



ORGANIZZAZIONE INTERNAZIONALE TRASPORTI A FUNE
INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR DAS SEILBAHNWESEN
ORGANISATION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS A CABLES
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR TRANSPORTATION BY ROPE
ORGANISACION INTERNACIONAL DES TRANSPORTES POR CABLE

Recommandations techniques en vigueur

CAHIER N. 18
(Mai 2001)

RECOMMANDATIONS POUR LES PARTICULARITES TECHNIQUES DES TELEPHERIQUES DOUBLES MONOCABLES

Organisation Internationale des Transports à Câbles

O.I.T.A.F.

**RECOMMANDATIONS POUR LES PARTICULARITES TECHNIQUES
DES TELEPHERIQUES DOUBLES MONOCABLES**

Cahier 18

Commission d'études n° 2

Mai 2001

RECOMMANDATIONS POUR LES PARTICULARITES TECHNIQUES DES TELEPHERIQUES DOUBLES MONOCABLES

Les présentes recommandations définissent les exigences techniques qu'imposent les particularités techniques du système des téléphériques doubles monocâbles. Les exigences qui y sont définies tiennent compte des caractéristiques spécifiques des téléphériques doubles monocâbles existants et des expériences faites au cours de leur exploitation. Lorsqu'on en modifie les caractéristiques constructives les exigences prévues doivent être satisfaites avec au moins le même niveau de sécurité. L'influence réciproque qu'exercent l'un sur l'autre les deux câbles parallèles qui transportent le véhicule détermine un déplacement et nouvel arrangement des charges, qui à son tour est déterminante pour une nouvelle géométrie de l'appareil, un nouveau profil de la ligne et un nouveau gabarit libre.

Sommaire

1. Domaine d'application
- 2 Action du vent en exploitation
- 3 Tracé et longueur des portées
- 4 Distances latérales
- 5 Ecartement de la voie
- 6 Trajet de sécurité à la sortie de la station
- 7 Coefficient de charge normale
- 8 Surcharges résultant de la restriction imposée aux oscillations transversales
- 9 Synchronisme des câbles
- 10 Annexe

1. Domaine d'application

- 1.1 Les recommandations présentes s'appliquent aux installations débrayables de transport à câbles à mouvement unidirectionnel destinées aux personnes dont les véhicules sont entraînés par deux câbles porteurs-tracteurs parallèles ou par un câbles porteur-tracteur formant une double boucle.
- 1.2 Les recommandations présentes s'appliquent aux téléphériques dont la distance entre les deux câbles parallèles est plus grande (système Funitel) ou plus petite que la largeur du véhicule

2. Action du vent en exploitation

La valeur de l'action du vent (pression du vent) qui sert de base pour le calcul de vérification du cas de charge "en exploitation" est l'action du vent qui correspond à la vitesse du vent

maximale prévue dans le projet comme vitesse du vent permettant l'exploitation de l'installation.. La pression du vent minimale doit être assumée égale à $0,25 \text{ kN/m}^2$.

Les téléphériques doubles monocâbles pouvant être exploités avec des vitesses de vent plus élevées que les téléphériques monocâbles à mouvement unidirectionnel, il est recommandé d'adopter comme valeur de calcul une pression du vent au moins égale à $0,4 \text{ kN/m}^2$.

3. Tracé et longueurs des portées

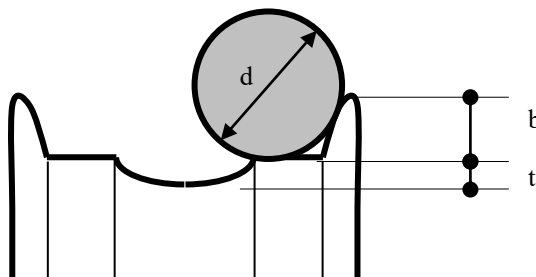
Le projet de la ligne des téléphériques doubles monocâbles doit être fait en tenant compte des conditions locales et exigences valables pour la conception de toutes les installations de remontée mécaniques (par exemple charges sur les appuis, contraintes locales agissant sur les câbles porteurs tracteurs) et en outre en tenant compte des effets produits par le parallélisme des deux câbles, soit le déplacement ou arrangement nouveau des charges et la nouvelle géométrie qui en résulte.

