

**Ordonnance
sur les exigences de sécurité des funiculaires
(Ordonnance sur les funiculaires)**

du 17 juin 1991 (Etat le 7 mai 2004)¹

Le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication,

vu l'article 51 de l'ordonnance sur les installations de transport à câbles du 10 mars 1986 (Etat le 5 décembre 2000)²,

arrête:

1. La révision de l'ordonnance sur les funiculaires entre en vigueur le 15 mai 2004.
2. L'autorité de surveillance (Office fédéral des transports) est chargée de l'exécution.

7 mai 2004

DEPARTEMENT FEDERAL
DE L'ENVIRONNEMENT, DES TRANSPORTS,
DE L'ENERGIE ET DE LA COMMUNICATION

Leuenberger

¹ Le texte de la présente ordonnance n'est pas publié dans le recueil des lois fédérales; des exemplaires de l'ordonnance peuvent être obtenus auprès de l'OFCL, Diffusion publications, CH-3003 Berne.

² Le texte peut être consulté sous www.bav.admin.ch
RS 743.12

1 Dispositions générales

101 Objet et domaine d'application

Le présent règlement, en application de l'ordonnance sur les installations de transport à câbles, contient les dispositions de sécurité particulières pour la construction, l'exploitation et la maintenance des funiculaires.

102 Définitions

- .1 Les funiculaires sont des installations dont les véhicules sont mis en mouvement par un câble tracteur et se déplacent sur une voie fixe, en règle générale des rails, entre les stations motrice et de renvoi par inversion du sens de marche. Les véhicules doivent en règle générale être fermés.
- .2 La terminologie donnée dans l'annexe 4 est applicable à la présente ordonnance.

103 Prescriptions complémentaires

- .1 Outre les prescriptions de la présente ordonnance, sont applicables les prescriptions selon les articles 5 et 27 de l'ordonnance sur les installations de transport à câbles ainsi que les règles reconnues de la technique.
- .2 Parmi celles-ci sont applicables en particulier:
 - .2.1 les prescriptions d'Electrosuisse sur les installations électriques intérieures³, par analogie,
 - .2.2 les recommandations d'Electrosuisse sur les installations de protection contre la foudre³,
 - .2.3 Les prescriptions de sécurité d'Electrosuisse sur les systèmes de rail conducteur³,
 - .2.4 la norme SIA 160 Actions sur les structures porteuses⁴,
 - .2.5 la norme SIA 161 Constructions métalliques⁴,
 - .2.6 la norme SIA 161/1 Constructions métalliques-Assurance qualité, certificats d'exploitation, contrôles, matériaux⁴,
 - .2.7 la norme SIA 162 Ouvrages en béton⁴,
 - .2.8 la norme SIA 162/1 Ouvrages en béton – Essais des matériaux⁴

³ Electrosuisse, Luppenstrasse 1, 8320 Fehraltldorf

⁴ Editeur: Société suisse des ingénieurs et architectes, Burglistrasse 29, 8400 Winterthur
Fournisseur: Schwabe und CO. AG, Postfach, 4312 MuttENZ

- .2.9 la norme SIA 164 Constructions en bois⁴,
- .2.10 la recommandation SIA V177 Maçonnerie⁴,
- .2.11 la recommandation SIA V178 Maçonnerie de pierre⁴,
- .2.12 la recommandation SIA 183 La protection contre l'incendie⁴,
- .2.13 la recommandation SIA V191 Tirants d'ancrage précontraints⁴,
- .2.14 la norme SIA 358 Garde-corps⁴,
- .2.15 la norme SIA 469 Conservation des ouvrages⁴,
- .2.16 la norme SN 521500 Constructions adaptées aux handicapés⁵,
- .2.17 la norme SN 214061, Examen et surveillance des soudeurs⁶,
- .2.18 la norme DIN 15018 "Krane" (Grundsätze für Stahltragwerke, Berechnung)⁶,
- .2.19 les directives VDI 2230 feuille 1 "Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen"⁶,
- .2.20 la norme DIN 3990 partie 1 "Grundlagen für die Tragfähigkeitsberechnung von Gerade- und Schrägzahnstirnrädern"⁶,
- .2.21 les normes DIN 1691 "Gusseisen mit Lamellengraphit"⁶,
- .2.22 les normes DIN 1693 "Gusseisen mit Kugelgraphit"⁶,
- .2.23 Les documents de construction pour les têtes avec culot à serrage par cône⁷.

⁵ A commander à: Procap Association suisse des invalides, Case postale, 4601 Olten

⁶ A commander à: Schweizerische Normen-Vereinigung, Postfach, 8032 Zürich

⁷ A commander à Schweizerische Technische Fachschule Winterthur STF
Schlosstalstrasse 139, 8408 Winterthur

104 Dérogations aux prescriptions

- .1 En cas de dérogations aux dispositions de la présente ordonnance, il faut justifier que la sécurité, au sens de cette ordonnance, est assurée.
- .2 L'Office fédéral des transports (Office fédéral) statue lorsque des dispositions comprennent la remarque "dans des cas justifiés", "le cas échéant" etc..
- .3 Les nouveaux développements techniques non régis par les dispositions de la présente ordonnance exigent que l'on apporte la preuve qu'ils satisfont, par analogie, aux exigences de sécurité de cette ordonnance.
- .4 L'Office fédéral peut autoriser des allègements par rapport à l'ordonnance lorsque des funiculaires existants ont une vitesse de marche inférieure ou égale à 3,5 m/s et que leur tracé est simple (chiffre 311.1).

2 Documents à présenter et justifications

21/22 Documents à présenter pour l'approbation des plans

211 Généralités

- .1 L'approbation des plans pour les installations fixes se base sur l'article 18 de la loi du 20 décembre 1957⁸ sur les chemins de fer et par l'ordonnance du 2 février 2000⁹ sur la procédure d'approbation des plans pour les installations ferroviaires (OPAPIF). La décision d'approbation des plans de l'Office fédéral tient lieu d'autorisation de construire.
- .2 Pour l'approbation des plans de construction et d'expropriation des installations fixes, les documents seront présentés de façon appropriée selon l'article 3 OPAPIF.
- .3 Le profil en long, le plan de situation, les plans d'ensemble des stations et des véhicules, le plan d'utilisation de l'installation, le concept d'exploitation, le rapport technique, le rapport de sécurité et l'organisation de la construction doivent être signés par les organes autorisés par l'installation de transport à câbles. L'Office fédéral peut exiger la signature d'autres documents lorsque d'autres autorisés doivent se prononcer à ce sujet. Pour la procuration écrite pour des tiers, voir l'article 8, alinéa 2, de l'ordonnance sur les installations de transport à câbles.
- .4 Les documents seront présentés avec une liste complète et avec le nombre suivant d'exemplaires:
 - .4.1 les documents mentionnés aux chiffres 213, 214, 219, 220, 221, 222, 223, 224 et 227 en 7 exemplaires,
 - .4.2 les autres documents en 5 exemplaires,
 - .4.3 eu égard aux exigences de la procédure d'approbation des plans à effectuer, l'Office fédéral peut fixer un autre nombre d'exemplaires.
- .4 Pour évaluer la demande d'approbation des plans, l'Office fédéral peut exiger d'autres documents qui ne font toutefois pas l'objet d'un examen dans le cadre de cette approbation.

⁸ RS 742.101

⁹ RS 742.142.1

212 Présentation des documents

- .1 Les plans, schémas, documents et calculs seront présentés au format A4 (210x297 mm) ou être pliés selon ce format. Ils seront être datés et porteront la désignation officielle de l'installation et le nom de l'auteur.
- .2 Les plans et les schémas seront numérotés et intitulés. Les correspondances entre les diverses parties de l'installation devront être facilement reconnaissables.
- .3 La direction nord-sud sera indiquée sur tous les plans de situation et sur tous les vues en plan des bâtiments.
- .4 Les données sur la hauteur de la voie (nivelette) se rapporteront exclusivement au niveau supérieur des rails.
- .5 Les calculs seront complets et présentés clairement. Les hypothèses de charge, les modèles de calcul et les justifications devront apparaître clairement et être faciles à vérifier.

213 Plan de situation

Il faudra présenter les plans de situation, comprenant:

- .1 les emplacements avec les coordonnées des stations et l'axe de la ligne;
- .2 les distances horizontales en cas de voisinage avec d'autres installations de transport, routes et obstacles (bâtiments, rochers, etc.);
- .3 les indications nécessaires pour évaluer les voisinages, les parallélismes ou les croisements avec des lignes électriques selon le chapitre 3 de l'ordonnance du 30 mars 1994 sur les lignes électriques (OLEI)¹⁰.

