

Circulaire Ministérielle du 25 juillet 1991

Aux Préfets et DDE

Relative à la vérification à la fatigue des ouvrages de ligne des téléphériques bicâbles et monocâbles (étude COREM) et annexe.

**MINISTERE de L'EQUIPEMENT, du LOGEMENT,
des TRANSPORTS et de L'ESPACE**

LETTRE DU 25 JUILLET 1991

Référence: 642 91 / DT 2

**TELEPHERIQUES BICABLES ET MONOCABLES
VERIFICATION A LA FATIGUE DES OUVRAGES DE LIGNE**

[Précisée par lettre ministérielle MELTE du 18 novembre 1991]

[Précisée par lettre STRM 1071 91 / DT 2 du 5 décembre 1991]

Le Ministre à Monsieur le Préfet, Direction Départementale de l'Équipement,

A la suite des désordres constatés au cours de la saison 1986/1987 relatifs à des problèmes de tenue à la fatigue des ouvrages de ligne, deux actions ont été menées sur le parc existant:

- campagne de contrôle généralisée des assemblages existants, comportant:
 - un calcul à la fatigue basé sur les règles C.E.C.M. et sur des règles provisoires édictées en 1987.
 - une investigation sur le site permettant d'apprécier la qualité de réalisation de l'assemblage.
 - le cas échéant, des mesures de renforcement, remplacement, réparations.
- lancement d'un programme de recherche en 1988; visant à l'amélioration des connaissances sur la résistance à la fatigue des principaux types d'assemblages du parc existant.

Ce programme, appelé "étude C.O.R.E.M.", est actuellement quasi-achevé. Il est donc possible de définir des règles plus précises qu'en 1987 pour le calcul à la fatigue des assemblages, et de mettre ainsi à la disposition de la profession un véritable OUTIL DE VERIFICATION A LA FATIGUE, dans le but de QUALIFIER LE PARC EXISTANT.

Les principales conclusions de l'étude C.O.R.E.M., et les conséquences à tirer pour la gestion opérationnelle des pylônes existants, ont été exposées à la Commission des Téléphériques du 11 juillet 1991.

Lors de cette séance, il a été décidé que les résultats complets de l'étude C.O.R.E.M. d'une part (méthodes de calcul), et les mesures opérationnelles relatives au parc existant d'autre part (calculs, examen sur site, mesures correctives), feraient l'objet d'une circulaire ministérielle, voire, pour certaines règles de calcul, d'un arrêté ministériel, dont la teneur sera définie lors de la prochaine réunion de la Commission de Téléphériques, à l'automne.

En attendant ces textes, il a été également décidé de lancer rapidement une procédure de calculs visant les appareils jugés prioritaires vis-à-vis de la tenue à la fatigue des pylônes. C'est l'objet de la présente lettre.

1 Modalités d'évaluation de la tenue à la fatigue: résultats de l'étude C.O.R.E.M.

L'annexe récapitule les règles de calcul de l'étude C.O.R.E.M.

J'attire votre attention sur le domaine d'application, qui concerne à la fois le type de pylône et le type d'assemblage. L'étude C.O.R.E.M. s'est efforcée de couvrir la majorité des cas existants, mais ne saurait concerner la minorité de conceptions particulières qui s'éloignent trop des conceptions testées, et qui nécessitent donc des études particulières.

Je signale également que l'étude a mis en évidence l'importance des effets dynamiques dus au passage des véhicules sur les pylônes "compression" et leurs voisins immédiats (des mesures ayant été faites sur des pylônes "support" situés à proximité immédiate d'un pylône compression). Ces phénomènes constatés remettent en cause le modèle de calcul initial de 1987, notamment pour la valeur du "coefficient d'amplification dynamique D". En attendant les résultats d'une étude plus approfondie qui a été lancée cette année, également sous l'égide du C.O.R.E.M., il est proposé une règle provisoire.

En ce qui concerne les règles relatives aux géométries différentes de la géométrie "standard" telle que définie dans l'annexe (formule de correction, extrapolations), seuls les résultats connus définitivement à ce jour sont mentionnés. Certaines géométries particulières (goussets, "oreilles" de pied de pylône) ont fait l'objet de calculs, mais les résultats nécessitent encore une mise au point. Ces éléments complémentaires vous seront fournis ultérieurement. En attendant, des calculs aux éléments finis peuvent être effectués.