Lorsque les portées sont longues la stabilité aux actions du vent des véhicules impose la nécessité de procéder à des vérifications supplémentaires. Il s'ensuit que dans le cas de charge "en exploitation" les exigences définies dans les points 3.1, 3.2 et 3.3 doivent en outre être respectées. La valeur de la charge du vent (pression du vent) doit être établie conformément à la règle établie au point 2. Aucune réduction de la charge du vent, telle que celle admise pour le calcul de vérification de l'écartement des voies (voir point 5) n'est admise.

3.1 Mesures constructives relatives aux galets

Le rapport entre le débordement du flasque au-dessus d'une garniture de galet neuve et la profondeur de la gorge mesurée au fond de la garniture doit être au moins égal à 2,0.

Le débordement du flasque au dessus de la garniture des galets support doit être au moins égal à $\frac{1}{4}$ du diamètre nominal du câble.



3.2 Charges d'appui minimales

La charge d'appui minimale ne doit pas être inférieure à $1,0 \text{ kN}$.

Si ce n'est pas le cas, des dispositions doivent être prises pour assurer le guidage.

Eu égard à la résistance à la torsion de la voie les variations de la charge d'appui du câble sur les galets des supports de ligne provoquées par l'action latérale du vent peuvent être négligées dans le calcul de la charge d'appui minimale.

3.3 Angle d'incidence latéral

La sécurité contre la sortie du câble de la gorge du premier galet à l'entrée sur le support de ligne doit être déterminée. Cette sécurité est définie par le rapport entre l'angle d'incidence latéral admissible, valeur calculée en tenant compte des données générales de l'appareil et de la construction du galet, et la valeur calculée de l'angle d'incidence latéral.

Pour le cas de charge "en exploitation" le facteur de sécurité par rapport à une action de vent latéral telle que définie au point 2 doit être au moins égale à 1,0.

Si cependant le quotient est inférieur à 1 il faut installer des dispositifs qui empêchent le câble de sortir de la gorge ou qui détectent sa sortie et permettent l'arrêt de l'installation avant son déraillement total.

3.3.1 Valeur calculée de l'angle d'incidence latéral

Les modalités de calcul pour déterminer l'angle d'incidence latéral du câble vide et d'une portée supportant une charge ponctuelle sont illustrées dans l'annexe.

Le calcul de l'angle d'incidence du câble vide peut être fait en admettant la réduction de la pression du vent précisée au point 5. Aucune réduction de la pression du vent n'est admise dans les calculs de l'angle d'incidence des câbles supportant des charges ponctuelles.

3.3.2 Angle d'incidence latéral admissible

La valeur de l'angle d'incidence latéral admissible doit être vérifiée

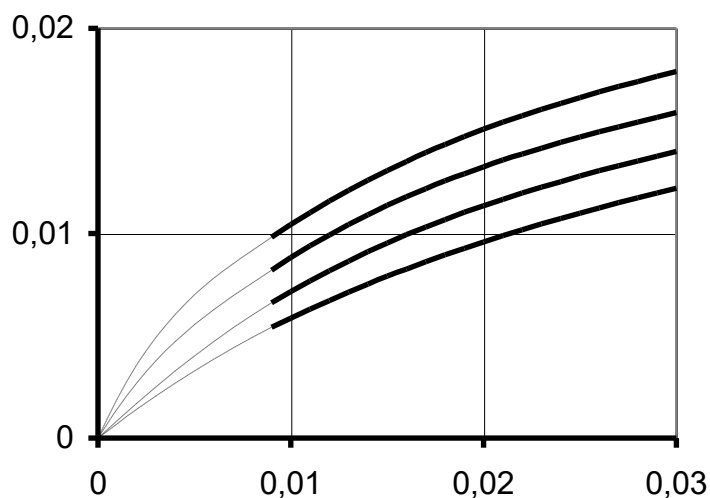
Eu égard aux autres actions, qui ne sont en règles que des actions d'importance secondaire (voir thèse de doctorat Piskoty) on peut utiliser le graphique suivant pour déterminer l'angle d'incidence latéral admissible des trains de galets support compression à conditions que les conditions suivantes sont satisfaites :

