 5/1996