2 Calculs à effectuer en priorité

2.1 Appareils concernés - délais

En 1987, les pylônes tubulaires des appareils monocâbles pulsés ou va-et-vient, ou dont la capacité unitaire du véhicule est supérieure ou égale à 6 places (télécabines 6 pl., 10/12 pl., téléphériques débrayables 20/25 pl.) ont fait l'objet d'un calcul de vérification à la fatigue. Les calculs, conduits suivant les méthodes en vigueur en 1987, conduisaient à la détermination d'une "durée de vie" pour chaque pylône ainsi calculé.

Les pylônes tubulaires des appareils visés ci-dessus, dont les calculs effectués en 1987 conduisaient à une durée de vie résiduelle inférieure ou égale à 10 ans à compter du 1^{er} décembre 1991, devront faire l'objet:

- soit d'un calcul d'évaluation de la durée de vie, suivant les méthodes résultant de l'étude C.O.R.E.M.
- soit d'une décision de renforcement ou de remplacement avant la prochaine saison d'exploitation. Le dispositif de renforcement ou de remplacement devra lui aussi être justifié à la fatigue.

Ces opérations devront être effectuées avant le 1^{er} novembre 1991.

Les mesures consécutives aux résultats des calculs - examens sur site, surveillance, renforcements - seront précisées dans la circulaire ministérielle, qui définira également les délais relatifs aux calculs des autres appareils du parc existant (monocâbles 4 pl. ou moins, bicâbles).

Par ailleurs, un certain nombre d'assemblages concernés par le critère mentionné ci-dessus (durée de vie résiduelle inférieure ou égale à 10 ans) ont déjà été renforcés ou remplacés; ce renforcement ou ce remplacement doit être justifié à la fatigue.

2.2 Mode d'évaluation des durées de vie

- assemblages appartenant au domaine d'application défini en annexe: application des règles contenues dans l'annexe.

- autres assemblages: justification spécifique, par les méthodes habituelles (calculs aux éléments finis, extensométrie par exemple).

2.3 Organisme calculateur

L'évaluation de la durée de vie des assemblages sera effectuée par un organisme disposant d'un logiciel de vérification des pylônes à la fatigue qui intègre en particulier un programme de calcul de ligne en charges concentrées, et ayant l'expérience de ce type de calculs. Le choix de cet organisme sera soumis à l'accord du service du contrôle, qui en informera le S.T.R.M.

ANNEXE A LA LETTRE DU 25 JUILLET 1991

RECAPITULATIF DES RESULTATS DE L'ETUDE C.O.R.E.M. REGLES POUR L'EVALUATION DES DUREES DE VIE

Préambule: Définition du concept "durée de vie"

La "durée de vie" d'une structure représente l'intervalle de temps (exprimé généralement en nombre de cycles) au cours duquel la probabilité de ruine de la structure est inférieure à un seuil fixé en fonction de l'exigence globale de sécurité de cette structure.

Dans le cas des assemblages des pylônes de remontées mécaniques, cette probabilité de ruine est fixée à 0,0001 (1 pour 1000); cette valeur est directement liée à l'"indice de sécurité" dont la valeur est alors voisine de 3,8.

De plus, les règles de calcul ayant été établies à partir d'échantillons statistiques, les résultats sont donc affectés d'un "taux de confiance", qui a été pris égal à 75 %.

Cette formulation probabiliste est conforme aux dépouillements effectués dans le cadre de l'Eurocode 3.

1 Domaine d'application

Les règles de calcul définies ci-dessous concernent:

- pour les courbes de résistance à la fatigue et coefficients correctifs associés: assemblage "tubes emboîtés dans des brides"; géométrie de base + variantes dimensionnelles telles que définies au paragraphe 3.2. Cet assemblage équipe les liaisons fût-fût, fût-massif, fût-potence des pylônes tubulaires des appareils monocâbles et bicâbles de tous types.

- évaluation des charges et probabilisation globale:

Sur les pylônes monofût:

- 1) les assemblages précités
- 2) les assemblages classifiés (ou soumis à la méthode du point chaud) dans les recommandations C.E.C.M. ou EUROCODE, sur des appareils soumis au type de chargement défini dans l'étude (paragraphe 2.1).

2 Chargement

2.1 Histogrammes de taux d'occupation

- évaluation du rapport TF = fréquentation réelle / fréquentation théorique (à partir des comptages antérieurs)

- si TF = 0,3, comptage de l'histogramme "standard" suivant:

- * 15 % du temps à pleine charge en montée
- * 30 % du temps à mi-charge en montée
- * 55 % du temps à vide en montée
- * cabines vides en descentes (sauf cas particuliers, voir ci-après)

- si TF 0,3, calcul d'un coefficient
$$p = \frac{1 + 18TF}{6,4}$$

Ce coefficient p divise la durée de vie calculée à partir de l'histogramme "standard".