$R/d \leq 0,7$

Coefficient d'adhérence entre câble et garniture de galet $\leq 0,30$

Distance entre galets $\leq 14 d$

Nombre de galets ≥ 4



(selon G. Piskoty, dissertation juillet 1999)

t	=	profondeur de la gorge
d	=	diamètre du câble
δ_R	=	angle critique de dérive
β_R	=	angle d'incidence admissible
R	=	rayon de la gorge

4. Distances latérales

4.1 Distances latérales dans la portée

Les distances latérales doivent être déterminées pour les deux cas de charge “en exploitation” et “hors exploitation” en assumant une action latérale d’une pression du vent horizontale et en tenant compte

En exploitation

- des déviations transversales des câbles
- des déviations transversales des véhicules
- des oscillations transversales des véhicules

Hors exploitation

- des déviations transversales des câbles

Le calcul des distances latérales peut être fait en admettant la réduction de la pression du vent précisée au point 5.

4.1.1 Déport dû à l’action du vent qui frappe les câbles

Pour déterminer le déport latéral des câbles provoqué par l’attaque du vent dans les deux conditions de charge “en exploitation” et “hors exploitation” on admet une action de la pression du vent horizontale uniformément distribuée sur toute la longueur de la portée.

4.1.2. Déport résultant de l’action du vent qui frappe les véhicules

Pour déterminer le déport des véhicules provoqué par l’action du vent il faut tenir compte des charges ponctuelles. Voir à ce sujet la note explicative en annexe.

4.1.3 Oscillations transversales des véhicules

Deux possibilités

- Lorsque les oscillations transversales ne sont pas calculées à partir de la résistance aux oscillations opposée par les deux câbles parallèles de la voie sans tenir compte de l’action que peuvent avoir les autres véhicules qui se trouvent dans la portée on doit adopter comme hypothèse de calcul une oscillation transversale de 0,35 rad.
- Dans le cas contraire
L’influence des autres véhicules qui se trouvent dans la portée doit être prise en compte en assumant comme hypothèse de calcul un état d’équilibre statique (tous les véhicules maintiennent leur position inclinée). Au cas qu’il ne soit pas prévu de procéder à une vérification précise de l’influence de chaque véhicule, elle peut être déterminée par voie approximative en déterminant l’oscillation transversale d’un seul véhicule sans les

autres véhicules qui se trouvent dans la portée et en multipliant la valeur obtenue avec le facteur 1,2.

Voir à ce sujet la note explicative en annexe.

4.2 Distance latérale de passage sur les supports de ligne

Les véhicules ne pouvant pas osciller librement dans le sens transversal au passage sur les supports de ligne, le déport latéral dû à l'action du vent peut être négligé. La distance latérale de passage sur les supports de ligne du véhicule est définie par les contraintes constructives et géométriques, telles que

- les oscillations transversales ou déplacement du véhicule attaché aux câbles par des suspensions à ressorts dûes aux contraintes constructives
- la probabilité que le véhicule se mette de travers à cause de la défaillance des dispositifs amortisseurs des dispositifs de suspension qui rattachent la carrosserie à sa suspenste

Dans ces conditions la liberté de passage doit être assurée même dans le cas d'oscillations longitudinales simultanées du véhicule de 0,35 rad. La superposition des oscillations transversales et longitudinales peut être négligée.

Une distance d'au moins 30 cm doit être maintenue entre les éléments constitutifs du véhicule et les structures fixes des pylônes (fût, passerelles de maintenance).

En outre le véhicule doit pouvoir passer sur le pylône sans le toucher même lorsque un câble déraillé a été retenu par le rattrappe câble.