214 Profil en long et coupes transversales

- .1 Il faudra présenter le profil en long à l'échelle 1:1'000, comprenant:
 - .1.1 la hauteur de la voie avec l'indication des cotes d'altitude du terrain et du projet;
 - .1.2 les indications en hectomètres;
 - .1.3 les pentes en pour mille, l'indication des changements de pente et des rayons de raccordement;

¹⁰ RS 734.31

- .1.4 la longueur horizontale, la longueur oblique et la dénivellation des tronçons du tracé, avec une pente identique ou la même courbe prise dans le plan vertical;
- .1.5 les tronçons en courbe avec les longueurs des courbes et des alignements;
- .1.6 la position et le genre d'ouvrages d'art (ponts, remblais, tunnels, etc.);
- .1.7 les distances verticales lors de croisements avec d'autres installations de transport, des routes ainsi que des lignes électriques;
- .1.8 le passage sur des conduites enterrées (gaz, conduite d'eau sous pression, etc.).
- .2 Les coupes transversales seront représentées à l'échelle 1:100 où figureront toutes les cotes nécessaires. Pour les profils transversaux caractéristiques, l'échelle 1:200 est suffisante.

215 Profil d'espace libre

Il faudra présenter les dessins justificatifs du profil d'espace libre correspondant aux véhicules en ligne, ainsi que dans les stations et à l'évitement.

216 Calcul du câble

Il faudra présenter le calcul du câble avec:

- .1 les données techniques des câbles (genre de construction, formule de câblage, diamètre nominal des fils et des câbles, résistance mécanique nominale des fils, charge de rupture calculée et charge de rupture minimale, masse au mètre linéaire, état de surface des fils, nature de l'âme);
- .2 les justifications selon les dispositions correspondantes des chapitres suivants:
 - .2.1 les tensions minimales et maximales des câbles;
 - .2.2 la fixation des câbles tracteurs;
 - .2.3 les dispositifs de mise en tension et les courses des câbles en présence d'un câble tracteur inférieur;
 - .2.4 les forces dues aux câbles et les forces de frottement agissant sur les appuis;
 - .2.5 les coefficients de frottement nécessaires à la poulie motrice avec les caractéristiques des garnitures;
 - .2.6 les puissances nominale et de pointe des moteurs d'entraînement;

- .2.7 les contraintes d'enroulement pour les poulies motrices à plusieurs gorges;
- .2.8 les tensions et les forces tangentielles du câble tracteur (tensions en fonction de la dénivellation, diagramme des forces tangentielles);
- .2.9 la décélération de l'installation en cas de freinage et en cas d'arrêt sur la lancée, pour tous les cas de charge;
- .2.10 la tendance au soulèvement du câble tracteur en cas de tracé concave;
- .2.11 l'effort de freinage du frein de du véhicule (chiffre 413.6);
- .2.12 les charges extrêmes des roues en tenant compte de la masse propre, de la charge utile, des pentes du tracé, des courbes du tracé, du vent (chiffre 702.4), du frein du véhicule.

217 **Parties mécaniques**

Si ces parties ne ressortent pas des plans selon les chiffres 220 ou 221, il faudra présenter des dessins d'ensemble pour:

- .1 l'entraînement principal, l'entraînement auxiliaire ou de secours;
- .2 le cas échéant les dispositifs de mise en tension, avec les guidages et les butées;
- .3 l'équipement de la ligne (évitement, galets, glissières, dispositifs de maintien du câble, etc.).

218 **Installations électriques**

Il faudra présenter:

- .1 le concept des dispositifs électriques de l'installation, comprenant des indications sur:
 - .1.1 le système de la partie puissance (moteur principal d'entraînement, coupure de l'énergie, etc.);
 - .1.2 les systèmes des dispositifs et des fonctions de sécurité (vue d'ensemble);
 - .1.3 les systèmes de télésurveillance;
 - .1.4 la commande de l'entraînement auxiliaire ou de secours;
- .2 s'ils ne sont pas présentés suffisamment dans les plans selon le chiffre 220, des dessins indiqueront:
 - .2.1 les emplacements des principaux du matériel électrique (interrupteurs principal et de l'installation, machines électriques, armoires de commutation, poste de commande, etc.);

- .2.2 les emplacements des dispositifs d'arrêt d'urgence (chiffre 625) et du déclenchement du frein de sécurité (chiffre 526.3);
- .3 les schémas d'ensemble pour:
 - .3.1 la structure générale;
 - .3.2 la commande de l'entraînement;
 - .3.3 les dispositifs et fonctions de sécurité;
 - .3.4 l'installation de télésurveillance;
 - .3.5 les autres dispositifs de sécurité (p.ex. surveillances de la zone d'entrée);
- .4 les indications sur les dispositifs de sécurité électriques, comprenant:
 - .4.1 le genre et la désignation du type des systèmes ou dispositifs utilisés;
 - .4.2 le cas échéant, l'utilisation concluante dans d'autres installations de transport à câbles;
- .5 le cas échéant, les homologations disponibles: certificats avec rapports de certification ou d'examen.

219 Véhicules

Il faudra présenter les dessins d'ensemble avec l'indication des cotes principales et l'indication des masses pour:

- .1 le véhicule, les diverses parties (châssis avec l'écartement, empattement et diamètre des roues, frein du véhicule, fixation du câble tracteur, postes de commande, portes, etc.);
- .2 le cas échéant, les véhicules pour le transport de marchandises (véhicule poussé ou remorqué).

220 Stations

Il faudra présenter:

- .1 le plan d'utilisation et de sécurité;
- .2 les plans d'ensemble des stations et des arrêts intermédiaires (vues en plan, coupes, façades) à l'échelle d'au moins 1:100, comprenant
 - .2.1 les points de référence du profil en long
 - .2.2 les fondations ou les ancrages;
 - .2.3 la salle de commande, respectivement poste de surveillance;
 - .2.4 tous les autres locaux servant à l'exploitation (salle des machines, local du transformateur, atelier, salle d'attente, etc.);
 - .2.5 la position des câbles tracteurs, des poulies et galets correspondants;

- .2.6 les entrées et les sorties pour les passagers et les autres voies de communication;
- .2.7 le véhicule au point d'arrêt;
- .2.8 l'emplacement des fosses pour les véhicules et leurs accès.

221 Superstructure et infrastructure

Il faudra présenter

- .1 le plan d'utilisation et de sécurité;
- .2 les plans sur:
 - .2.1 l'aménagement général de la superstructure et de l'infrastructure;
 - .2.2 l'aménagement du dégagement de service.

222 Ouvrages d'art

Il faudra présenter:

- .1 les plans d'utilisation et de sécurité;
- .2 les plans d'ensemble.

223 Plan d'utilisation de l'installation et concept d'exploitation

Il faudra présenter le concept du plan d'utilisation de l'installation, y compris le concept d'exploitation, indiquant:

- .1 la durée de vie prévue;
- .2 les conditions d'utilisation et le type d'exploitation;
- .3 les hypothèses de charges;
- .4 toutes les influences environnementales pertinentes.

224 Rapport technique

Il faudra présenter le rapport technique avec des indications sur:

- .1 les données techniques de l'installation et ses principaux éléments;
- .2 l'aménagement, l'emplacement, l'affectation et le fonctionnement des principaux éléments du système (à savoir les stations, la ligne, la voie, le système de mise en tension, les véhicules, l'entraînement et les freins);
- .3 les matériaux, installations et équipements prévus pour les bâtiments des stations (descriptif);
- .4 les homologations déjà disponibles pour des éléments du système.

225 Rapport de sécurité

Il faudra présenter le rapport de sécurité, comprenant:

- .1 la présentation des risques que la construction et l'exploitation de l'installation entraînent pour les personnes et l'environnement, avec:
 - .1.1 les risques acceptables;
 - .1.2 les mesures prises pour se protéger des risques non acceptables;
- .2 les indications sur le respect des prescriptions à observer dans le cadre des documents soumis pour l'approbation des plans, avec:
 - .2.1 les éventuelles dérogations, y compris les justifications correspondantes;
 - .2.2 les mesures prises pour garantir, même avec les dérogations, la sécurité telle qu'elle est définie par les prescriptions.

226 Organisation de la construction

- .1 Il faudra présenter des indications sur les responsabilités exercées lors de la construction de l'installation, notamment pour:
 - .1.1 l'entreprise de transport à câbles;
 - .1.2 les ingénieurs chargés du projet (pour le profil en long, le calcul des câbles);
 - .1.3 les ingénieurs civils et la direction des travaux;
 - .1.4 les constructeurs de l'équipement mécanique et la direction du montage;
 - .1.5 les constructeurs de l'équipement électrique;
 - .1.6 les experts, ainsi que les services de contrôle et d'évaluation de la conformité.

227 Expertises ou rapports

- .1 Il faudra présenter des expertises ou des rapports sur les influences environnementales et sur leur prise en compte lors de la planification, notamment en ce qui concerne:
 - .1.1 la qualité du sol de construction;
 - .1.2 les conditions du vent et de la neige;
 - .1.3 les avalanches et le risque de chute de pierres;
 - .1.4 le risque de gel;
 - .1.5 les dangers d'incendie.
- .2 Les expertises ou les rapports doivent être établis par des spécialistes.