- **cas où le trafic descente est significatif:**

- appareils monocâbles à mouvement unidirectionnel continu (où les trafics "montée" et "descente" sont rarement simultanés): les temps d'occurrence des trafics "montée" et "descente" sont sommés, puis on applique la démarche précédente, TF provenant de cette sommation.

- appareils pulsés et va-et-vient (et appareils à mouvement unidirectionnel continu où les trafics "montée" et "descente" sont fréquemment simultanés): à définir au cas par cas.

- **cas où les modes d'exploitation été/hiver** sont très différents: calculs séparés, les dommages étant sommés en fin de calcul.

2.2 Détermination des efforts sollicitant le pylône à la fatigue

Les efforts variables s'exerçant en tête du pylône seront déterminés à partir d'un calcul de ligne en charge concentrée, en faisant varier la position du véhicule sur le câble, suivant un pas adapté à la configuration de la ligne.

2.3 Coefficient d'amplification dynamique

Pylônes "compression", "support-compression", et "support" situés à moins de 10 m. d'un pylône "compression": $D = 2$ à défaut de justifications particulières.

Tous les autres pylônes: $D = 1,2$; toutefois, lorsque des vibrations importantes sont constatées, cette valeur devra être majorée sur la base d'une étude particulière.

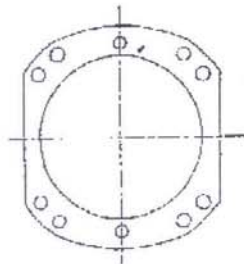
3 Courbes de résistance à la fatigue

3.1 Courbe "de base"

Fût: diamètre 508 mm

Bride: épaisseur 25 mm

Boulons: fût/fût: 8 boulons uniformément répartis
fût/potence: 10 boulons répartis comme suit:



Résistance à 2 millions de cycles: 25 MPa
(variation de contrainte nominale)

Pente unique $m = 4,5$

Limite de troncation à 100 millions de cycles

3.2 Autres géométries (règles provisoires)

Pour d'autres dimensions de l'assemblage par tubes emboîtés dans des brides, la résistance (variation de contrainte nominale à 2 millions de cycles) sera obtenue en divisant la résistance de base (25 MPa) par le facteur G calculé comme suit (règle provisoire):

$$G = \left[\frac{t}{6} \right]^{0,46} \left[\frac{25}{e} \right]^{1,11} \left[\frac{l}{l_0} \right]^{0,38} \left[\frac{d}{56} \right]^{0,10} \left[\frac{D}{508} \right]^{0,21}$$

Dans cette formule:

- t désigne l'épaisseur du tube,
- e désigne l'épaisseur de la bride,
- L désigne la distance curviligne moyenne (mesurée le long de la circonférence joignant les centres des boulons), entre deux boulons adjacents,

Remarque: dans le cas de boulons non uniformément répartis, on procédera de la manière suivante:

* cas testé dans l'étude C.O.R.E.M. (cf. schéma en 3.1 ci-dessus): le coefficient correctif est égal à 1.

* autre cas: on applique la formule, L étant obtenu en divisant la longueur de la circonférence reliant les boulons par le nombre de boulons.

- d désigne la distance radiale entre la paroi extérieure du tube et le centre d'un boulon,
- désigne le diamètre du tube,

Toutes les dimensions sont exprimées en mm.

La résistance $C = 25/G$ ainsi obtenue peut être arrondie à la première décimale la plus proche (en MPa).

Domaine de validité de la formule (1):

- compris entre 508 et 1008 mm,
- t compris entre 6 et 12 mm,
- e compris entre 16 et 40 mm,
- nombre de boulons compris entre 8 et 20,
- distance curviligne moyenne entre boulons (L) comprise entre 120 et 250 mm,
- distance radiale entre paroi extérieure du tube et boulons (d) inférieure à 140 mm.

Conditions d'extrapolation (règles provisoires):

Lorsque l'un au moins des paramètres ci-dessus s'écarte de la borne la plus proche d'une fourchette de 20 % au plus, on pourra utiliser la formule (1) en majorant le facteur G obtenu de 10 % (multiplication par 1,1). Pour des écarts plus importants, on recourra à d'autres sources d'information ou à un calcul par éléments finis.

3.3 Coefficients partiels de sécurité

- assemblages étudiés dans l'étude C.O.R.E.M.: $\gamma_M = 1,35$

- autres assemblages, soit classifiés dans les règles C.E.C.M. ou EUROCODE 3, soit faisant l'objet de la méthode "point chaud": $\gamma_M = 1,35$.

Ces coefficients sont basés sur:

- un indice de sécurité égal à 3,8
- le type de chargement défini en 2 ci-dessus.