5. Ecartement des voies

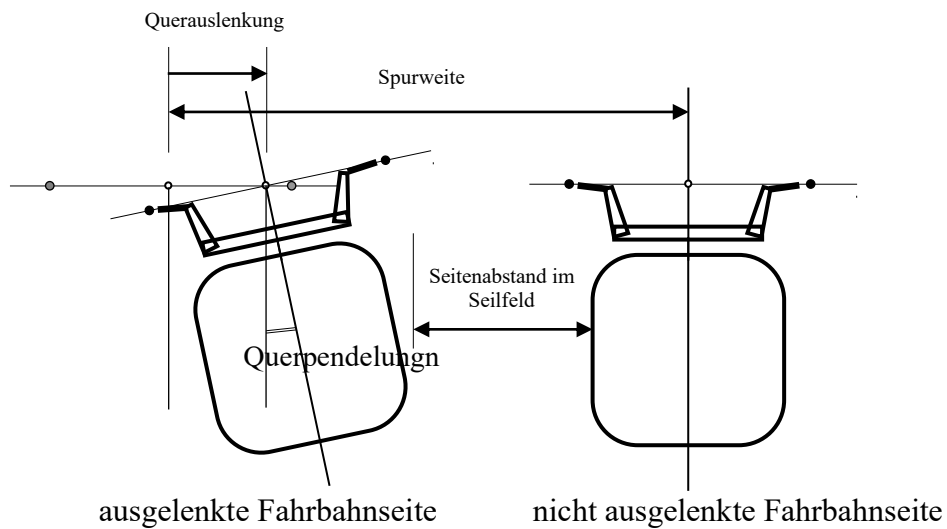
L'écartement des voies doit être déterminé en tenant compte de la condition de charge "en exploitation". Le gabarit libre doit être déterminé conformément à la règle définie au point 4, la valeur de la pression du vent à inclure dans le calcul étant choisie en tenant compte de la valeur de la vitesse du vent prévue dans le projet comme vitesse du vent permettant l'exploitation de l'installation.

Pour la vérification d'un écartement des voies suffisant le calcul doit être basée sur l'adoption d'une oscillation transversale d'un seul véhicule de 0,20 rad. Il est admis de s'écarter de cette règle si l'oscillation transversale est déterminée conformément à la **règle** indiquée au point 4.1.3.

Voir la note explicative en annexe.

Dans ce cas la plus petite oscillation transversale qu'il faut adopter comme hypothèse de calcul est une oscillation transversale de 0,15 rad.

L'hypothèse dont il faut tenir compte est que les câbles d'une des voies restent dans leur position normale et que seuls les câbles de l'autre voie sont déplacés par l'action du vent.



Querauslenkung

Spurweite

Seitenabstand im Seilfeld

Querpendelung

ausgelenkte Fahrbahnseite

nicht ausgelenkte Fahrbahnseite

déviations latérale

écartement des voies

distance latérale dans la portée

oscillation transversale

voie déviée

voie non déviée

Pour déterminer la déviation latérale des câbles provoquée par l'action du vent agissant sur une installation ayant des longueurs de cordes de portée supérieures à 400 m on peut effectuer le calcul en assumant l'hypothèse d'une pression de vent q_F qui s'exerce sur la longueur totale de la portée et en déterminant cette pression à partir de la longueur fictive de la portée L_F considérée à l'aide de l'équation suivante

$$q_F = q (L_F/L)^2$$

La longueur de portée fictive L_F est déterminée à partir de la longueur de la corde L (mètres) à l'aide de l'équation suivante

$$L_F = 240 + 0,4 L$$

q = pression du vent

L = longueur de la corde de la portée (m)

6. Trajet de sécurité à la sortie de la station

Sur les installations sur lesquelles aucun dispositif n'est placé après la point d'accouplement pour empêcher un véhicule mal couplé de quitter la station il faut prévoir un trajet de

sécurité ayant une longueur au moins égale à 1,2 fois la longueur de la distance d'arrêt. Sur toute la longueur du trajet de sécurité la pente maximale du câble au point d'attache du véhicule ne doit jamais être supérieure à 0,10 rad.

Il est admis de renoncer à ce trajet de sécurité lorsque

- le véhicule est attaché aux câbles par au moins quatre appareils de serrage, dont au moins deux sur chaque câble porteur-tracteur et
- le serrage des attaches est assuré par deux dispositifs mécaniques indépendants l'un de l'autre et
- la position relative des câbles et des appareils de serrage est imposée par des dispositifs de guidage mécaniques dans n'importe quel cas de dysfonctionnement, et
- lorsque la résistance au glissement de deux appareils de serrage est supérieure à 1,5 fois la composante de la force d'entraînement due à la pente d'un véhicule transportant sa charge utile entière en tenant compte des variations admissibles de la résistance au glissement déterminées par les conditions d'exploitation (variation du diamètre des câbles, usure des mors).