228 Programme de livraison

Il faudra présenter le programme de livraison des justifications qui selon l'article 32, al. 3, de l'ordonnance sur les installations de transport à câbles, sont indispensables pour l'octroi de l'autorisation d'exploiter (chiffres 232 – 242).

23/24 Documents à présenter pour l'autorisation d'exploiter

231 Généralités

- .1 Les documents seront présentés avec le nombre d'exemplaires suivant:
 - .1.1 les documents selon les chiffres 232,233 et 235, en deux exemplaires,
 - .1.2 les autres documents, en un exemplaire.
- .2 Les calculs seront complets et présentés clairement. Les hypothèses de charge, les modèles de calcul et les justifications devront apparaître clairement et être faciles à vérifier.
- .3 Dans les calculs de résistance, il faut indiquer les numéros des dessins et les matériaux avec les propriétés mécaniques déterminantes. Les propriétés mécaniques déterminantes sont:
 - .3.1 la résistance à la traction;
 - .3.2 la limite apparente d'élasticité (limite $\sigma_{0,2}$);
 - .3.3 l'allongement à la rupture;
 - .3.4 le cas échéant, la résilience;
 - .3.5 le cas échéant, la résistance à la fatigue.
- .4 Dans les dessins d'atelier, il faudra indiquer clairement les procédures de soudure selon les normes pertinentes.
- .5 Les dessins d'atelier et les plans de construction seront complétés par des listes de pièces. Dans ces documents, les matériaux seront désignés selon les normes pertinentes.
- .6 Le chiffre 212 sera observé en ce qui concerne la présentation des documents.

232 Dossier de sécurité

- .1 Il faudra présenter le dossier de sécurité selon l'article 33 de l'ordonnance sur les installations de transport à câbles.
- .2 Les justifications de l'exécution conforme aux prescriptions, mentionnées à l'annexe 3, chiffre 3b, de l'ordonnance sur les installations de transport à câbles, comprennent les parties mentionnées aux chiffres 234-241. L'Office fédéral peut exiger d'autres documents lorsqu'ils sont nécessaires pour examiner l'exhaustivité du dossier de sécurité et l'ampleur des rapports des experts.
- .3 Les parties déjà présentées du dossier de sécurité doivent être mises à jour et complétées sur la base des connaissances acquises lors de la construction de l'installation.
- .4 Le dossier de sécurité et tous les documents y relatifs doivent être conservés par l'entreprise de transport pendant toute la durée de vie de l'installation.

233 Rapports des experts

- .1 Il faudra présenter les rapports des experts indépendants sur les contrôles qu'ils ont effectués selon l'annexe 3, alinéa 4, de l'ordonnance sur les installations de transport à câbles. Ces rapports comprennent:
 - .1.1 la vérification du plan d'utilisation et de sécurité, les mises à jour fondées sur les connaissances acquises lors de l'exécution de la construction sont à prendre en considération;
 - .1.2 la vérification des plans, des justifications des parties portantes et de la résistance à la fatigue des pièces de construction dont la défaillance peut constituer un danger immédiat pour la vie et l'intégrité corporelle. En font partie
 - .1.2.1 pour l'équipement mécanique, les parties visées aux chiffres 234.4.1 et 237.2.1 à .2.3;
 - .1.2.2 pour les installations fixes, les parties visées aux chiffres 238, 240, et 241;
 - .1.3 l'examen de nouveaux dispositifs de sécurité qui n'ont pas encore fait leurs preuves dans les installations existantes. Il peut s'agir
 - .1.3.1 pour l'équipement mécanique, des nouveaux systèmes selon le chiffre 234.3.1;
 - .1.3.2 pour l'équipement électrique, des nouveaux systèmes selon le chiffre 236;
 - .1.4 les attestations ad hoc;

- .1.5 les interfaces concernées.
- .2 Le constructeur devra confirmer la conformité des justifications contrôlées par les experts avec les éléments installés.
- .3 La directive de l'Office fédéral du 1^{er} février 2002 sur le recours aux spécialistes devra être observée.
- .4 Le contrôle par des experts ne remplace pas la propre évaluation de la conformité par le constructeur.

234 Parties mécaniques

Il faudra présenter:

- .1 les dessins d'ensemble avec les dimensions principales pour:
 - .1.1 l'entraînement principal, l'entraînement auxiliaire ou de secours;
 - .1.2 les freins, y compris leurs dispositifs de commande;
 - .1.3 les dispositifs de mise en tension, avec les guidages et les butées;
 - .1.4 les constructions empêchant les déraillements du câble hors des poulies;
 - .1.5 la balustrade des quais avec les portes de quais;
 - .1.6 l'équipement de la ligne (évitement, galets, guide-câbles, glissières, dispositifs de maintien du câble, etc.);
- .2 les dessins de détail avec listes des pièces – pour autant qu'ils soient nécessaire pour la vérification du dossier de sécurité, à la compréhension du fonctionnement et l'évaluation de la maintenance - pour:
 - .2.1 les poulies et galets de câbles, y compris leurs arbres et leurs axes, ainsi que les paliers;
 - .2.2 les disques de frein, mâchoires et tringleries de frein;
 - .2.3 les attaches et les culots;
 - .2.4 les dispositifs de mise en tension et les constructions des contrepoids;
 - .2.5 les constructions des butées (butoirs de fin de ligne, butoir du contrepoids);
 - .2.6 les guide-câble et les dispositifs de maintien du câble;
- .3 les dessins, le cas échéant avec descriptions,
 - .3.1 d'où ressort la fonction des dispositifs de sécurité mécaniques. En font partie les dispositifs pour
 - .3.1.1 la surveillance de la vitesse (chiffre 526.4.1);
 - .3.1.2 le maintien de la force de tension des câbles (chiffre 574.4);

- .3.1.3 la surveillance de l'entrée (chiffre 526.4.2);
- .3.2 d'où ressortent l'emplacement et l'actionnement des dispositifs de sécurité mécaniques, ainsi que des autres interrupteurs importants pour la sécurité, dans la mesure où ceux-ci n'apparaissent pas dans les dessins selon les chiffres 217 et 220.2;
- .4 les calculs de résistance, le cas échéant, avec les bases de dimensionnement pour:
 - .4.1 les éléments cités au chiffre 234.2;
 - .4.2 l'arbre du réducteur lorsque la poulie motrice est montée en porte-à-faux;
 - .4.3 l'ancrage du réducteur lorsqu'il est soumis à des forces dues au câble.

235 Dispositifs hydrauliques ou pneumatiques

Il faudra présenter:

- .1 les schémas avec des listes de pièces, respectivement des légendes, pour:
 - .1.1 les entraînements;
 - .1.2 les freins;
 - .1.3 les dispositifs de mise en tension.

236 Installations électriques

Il faudra présenter:

- .1 des schémas avec des listes de pièces, respectivement des légendes, pour:
 - .1.1 les entraînements et les commandes, ainsi que les dispositifs de sécurité ad hoc;
 - .1.2 l'installation de télésurveillance;
 - .1.3 la télécommande;
 - .1.4 le téléphone de service;
 - .1.5 l'amenée de courant aux véhicules
 - .1.6 les dispositifs de sécurité supplémentaires;
- .2 les documents de programmation pour les dispositifs de sécurité programmables;
- .3 sur demande de l'Office fédéral, les schémas de détail et les plans des dispositifs de sécurité électriques individuels, les calculs, les descriptions, les rapports d'examen et les justifications.

237 Véhicules

Il faudra présenter:

- .1 les dessins d'ensemble avec les dimensions principales pour:
 - .1.1 l'ensemble du véhicule, avec le véhicule poussé ou remorqué;
 - .1.2 le châssis;
 - .1.3 le frein du véhicule avec les dispositifs de déclenchement;
 - .1.4 la fixation du câble tracteur;
 - .1.5 de la caisse du véhicule, (avec portes, fenêtres et ouvertures);
 - .1.6 l'emplacement du dispositif de mesure de la charge;
 - .1.7 l'amenée de courant aux véhicules;
- .2 les plans de détail avec les listes des pièces, pour autant qu'ils soient nécessaires à la vérification des calculs, à la compréhension du fonctionnement ou à la maintenance - pour:
 - .2.1 toutes les parties de la fixation du câble tracteur;
 - .2.2 les parties portantes et les liaisons du châssis et de la caisse du véhicule;
 - .2.3 les roues et les axes;

- .2.4 les éléments essentiels du frein du véhicule, y compris les dispositifs de déclenchement, les caractéristiques des ressorts de frein et de déclenchement, ainsi que les dispositifs pour l'étagement, la commande ou la régulation de la force de freinage;
- .2.5 les sécurités pour empêcher le renversement du véhicule;
- .2.6 le profil des rails de roulement et de freinage, des crémaillères;
- .2.7 les dispositifs d'ouverture, de fermeture et de guidage des portes;
- .3 les justifications:
 - .3.1 les calculs de résistance concernant les parties visées aux chiffres 237.2.1 - .2.4;
 - .3.2 l'énergie de choc des véhicules dans les stations selon le chiffre 542;
 - .3.3 la stabilité au renversement du véhicule lors du fonctionnement du frein du véhicule (chiffre 702.4.3);
 - .3.4 la masse pesée des différentes parties du véhicule (châssis, frein du véhicule, caisse entièrement équipée, véhicule poussé ou remorqué);
 - .3.5 pour le frein du véhicule: la pression des mâchoires en fonction de leur usure; le frottement interne et le temps de fermeture.

238 Stations

Il faudra présenter:

- .1 des plans d'ensemble indiquant:
 - .1.1 les forces dues aux câbles et au vent, en service et hors service, ainsi que les charges utiles,
 - .1.2 les efforts apparaissant aux points de fixation lors de la détente des câbles ou du démontage de parties de l'installation;
- .2 les plans d'ensemble de tous les éléments porteurs (fondations, ancrages, couvertures et parois, toits, constructions métalliques, etc.) avec les listes des matériaux correspondantes;
- .3 les justifications de la sécurité structurale et de l'aptitude au service des éléments porteurs.

239 Superstructure

Il faudra présenter:

- .1 les plans de détail et les indications sur les ancrages et les dilatations (article 14 de l'ordonnance sur les projets de construction de chemins de fer);
- .2 les justifications de la sécurité structurale et de l'aptitude au service des éléments porteurs.

240 Infrastructure

Il faudra présenter:

- .1 les profils transversaux normaux, munis de toutes les cotes nécessaires;
- .2 les calculs statiques du sol.

241 Ouvrages d'art

Il faudra présenter

- .1 les plans d'exécution de toutes les parties portantes (fondations, ancrages, constructions en acier, etc.), y compris les listes de matériel correspondantes;
- .2 les justifications de la sécurité structurale et de l'aptitude au service des éléments porteurs.

242 Attestations

Il faudra présenter des attestations sur:

- .1 les propriétés mécaniques des câbles selon l'ordonnance du 13 décembre 1993 sur les exigences de sécurité des câbles des installations de transport à câbles;
- .2 les propriétés mécaniques (résistance à la traction, limite apparente d'élasticité, allongement à la rupture et, le cas échéant, résilience):
 - .2.1 des arbres et des axes des poulies de câble,
 - .2.2 des parties portantes des véhicules,
 - .2.3 des manchons des câbles,
 - .2.4 des mâchoires des freins du véhicule,
 - .2.5 des rails;

-
- .3 l'absence de fissures externes et internes (avec indication de la méthode d'examen):
 - .3.1 des arbres et des axes des poulies de câble, à l'état de fini,
 - .3.2 des cordons de soudure portants des véhicules (seulement l'absence de fissures externes),
 - .3.3 des manchons des câbles,
 - .3.4 des mâchoires des freins de chariot,
 - .3.5 des parties portantes coulées des véhicules;
 - .4 des éléments de construction dont la défaillance peut constituer un danger immédiat pour la vie et l'intégrité corporelle;
 - .5 l'essai de charge des véhicules (chiffre 702.6-9), dans la mesure où de tels certificats n'existent pas déjà pour des constructions équivalentes;
 - .6 l'essai de charge des ponts, uniquement sur demande de l'Office fédéral.

3 Prescriptions générales de construction

31 Tracé

311 Axe de la ligne et rayons des courbes

- .1 Il faut choisir autant que possible un tracé rectiligne et une pente uniforme.
- .2 Les rayons des courbes seront choisis aussi grands que possible. Ils doivent correspondre au moins à $2 \cdot v^2$ m et ne doivent pas, en règle générale, être inférieurs à 100 m.
 v = vitesse de marche en m/s
- .3 L'appui du câble tracteur doit être garanti même si le tracé est concave (chiffre 443).

312 Evitement

- .1 La longueur de l'évitement doit tenir compte:
 - .1.1 de la longueur des véhicules, le cas échéant avec les véhicules poussés ou remorqués,
 - .1.2 de la variation de la longueur des câbles,
 - .1.3 de l'entrée en action du frein du véhicule à l'endroit le plus défavorable, la distance selon le chiffre 322.1.4 pouvant être réduite.
- .2 Le chiffre 313.2.1 doit être observé.

313 **Accessibilité à la ligne**

- .1 L'accès à la ligne doit être si nécessaire (chiffres 341.2.2 et 924.5.2) autant que possible empêché.
- .2 Pendant les heures d'exploitation, la ligne doit pouvoir aussi être empruntée par les voyageurs sur toute sa longueur au moins d'un côté (dégagement de service). Il faudra en outre respecter les points suivants:
 - .2.1 Le dégagement de service sera aménagé de manière que les voyageurs se trouvant dans les véhicules bloqués puissent les quitter à n'importe quel endroit de la ligne, même dans la zone de l'évitement
 - .2.2 Dans des cas justifiés, le dégagement de service dans les tunnels et les galeries existants peut être remplacé par un dégagement de fuite si des niches y sont placées à des intervalles ne dépassant pas 25 m;
 - .2.3 En cas de danger de chute, le dégagement de service sera muni d'une balustrade;
 - .2.4 Le dégagement de service sera antidérapant. Il sera conçu sous forme d'escalier, sauf dans les cas justifiés.

32 Distances et profil d'espace libre

321 Gabarit limite des installations fixes

- .1 Le gabarit limite est déterminé par le contour des véhicules, les parties sous tension et l'encombrement cinématique.
- .2 Pour les mesures de largeur, il faut généralement prendre en considération:
 - .2.1 les déviations du véhicule dans les courbes;
 - .2.2 le jeu latéral du véhicule;
 - .2.3 le jeu de l'écartement de la voie;
 - .2.4 les tolérances de construction (véhicules, voie, etc.);
 - .2.5 sans études plus précises, il faut admettre également pour les tronçons rectilignes au moins 0,05 m de chaque côté pour l'encombrement cinématique.
- .3 Pour les mesures de hauteur, il faut généralement prendre en considération:
 - .3.1 la position du véhicule dans le plus petit rayon de raccordement vertical;
 - .3.2 la suspension du véhicule;
 - .3.3 les mouvements de tangage;
 - .3.4 les tolérances de construction (véhicules, voie, etc.);
 - .3.5 sans études plus précises, il faut admettre également pour les tronçons à pente uniforme en haut et en bas au moins 0,05 m pour l'encombrement cinématique.

322 Espaces de sécurité

- 1 Le long de la ligne, notamment près des obstacles (murs de soutènement, bâtiments, tunnels, mâts, etc...), il faut respecter les valeurs minimales suivantes pour les espaces de sécurité par rapport au gabarit limite (dessin selon l'annexe 4, chiffre 11.7.5)
 - .1.1 Dégagement de service, sur une hauteur d'au moins 2 m au-dessus de la surface horizontale $b_D = 0,6 \text{ m}$
 - .1.2 Dégagement d'évacuation, sur une hauteur d'au moins 2 m au-dessus de la surface horizontale $b_S = 0,3 \text{ m}$
 - .1.3 Dégagement à la hauteur des fenêtres, jusqu'au bord du toit
 - .1.3.1 pour les fenêtres qui peuvent être ouvertes normalement $b_F = 0,3 \text{ m}$
 - .1.3.2 pour les fenêtres qui ne peuvent être ouvertes que sur 0,2 m $b_F = 0,2 \text{ m}$
 - .1.4 entre les véhicules qui se croisent $0,4 \text{ m}$
- .2 Dans les tunnels, les galeries et sous les ponts, il faut prévoir, en sus du profil d'espace libre, un espace de 0,2 m en hauteur et sur les côtés pour les interventions techniques. Dans des cas justifiés (p. ex. conditions géologiques stables, faible écoulement d'eau), l'Office fédéral peut réduire cette dimension.
- .3 La distance de sécurité électrique concernant les parties sous tension est déterminée par le chiffre 618.7.

323 Empiètements

- .1 Les empiètements locaux (p. ex. mâts de la ligne de contact, signaux) sont autorisés dans le dégagement de service. Le chiffre 313.2.1 sera observé.
- .2 Les empiètements le long du tracé de la ligne (p. ex. pour la surface horizontale, les conduites de tout genre) doivent être aménagés en dehors du profil d'espace libre et être éloignés d'au moins $b_L = 0,1 \text{ m}$ du gabarit limite.

324 Protection du tracé

Aucun arbre, mât ou construction ne doit se trouver près du tracé s'il ne peut pas résister suffisamment au vent et aux intempéries et s'il risque de tomber sur le funiculaire.