7. Coefficient de charge normale

Le coefficient de charge normale, soit le rapport entre la tension nominale du câble et la force normale agissant sur le câble ne doit jamais être inférieur à 15,0 dans le cas d'une attache simple et jamais inférieur à 11,0 dans le cas de deux attaches par câble.

Dans le cas des dispositifs d'accouplement avec deux attaches par câble la distance entre les centres des deux attaches doit être au moins égale à 1,0 m. Dans le cas contraire la force normale développée correspond à celle développée par une seule attache.

8. Surcharges résultant de la restriction imposée aux oscillations transversales

La voie formée par les deux câbles entrave la liberté d'oscillations des véhicules attachés aux câbles, et notamment les oscillations provoquées par l'action latérale du vent. La résistance de la voie engendre un couple de forces qui doit être pris en compte dans le calcul de dimensionnement des véhicules (dimensionnement des appareils de serrage, des chariots des attaches) et des appuis des câbles (galets, trains de galets, structures des supports de ligne) en tenant compte du vent d'exploitation à titre de valeur de référence déterminante de la charge du vent.

L'oscillation transversale provoquée par l'action du vent ne pouvant pas avoir lieu, il faut mettre en compte dans le calcul des constituants des véhicules et des appuis des câbles une surcharge Z qu'on détermine à partir de l'équation suivante

$$Z = \frac{W \cdot h}{e}$$

W	action horizontale et latérale de la force du vent agissant sur le véhicule (N)
h	distance entre le point d'application de la force du vent et le point de rotation des câbles
e	distance entre câbles

Le calcul des constituants des appuis des câbles doit être fait en tenant compte tant de cette surcharge, que de l'effet des véhicules qui se trouvent dans les portées adjacentes. Voir à ce sujet la note explicative en annexe.

9. Synchronisme des câbles

Le guidage des câbles qui avancent dans la même sens devrait être organisé dans la mesure du possible de sorte que les contraintes extérieures qui intéressent les câbles (par exemple frottement, forces dynamiques) agissent dans la même direction et ayant à peu près le même ordre de grandeur.

Des mesures techniques doivent être prises pour garantir ou surveiller le synchronisme des câbles. La détection d'une dérive du synchronisme doit déclencher l'arrêt de l'installation. Le temps de réaction toléré jusqu'à l'actionnement du dispositif de surveillance doit être pris en compte lors de la conception de l'installation (inclinaison du véhicule, prise en compte d'une charge additionnelle introduite dans les appareils de serrage dans les sens du câble).

10. Annexe

Note explicative du point 3.3.1

Le câble prend son plus grand angle d'incidence latéral sur support de ligne lorsque le véhicule se trouve juste devant le support

La composante tangentielle de l'angle d'incidence latéral résultant de l'action due à la charge du vent agissant sur les véhicules ($\tan \alpha_E$) peut être déterminée à partir de l'expression suivante

$$\tan \alpha_E = \frac{W \cdot n}{2L \cdot S_m} \cdot \left(L - \frac{a}{2} \cdot (n-1) \right)$$

dans laquelle

w	action latérale de la charge du vent agissant sur chaque véhicule (N)
L	longueur de la corde de la portée (m)
S _m	tension moyenne du câble dans la portée considérée (N)
a	intervalle entre véhicules (m)
n	nombre de véhicules dans la portée

La composante tangentielle de l'angle d'incidence latéral résultant de l'action de la charge du vent agissant sur un câble ($\tan \alpha_s$) peut être déterminée à partir de l'expression suivante

$$\tan \alpha_s = \frac{w \cdot L}{2S_m}$$

dans laquelle

w	charge horizontale du vent uniformément distribuée (N/m)
L	longueur de la corde de la portée (m)

S_m tension moyenne du câble dans la portée considérée (N)

La détermination de l'angle d'incidence latéral se fait par addition des deux composantes tangentiels.

Note explicative du point 4.1.2.