33 Voisinages, parallélismes et croisements

331 Voisinages, parallélismes et croisements avec des routes

- .1 En cas de voisinages et de parallélismes, il faut respecter une distance d'au moins 1,5 m entre le gabarit vertical des véhicules et le bord de la route. Le tracé du funiculaire doit être nettement délimité par rapport à la route. Des dispositifs de protection seront installés lorsque des véhicules routiers peuvent tomber sur le tracé du funiculaire.
- .2 En principe, les croisements à niveau avec les routes et les chemins ne sont pas autorisés.

332 Voisinages, parallélismes et croisements avec des lignes électriques

- .1 Sont applicables les prescriptions de l'ordonnance du 30 mars 1994 sur les lignes électriques (OLEI)¹¹.
- .2 En cas de voisinages, de parallélismes ou de croisements avec des lignes électriques, celles-ci ne doivent pas perturber les installations électriques du funiculaire.

¹¹ RS 734.31

333 Voisinages, parallélismes et croisements avec des téléphériques et des téléskis

- .1 En cas de voisinage ou de parallélisme, le profil d'espace libre de l'autre installation doit avoir une distance de 1,5 m au moins par rapport au gabarit limite des installations fixes (chiffre 321). Par ailleurs:
 - .1.1 pour les téléphériques, il faut admettre que leurs câbles peuvent dérailler avec une déviation de 0,20 rad (20 pour cent) de la verticale ou que leurs câbles et leurs véhicules oscillent latéralement de cette déviation avec la flèche maximale;
 - .1.2 pour les téléskis, la largeur du profil d'espace libre du télésiège doit dépasser d'au moins 10 m des deux côtés les câbles porteurs-tracteurs pendant à la verticale si aucun dispositif de protection n'est installé.
- .2 En cas de croisements avec des téléphériques, les véhicules et les câbles desdits téléphériques doivent, avec la plus grande flèche dynamique et 10% de surcharge, avoir une distance d'au moins 1,5 m par rapport au toit du véhicule, à ses superstructures ou à la ligne de contact.

334 Voisinages, parallélismes et croisements avec d'autres installations

En cas de voisinage, de parallélisme et de croisements avec d'autres installations (p. ex. plans d'eau publics ou privés, conduites d'eau ou de gaz et autres installations similaires), il faut respecter les ordonnances applicables et les spécifications des constructeurs.

34 Vitesse de marche

341 Vitesse de marche

- .1 Pour fixer la vitesse de marche qui ne doit pas, en général, dépasser 10m/s, il faudra considérer:
 - .1.1 la marche sûre et tranquille des véhicules;
 - .1.2 la conception et la puissance des freins de l'entraînement et du véhicule;
 - .1.3 l'état de la voie;
 - .1.4 les rayons des courbes (chiffre 311.2).
- .2 Des vitesses de marche dépassant 3,5 m/s sont autorisées lorsque:
 - .2.1 toutes les répercussions de la vitesse la plus élevée sont prises en compte;
 - .2.2 l'accès à la ligne est empêché aux personnes non autorisées;
 - .2.3 le frein de sécurité agit sur la poulie motrice (chiffre 526.1);
 - .2.4 les caisses des véhicules sont dotées d'une suspension adéquate.
- .3 La vitesse de marche ne doit pas dépasser 5m/s lorsque les stations ne sont pas desservies par du personnel (chiffre 924.4.2) ou que les véhicules ne sont pas accompagnés (chiffre 924.5.5). Une vitesse plus élevée peut être admise si toute la ligne est protégée (p. ex. tracé en tunnel).
- .4 Lorsque les vitesses de marche dépassent 6 m/s, les câbles tracteurs seront contrôlés par un circuit de surveillance (chiffre 671.3) (application selon l'annexe 1, chiffre 5.1.2).
- .5 La plus petite vitesse de marche surveillée dépend de la distance entre le butoir de la station (chiffre 542) et le point d'arrêt normal.
- .6 La vitesse de marche doit, sauf dans les cas justifiés, pouvoir être réglée progressivement. Par ailleurs, il faudra observer les points suivants:
 - .6.1 elle devra pouvoir être dépassée d'au moins 20% en vue de l'essai de déclenchement des freins par survitesse;
 - .6.2 elle pourra atteindre 2 m/s au maximum lorsque:
 - .6.2.1 un ou plusieurs dispositifs de sécurité sont pontés,
 - .6.2.2 la régulation ou la commande de la force de freinage est mise hors service,

- .6.3 lors de l'exploitation avec la commande de substitution, elle dépendra des dispositifs de sécurité en état de fonctionner (annexe 1).

- .7 Avec l'entraînement auxiliaire ou de secours, la vitesse de marche sera limitée à 2 m/s. Des vitesses plus élevées sont admissibles lorsque les dispositifs de sécurité, selon l'annexe 1, colonne commande de substitution (CS), ainsi que les freins de service et de sécurité sont à même de fonctionner.

4 Hypothèses de charge, câbles et calcul des câbles**41 Hypothèses de charge****411 Masse des personnes**

La masse d'une personne sera comptée à 80 kg.

412 Accélération et décélération

- .1 L'accélération au démarrage avec charge à la montée sera admise à 1,2 fois la valeur réelle mais au moins égale à $0,3 \text{ m/s}^2$.
- .2 La décélération moyenne au freinage, avec charge à la descente, atteindra au moins:
 - .2.1 $0,5 \text{ m/s}^2$ en cas de régulation de la force de freinage;
 - .2.2 $0,6 \text{ m/s}^2$ sans régulation de la force de freinage; en dehors des zones d'entrée, $0,4 \text{ m/s}^2$ suffit pour le frein de sécurité.
- .3 La décélération moyenne provoquée par le frein de service pourra atteindre au maximum $1,5 \text{ m/s}^2$ avec charge à la montée (chiffre 525.2).

413 Frottement

- .1 Pour justifier la transmission de force sur la poulie motrice (chiffre 423), les coefficients de frottement suivants seront admis:

| | | statique ¹² | dynamique ¹³ |
|------|---|------------------------|-------------------------|
| .1.1 | pour les gorges en acier ou en fonte | 0,07 | 0,07 |
| .1.2 | pour les garnitures en caoutchouc, les matières synthétiques, etc. | 0,2 | 0,22 |
| .1.3 | pour les garnitures douces en aluminium (durété Brinell $\leq 500 \text{ N/mm}^2$) | 0,2 | 0,2 |

¹² statique = en mouvement uniforme

¹³ dynamique = au démarrage respectivement au freinage chiffre 412.1, .2)

- .2 Pour le calcul du câble, il faudra admettre, au moins, les résistances suivantes dues au frottement:
 - .2.1 galets de câble:
 - sans garniture: 1 pour cent de la charge sur les galets,
 - avec garniture: 3 pour cent de la charge sur les galets;
 - .2.2 roues du véhicule: 2 pour cent de la charge sur les roues
 - .2.3 poulies de câble:
 - avec paliers à rouleaux: 0,3 pour cent de la force sur les paliers,
 - avec paliers lisses: 1 pour cent de la force sur les paliers;
 - .2.4 chariot de tension: 1 pour cent des forces normales sur les guidages.
- .3 Pour les pinces et les plaques de serrage en acier, il faudra admettre un coefficient de frottement de 0,16.
- .4 Pour les fixations à tambour, il faudra admettre les coefficients de frottement suivants:

| | |
|--|-------|
| appui sur bois ou matière synthétique: | 0,11 |
| appui sur tôle: | 0,08. |
- .5 Lorsque l'effort normal des mâchoires du frein du véhicule est produit par la rotation des roues du véhicule, le coefficient de frottement nécessaire entre la roue et le rail ne doit pas dépasser 0,08. Le chiffre 220.3.6 doit être observé pour les charges des roues.
- .6 Pour les freins du véhicule agissant sur des rails, les coefficients de frottement nécessaires pour déterminer la force de pression des mâchoires (μ_{\min}) et le dimensionnement des véhicules (μ_{\max}) doivent être fixés d'entente avec l'Office fédéral.

414 Vent

- .1 Pour la sollicitation résultant des forces dues au vent, il faut tenir compte de ce qui suit:
 - .1.1 pour les installations fixes: le vent maximum selon le chiffre 103.2.4 (norme SIA 160);
 - .1.2 pour les véhicules avec
 - .1.2.1 l'installation en service: le vent limite en exploitation avec une pression dynamique de $q_{\text{red}} = 0,25 \text{ kN/m}^2$;
 - .1.2.2 l'installation hors service: la pression dynamique prévue au chiffre 414.1.1.

- .2 Pour les emplacements comportant des conditions de vent extraordinaires (p. ex. implantation au sommet ou sur l'arête d'une montagne, pentes et emplacements dans des creux ou sur des bosses), ainsi que pour les installations qui doivent être utilisées avec des forces de vent élevées, la valeur de la pression dynamique sera fixée d'entente avec l'Office fédéral. Les indications concernant les forces maximales des vents enregistrées près des stations de mesure peuvent être obtenues auprès de l'Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse)¹⁴.
- .3 S'il n'existe pas de résultats d'essais en soufflerie pour le calcul des forces dues au vent, il faut admettre les coefficients suivants:
- .3.1 Caisses des véhicules
à angles droits $c_1 = 1,3$
à angles arrondis $c_1 = 1,3 - \frac{2r}{l}$
 l = longueur de la caisse, r = rayon de l'arrondi
- .3.2 Le tableau pour les treillis plans selon chiffre 103.2.4 (norme SIA 160) est applicable aux constructions ajourées (ponts en treillis).
- .3.3 En règle générale, le coefficient de réduction pour l'élanement peut être fixé à $C_{red} = 1,0$.
- .3.4 Pour les autres coefficients, il faut observer le chiffre 103.2.4 (norme SIA 160).

415 Coefficient dynamique

Pour tenir compte des irrégularités de la voie et du matériel roulant, il faut, pour dimensionner les ouvrages d'art, multiplier les charges par essieu d'un véhicule chargé par le coefficient dynamique $\Phi = 1,2$.

416 Neige

- .1 Aux altitudes inférieures à 2000 m, la charge de neige s par mètre carré de surface recouverte en projection horizontale sera déterminée d'après la formule: $s = \left[1 + \left(\frac{h_0}{350} \right)^2 \right] \cdot 0,4 \text{ [kN/m}^2] \geq 0,9 \text{ [kN/m}^2]$
 h_0 = altitude du site en m, d'après le chiffre 103.2.4 (norme SIA 160)

¹⁴ Office fédéral de météorologie et de climatologie
Service de climatologie
Krähenbühlstrasse 58
8044 Zürich

- .2 Dans des conditions particulières - sites à une altitude supérieure à 2000 m ou sites dans des régions réputées être particulièrement enneigées ou dépourvues de neige - les charges de neige seront fixées en accord avec l'Office fédéral.
- .3 Les données sur les influences des avalanches et des coulées de neige peuvent être obtenues auprès de l'Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches¹⁵.
- .4 Pour les véhicules stationnés en plein air, il faut admettre que la hauteur de neige sur le toit du véhicule atteint 0,5 m avec une charge volumique de 4kN/m³.
- .5 Pour les ouvrages d'art, il ne faut pas, en règle générale, admettre la présence simultanée de la charge de la neige et de la charge due au trafic.

417 (Pas de prescriptions pour ce type d'installation)

418 Actions accidentelles

- .1 Les actions accidentelles doivent être prises en considération au sens du chiffre 103.2.4 (norme SIA 160) et conformément aux situations de risque dans les valeurs de dimensionnement de la sollicitation.
- .2 Les valeurs représentatives des actions accidentelles ci-après sont applicables:
 - .2.1 1,3 fois la force de freinage du frein du véhicule (chiffre 712) avec les forces des roues qui en résultent;
 - .2.2 1.1 fois les forces résultant des avalanches et des coulées de neige (chiffre 416.3);
 - .2.3 1.1 fois les forces d'impact sur les butoirs des stations (chiffre 542);
 - .2.4 1.1 fois les forces d'impact du chariot de tension ou du contrepoids;
 - .2.5 1.1 fois les forces résultant des charges en l'état de construction;
 - .2.6 1.1 fois les forces résultant de la chute de câbles électriques (pour le dimensionnement des constructions de protection).
- .3 Les actions accidentelles à prendre en considération doivent, en règle générale, être fixées en accord avec l'Office fédéral et, éventuellement, avec les intéressés.

¹⁵ Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches ENA
7660 Davos

419 Terrain de fondation

Lors de la fixation des valeurs nominales pour le dimensionnement, il faut tenir compte de la dispersion des valeurs nominales du sol, des valeurs indicatives des caractéristiques du terrain, de la mise en danger aux abords de la construction et du modèle de calcul.

42 Câbles et calcul des câbles, généralités

421 Coefficient de sécurité à la traction et diminution de section admissible

- .1 Le coefficient de sécurité à la traction des câbles neufs, c'est-à-dire le rapport de la charge de rupture effective à la tension maximale du câble doit être au moins de 6 en mouvement uniforme. En cas d'entrée en action du frein du véhicule, le coefficient de sécurité à la traction peut descendre à la valeur minimale de 3 dans le câble tracteur inférieur.
- .2 En cas de circonstances défavorables (danger de chutes de pierres, tracé sinueux, danger accru de corrosion), le coefficient de sécurité à la traction doit être au moins de 8.
- .3 La diminution de section par suite de cassures de fils, ainsi que par usure ou rouille, ne devra pas dépasser, sur la longueur déterminante de $40 \cdot d$, les valeurs suivantes:
 - .3.1 pour un coefficient de sécurité à la traction < 8 : 20 pour cent
 - .3.2 pour un coefficient de sécurité à la traction ≥ 8 : 25 pour cent $d = \text{diamètre du câble}$
- .4 En cas de tracé concave, il faut observer le chiffre 443.
- .5 Pour les nouveaux câbles de tension, le coefficient de sécurité à la traction doit être au moins de 5,5.

422 Diamètre des galets, des poulies et des tambours

- .1 Le diamètre des galets, poulies et tambours munis de garnitures tendres et destinés aux câbles tracteurs et de tension devra avoir, mesuré au milieu du câble, les valeurs minimales suivantes:

| Type de câble | Nombre de fois le diamètre du câble | Nombre de fois le diamètre ou la hauteur du fil extérieur |
|---------------------------------------|-------------------------------------|---|
| câble tracteur | | |
| galets | 8 | -- |
| poulie, tambour de treuil | 80 | 800 |
| sabot de déviation | 160 | -- |
| tambour d'amarrage | 22 | -- |
| câble de tension | | |
| poulie avec câble en mouvement | 40 | 800 |
| poulie ou tambour avec câble immobile | 20 | -- |
| cosses | 7 | -- |

- .2 Les garnitures sont considérées comme tendres si elles ont un module d'élasticité de 10 kN/mm^2 au maximum.
- .3 Pour les galets, poulies et tambours non munis de garnitures, les valeurs du chiffre 422.1 seront augmentées de 25 pour cent.
- .4 Pour les poulies et les galets non munis de garnitures, le rayon de la gorge sera égal à 0,51 - 0,54 fois le diamètre du câble.
- .5 Pour les galets de câble munis de garnitures tendres, l'angle de déviation est admis jusqu'à concurrence de 0,1 rad (10 pour cent).
- .6 Pour les galets de câble non munis de garnitures, l'angle de déviation est admis jusqu'à concurrence de 0,05 rad (5 pour cent).

423 Transmission de force sur la poulie motrice

- .1 Les valeurs extrêmes des tensions du câble (T_1 = grande tension, T_2 = petite tension), les forces tangentielles maximales ($U = T_1 - T_2$) et les plus grands rapports des tensions du câble T_1/T_2 seront justifiés dans les cas de charge suivants:
- .1.1 véhicules vides, respectivement chargés des deux côtés, en mouvement uniforme;
- .1.2 charge à la montée, en mouvement uniforme;
- .1.3 charge à la montée et démarrage selon le chiffre 412.1;

- .1.4 charge à la descente, en mouvement uniforme;
- .1.5 charge à la descente et freinage selon le chiffre 412.2.
- .2 Pour les justifications selon le chiffre 423.1, il faudra tenir compte des résistances dues au frottement (chiffre 413.2), des forces engendrées par les dispositifs entraînés par le câble tracteur et, en mouvement non-uniforme, des forces d'inertie des masses suivantes:
- .2.1 masse des câbles tracteurs,
- .2.2 masse des véhicules,
- .2.3 masse des personnes ou des charges,
- .2.4 masse des éléments en rotation entraînés par le câble, avec $m_{\text{réd}} = 2/3$ de la masse effective.
- .3 Les coefficients de frottement exigés seront justifiés à l'aide de la formule $\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\beta}$, pour les cas de charge selon les chiffres 423.1.2, 1.3 et .1.5. Ils ne dépasseront pas les valeurs admissibles (chiffre 413.1).
 e = base des logarithmes naturels
 μ = coefficient de frottement (chiffre 413.1)
 β = enroulement du câble en unités d'arc
- .4 La pression exercée par le câble sur la garniture devra être justifiée d'après la formule $\rho = \frac{3 \cdot T_m}{d \cdot D}$.
 Elle ne dépassera pas la valeur donnée par le fabricant de la garniture.
 $T_m = \frac{T_1 + T_2}{2}$;
 d = diamètre du câble,
 D = diamètre de la poulie.