La déviation horizontale f_x des points respectifs du câble peut être déterminée à partir des expressions suivantes

$$f_x = \frac{W}{S_m} \cdot \left[\frac{x}{L} \cdot \left(n \cdot (L - b) - \frac{a \cdot n}{2} \cdot (n - 1) - \frac{a \cdot y}{2} \cdot (y + 1) \right) \right]$$

$$n = 1 + \text{int} \frac{x}{a} + \text{int} \frac{L - x}{a}$$

$$b = x - a \cdot \text{int} \frac{x}{a}$$

$$y = \text{int} \frac{x}{a}$$

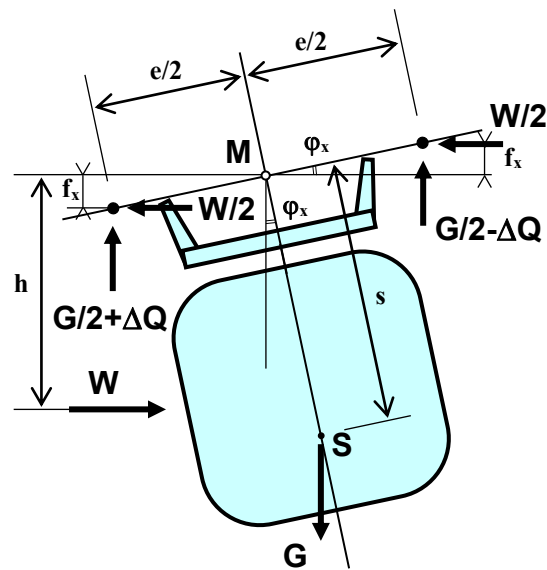
dans lesquelles

W	action latérale de la charge du vent agissant sur chaque véhicule (N)
S_m	tension moyenne de chaque câble de la portée
x	longueur de la corde entre le point considéré et le support de ligne
L	longueur de la corde de la portée
b	longueur du câble entre le premier véhicule qui se trouve dans la portée et le support de ligne i (m)
n	nombre de véhicules dans la portée
a	intervalle entre véhicules
y	nombre de véhicules entre le support de ligne i et le point considéré x

Note explicative du point 4.1.3

L'importance des oscillations transversales des véhicules dépend des caractéristiques de la portée considérée (tension du câble, longueur de la portée, nombre de véhicules dans la portée, intervalle entre les véhicules, distance entre les câbles d'une voie, masse des véhicules etc). Vu que la résistance opposée par la voie qui comprend les deux câbles parallèles varie d'un point à l'autre, l'inclinaison des véhicules φ_x dans le point considéré x de la portée peut être déterminée à partir de cette résistance à l'aide de l'équation suivante :

$$\sin \varphi_x = W \cdot h \cdot \left(\frac{2x \cdot (l - x)}{S_m \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot e^2 + 2G \cdot s \cdot x \cdot (l - x)} \right)$$



dans laquelle

$\sin \varphi_x$	composante sinus de l'oscillation transversale
W	action latérale et horizontale de la force du vent qui agit sur le véhicule (N)
h	distance entre le point d'application de la force du vent et le point de rotation des câbles
x	distance horizontale entre le point considéré du câble et le support de ligne (m)
l	longueur horizontale de la portée (m)
S_m	tension moyenne du câble dans la portée (N)
γ	angle d'inclinaison de la corde de la portée
e	distance entre câbles (m)
G	poids du véhicule vide (N)
s	distance entre point de gravité du véhicule vide et le point de rotation des câbles

Note explicative du point 8

La présence de plusieurs véhicules sur la même portée est prise en compte à l'aide des expressions suivantes qui tiennent compte des variations de la résistance de la voie d'un point à l'autre

$$\psi = \frac{1}{1 + \frac{2G \cdot s \cdot x \cdot (l - x)}{S_m \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot e^2}}$$

G	poids du véhicule vide (N)
-----	----------------------------

s	distance entre le point de gravité du véhicule vide et le point de rotation des câbles
x	distance horizontale entre le point considéré du câble et le support de ligne (m)
l	longueur horizontale de la portée (m)
S _m	tension moyenne du câble dans la portée (N)
γ	angle d'inclinaison de la corde de la portée
e	distance entre câbles (m)

La charge verticale appliquée au câble par chacun des véhicules varie en fonction de leur position dans la portée. Elle est déterminée à partir de l'expression suivante :

$$\Delta Q = \psi \cdot \frac{W \cdot h}{e}$$

dans laquelle

W	action latérale et horizontale de la force du vent agissant sur un véhicule (N)
h	Distance entre le point d'application de la force du vent et le point de rotation des câbles (m)
e	Distance entre câbles (m)