43 (Pas de prescriptions pour ce type d'installation)

44 Câbles tracteurs

441 Calcul des tensions et des forces d'appui des câbles

Pour les câbles tracteurs, il faudra justifier en mouvement uniforme:

- .1 les tensions du câble en ligne et dans les stations pour les cas de charge correspondant aux chiffres 423.1.1, .1.2 et .1.4, sur toute la longueur de l'installation;
- .2 la force d'appui la plus grande et la plus petite sur les galets.

442 Tension minimale du câble

- .1 La tension minimale du câble devra être suffisamment grande pour éviter un déclenchement intempestif du frein du véhicule par détente de câble (chiffre 712.2.1) en exploitation normale.
- .2 Si la tension requise du câble ne peut être respectée, il faut installer un câble tracteur inférieur.
- .3 Un dispositif de surveillance de la tension du câble (interrupteur actionné en cas de détente du câble) sera installé dans la station motrice. Il arrêtera l'entraînement lorsque la tension du câble descend en-dessous de la valeur minimale nécessaire pour l'exploitation (application selon annexe 1, chiffre 2.15).

443 Soulèvement du câble des galets

Il faut justifier par des calculs que le câble tracteur ne se soulèvera pas des galets lors de la plus grande décélération provoquée par le frein de sécurité.

45 Rails et crémaillères

451 Rails

- .1 Le type de rail dépendra
 - .1.1 de la charge (chiffre 220.3.6),
 - .1.2 de la position sur les traverses,
 - .1.3 du mode d'action du frein du véhicule.
- .2 La fixation des rails sur les traverses doit pouvoir supporter toutes les forces qui se manifestent, notamment celles du frein du véhicule.

452 Crémaillères

- .1 Pour les véhicules dotés de frein agissant sur une crémaillère, celle-ci doit pouvoir transmettre l'effort du frein sur les traverses.
- .2 Sur tous les tronçons, les crémaillères doivent avoir au moins un coefficient de sécurité à la rupture de 5 par rapport à la plus grande charge de la dent. L'usure admissible en exploitation ne doit pas:
 - .2.1 entraver les conditions d'engrènement, ni la sécurité au déraillement des véhicules;
 - .2.2 réduire le coefficient de sécurité à la rupture des dents de plus de 30 pour cent.

5 Prescriptions particulières de construction pour les parties mécaniques

51 Généralités

511 Poste de commande

- .1 Il faudra prévoir un poste de commande dans la station motrice. Celui-ci sera disposé de telle sorte que l'on puisse apercevoir le mieux possible:
 - .1.1 l'approche des véhicules arrivant en station;
 - .1.2 l'embarquement et le débarquement des voyageurs.
- .2 L'entraînement auxiliaire et l'entraînement de secours doivent en principe pouvoir être commandés à partir du poste de commande.
- .3 Le local de commande offrira assez de place; il devra être protégé en principe contre le bruit.
- .4 Le local de commande sera chauffé.
- .5 En outre, le chiffre 642 sera pris en considération.

512 Equipements hydrauliques

Prescriptions générales

- .1 Les équipements hydrauliques seront dimensionnés, construits et exploités de façon que soit garanti le fonctionnement sûr des dispositifs qu'ils commandent, règlent ou entraînent, sans affecter de manière inadmissible les autres parties de l'installation (par exemple, encrassement par de l'huile).
- .2 Les équipements seront protégés par des soupapes de surpression réglables. Par rapport à cette surpression, les conduites et les raccords présenteront un coefficient de sécurité d'au moins 3, et les autres parties de l'installation, un coefficient d'au moins 1,5.
- .3 Les systèmes hydrauliques devront pouvoir être purgés de manière simple.
- .4 La position des vannes d'arrêt et des robinets inverseurs sera surveillée, si un danger ne peut être exclu en cas de position incorrecte.
- .5 Un refroidissement, respectivement un réchauffage, suffisant des équipements hydrauliques sera garanti.

- .6 Les équipements hydrauliques seront disposés de façon que les accumulations d'eau ou la formation de glace ne puissent entraver leur bon fonctionnement.
- .7 La chute de pression ne sera pas gênée de façon inacceptable par des chicanes dans la conduite de retour, ou par un rapport défavorable entre la section et la longueur de la conduite. En outre, il faudra observer les points suivants:
 - .7.1 en cas de nécessité, des conduites de retour séparées seront prévues pour les circuits hydrauliques importants du point de vue de la sécurité;
 - .7.2 seuls les filtres largement dimensionnés, avec soupape bypass, sont autorisés dans les conduites de retour;
 - .7.3 le dispositif de déclenchement de la survitesse mécanique sera équipé d'une conduite de retour séparée.
- .8 Lorsque des capteurs de pression sont utilisés pour les réglages ou les mesures, la mesure de la pression ne sera pas influencée par le débit d'huile (par exemple, raccordement à des cylindres). Pour les contrôles, il faudra prévoir des prises de pression adéquates.
- .9 Les conduites et les transducteurs des circuits hydrauliques seront caractérisés de façon appropriée.

Freins

- .10 Pour les freins maintenus ouverts par voie hydraulique, il faudra observer en outre les points suivants:
 - .10.1 la génération de pression (y compris la source d'énergie) pour l'entraînement auxiliaire, respectivement de secours, sera séparée complètement de celle de l'entraînement principal; en cas de défaillance de cette génération de pression, la mise en service de l'entraînement principal, respectivement auxiliaire ou de secours, doit pouvoir être assurée à l'aide d'une pompe à main adéquate;
 - .10.2 les circuits hydrauliques des divers freins seront au moins séparés entre le générateur de pression et le réservoir d'huile;
 - .10.3 une baisse de pression dans le circuit hydraulique d'un frein ne devra pas provoquer en même temps une baisse de pression inadmissible dans le circuit hydraulique de l'autre frein;
 - .10.4 lors de l'utilisation de l'entraînement auxiliaire, respectivement de secours, il n'est pas permis d'employer pour l'actionnement des freins, les mêmes vannes que celles de l'entraînement principal; lorsque les vannes sont doublées et qu'elles peuvent servir à volonté soit pour l'entraînement principal, soit pour l'entraînement auxiliaire, respectivement de secours, il suffira d'avoir assez de pièces de rechange en réserve;

- .10.5 le système hydraulique devra pouvoir être dépressurisé à l'aide d'une vanne manuelle;
- .10.6 l'action des freins doit être provoquée par une chute de pression dans le circuit hydraulique correspondant; en même temps, la conduite sous pression sera fermée ou étranglée suffisamment; les systèmes de régulation des forces de freinage font exception à la règle; lorsqu'un circuit de repos hydraulique doit être interrompu par les transducteurs (vannes) d'un circuit de repos et d'un circuit de travail (chiffre 656.3), cette prescription sera également respectée si l'un des deux transducteurs prend une position incorrecte;
- .10.7 dans le cas de freinage avec charge à la descente (chiffre 423.1.5) dans la zone d'entrée en station, la pression résiduelle garantira une réserve de régulation suffisante; dans le cas de charge à la descente à la position la plus défavorable, la pression résiduelle sera au plus égale à 30 pour cent de la pression existante quand les mâchoires de frein commencent à toucher les surfaces de freinage;
- .10.8 la contre-pression du frein sera détectée sur chaque frein par deux pressostats séparés; sur l'entraînement auxiliaire, respectivement de secours, un seul pressostat par frein suffit;
- .10.9 il faut s'assurer que lors de la commutation sur un autre mode d'entraînement ou sur une ouverture de secours (chiffre 527.1.2), les freins ne peuvent pas s'ouvrir automatiquement; les accumulateurs pour l'ouverture de secours seront sans pression après la commutation;
- .10.10 la pression dans les cylindres de frein sera indiquée de manière bien visible.

Transmission de force

- .11 Pour la transmission hydraulique de la force de l'entraînement auxiliaire ou de secours, il faudra observer en outre les points suivants:
 - .11.1 avec la charge déterminante (chiffre 523.3), l'installation doit en principe pouvoir être arrêtée et démarrée sans à-coups dans les deux sens;
 - .11.2 lors de l'actionnement des freins (chiffre 523.5), sauf cas justifiés, la chute de pression dans la transmission hydraulique de la force sera provoquée automatiquement;
 - .11.3 les réfrigérants d'huile seront largement dimensionnés; on tiendra compte de l'endroit d'implantation, de la charge et de la durée d'utilisation (chiffre 523.3).

Dispositifs de mise en tension

- .12 Pour les dispositifs de mise en tension hydraulique, il faudra observer en outre les points suivants:
 - .12.1 en cas d'utilisation de deux vérins tendeurs, les guidages du chariot et des vérins tendeurs seront prévus pour tenir compte d'une défaillance d'un vérin tendeur;
 - .12.2 la pompe et la section des conduites seront dimensionnées pour une vitesse de piston de 0,3 m/mn, si les conditions d'exploitation n'exigent pas une vitesse plus grande.
 - .12.3 les vérins tendeurs seront munis de soupape antiretour permettant de limiter à 1m/mn la vitesse du piston;
 - .12.4 la course du piston des vérins tendeurs pouvant être déplacés longitudinalement sera au moins égale à la somme de la course pour la mise en tension selon le chiffre 572.2 et du déplacement longitudinal minimal du vérin tendeur;
 - .12.5 la tension du câble doit pouvoir être réglée. La soupape y relative doit aussi pouvoir être actionnée manuellement;
 - .12.6 la pression dans les vérins sera indiquée de manière bien visible;
 - .12.7 les tensions de câble (chiffre 574.1) seront surveillées par un dispositif complet de mesure (chiffre 614.8) (application selon l'annexe 1, chiffre 2.7);
 - .12.8 Il faudra prévoir une pompe à main, avec laquelle le dispositif de mise en tension pourra être actionné manuellement dans tous les cas de charge.
 - .12.9 la tension excessive du câble sera évitée au moyen d'une soupape de surpression avec une conduite de retour séparée; leurs sections seront adaptées au débit de la pompe;
 - .12.10 le système hydraulique devra pouvoir être dépressurisé à l'aide d'une vanne manuelle;
 - .12.11 les vérins tendeurs présenteront un coefficient de sécurité d'au moins 1,5 par rapport à la limite apparente d'élasticité en cas de surpression selon le chiffre 512.12.9;
 - .12.12 les éléments de construction transmettant la tension du câble doivent avoir au moins un coefficient de sécurité de 3 par rapport à la limite apparente d'élasticité;
 - .12.13 le chiffre 574 sera pris en considération.
- .13 Pour les dispositifs pneumatiques, le chiffre 512 s'applique par analogie.

513 Préventions des accidents du travail

- .1 Les installations mécaniques seront bien accessibles, de façon que le service et la maintenance soient possibles sans danger, si nécessaire même pendant l'exploitation, lorsqu'on observe les prescriptions de sécurité respectives.
- .2 Dans les stations, des passerelles et des fosses de travail, seront prévues pour la maintenance des châssis, des freins du véhicule, des câbles etc.
- .3 Ces passerelles seront antidérapantes; elles seront munies de garde-corps et, en règle générale, d'échelles fixes.
- .4 Les parties tournantes seront caractérisées par des couleurs particulières et, si nécessaire, munies d'une protection contre les contacts involontaires ou d'un dispositif anti-éclats.
- .5 Les câbles tracteurs et les courroies seront dotés de dispositifs de protection, lorsqu'ils sont situés dans une zone de travail ou de passage du personnel; ceci s'applique particulièrement à l'entrée et à la sortie des câbles ou des courroies sur les poulies.

514 Assemblages soudés

Tous les assemblages soudés seront réalisés par des soudeurs diplômés. Les chiffres 103.2.17 et .2.18 seront pris en considération.

515 Assemblages boulonnés

Le chiffre 103.2.19 sera pris en considération pour dimensionner les assemblages boulonnés porteurs.

52 **Entraînements et freins**

521 **Généralités**

Entraînements

- .1 En règle générale, on prévoira un moteur électrique pour l'entraînement principal et un moteur thermique pour l'entraînement auxiliaire ou de secours (chiffre 523).
- .2 Avec chaque entraînement, il faudra pouvoir démarrer autant que possible sans à-coups.
- .3 Les garnitures des poulies motrices garantiront le coefficient de frottement exigé (chiffre 413.1). Elles présenteront une résistance suffisante à l'usure et elles ne devront pas fondre par suite du glissement du câble.
- .4 Les dispositifs d'entraînement seront protégés des intempéries et, en règle générale, montés dans des bâtiments.
- .5 Un refroidissement suffisant des parties mécaniques de l'entraînement sera assuré, de même que l'arrivée d'air frais pour les moteurs thermiques.
- .6 Les gaz brûlés des moteurs thermiques seront rejetés à l'air libre.

Freins

- .7 L'entraînement principal sera équipé de deux freins, indépendants l'un de l'autre et fonctionnant automatiquement: le frein de service et le frein de sécurité. Sauf dans des cas justifiés, les deux freins ne devront pas agir sur le même disque.
- .8 Chaque frein sera dimensionné pour assurer la décélération exigée (chiffre 412.2) avec la charge à la descente (chiffre 423.1.5).
- .9 Sauf cas justifiés, les deux freins ne doivent pas agir simultanément; en outre, on observera les chiffres 655.6 et 656.6.
- .10 Un surfreinage, qui pourrait mettre en danger des personnes ou causer des dommages matériels importants, sera évité par des mesures constructives appropriées.
- .11 La force de pression des mâchoires des freins sera produite par des poids ou des ressorts de pression. Il faudra respecter en outre les points suivants:
 - .11.1 la transmission de la force s'effectuera mécaniquement;

- .11.2 la force de pression sera facilement réglable en dehors de la valeur requise;
- .11.3 le frein fermé devra pouvoir de manière simple être ouvert à la main.
- .12 les mâchoires des freins et les surfaces de freinage seront protégées de l'huile, des lubrifiants, de l'humidité, etc., par des mesures constructives appropriées.
- .13 Toutes les pièces des freins devront présenter un coefficient de sécurité d'au moins 3,5 par rapport à la limite apparente d'élasticité; les forces dynamiques de fermeture exceptionnelles (par exemple, poids tombants) seront prises en considération.
- .14 Pour les freins, il faudra respecter en outre les points suivants:
 - .14.1 l'action de freinage sera la même pour les deux sens de marche;
 - .14.2 la pression des mâchoires se répartira uniformément sur les mâchoires de frein;
 - .14.3 l'usure des garnitures de frein devra pouvoir être compensée si nécessaire;
 - .14.4 la course de réserve doit être contrôlable;
 - .14.5 pour les freins sans rattrapage automatique, la caractéristique des ressorts de frein sera choisie pour qu'une usure de 1 mm par garniture entraîne une diminution calculée de la force de freinage de 10 pour cent au maximum;
 - .14.6 le jeu des mâchoires devra pouvoir être réparti uniformément;
 - .14.7 la position ouverte, respectivement fermée, ou les pressions correspondantes, dans le cas des freins maintenus ouverts hydrauliquement ou pneumatiquement, seront surveillées;
 - .14.8 avec la charge à la descente, ils doivent entrer en action le plus rapidement possible (chiffre 423.1.4).

522 Entraînement principal

- .1 L'entraînement principal, qui peut être aussi conçu comme entraînement jumelé, sera dimensionné pour un fonctionnement en continu avec charge à la montée (chiffre 423.1.2) et pour la plus grande vitesse de marche admissible ainsi que pour le démarrage avec charge à la montée (chiffre 423.1.3).
- .2 Les courroies de transmission plates et les chaînes ouvertes ne sont pas admises pour l'entraînement principal.
- .3 Le réducteur principal devra pouvoir être séparé de façon simple de la poulie motrice lorsque le funiculaire est équipé d'un entraînement auxiliaire (chiffre 523.1).

- .4 Le coefficient de sécurité à la déformation et à la fatigue, des arbres et des axes sera justifié selon le chiffre 533.
- .5 Le coefficient de sécurité des arbres, etc., par rapport à la limite apparente d'élasticité atteindra au moins 1,5 lorsque la force de freinage totale d'un frein agit uniquement sur les masses en rotation de l'entraînement.
- .6 Pour les entraînements à treuil, l'amarrage des extrémités du câble tracteur devra satisfaire au chiffre 707.3.

523 Entraînement auxiliaire et de secours

Prescriptions générales

- .1 Un entraînement auxiliaire sera prévu lorsque le funiculaire dessert à lui seul une zone habitée.
- .2 Un entraînement auxiliaire ou de secours sera prévu lorsqu'au moins une des valeurs suivantes est dépassée:
 - .2.1 100 personnes pour la charge utile des véhicules par voie;
 - .2.2 500 m de dénivellation;
 - .2.3 50 pour cent de pente maximale;
 - .2.4 1000 m de chemin de sauvetage en escalier lorsque la position des véhicules est la plus défavorable;
 - .2.5 500 m de ligne en tunnels ou 200 m en un seul tunnel;
- .3 L'entraînement auxiliaire ou de secours sera au moins dimensionné pour:
 - .3.1 la plus grande force tangentielle pouvant se présenter en cas de démarrage ou de freinage, en tenant compte de la direction dans laquelle le sauvetage doit s'effectuer;
 - .3.2 un fonctionnement de plusieurs heures.
- .4 Les pièces indépendantes de l'entraînement principal présenteront un coefficient de sécurité d'au moins 2,5 par rapport à la limite apparente d'élasticité. L'action d'un frein sera prise en considération.
- .5 Lors de l'utilisation de l'entraînement auxiliaire, respectivement de secours, un frein au moins, en règle générale le frein de sécurité sera en état de fonctionner lorsque l'installation se déplace d'elle-même par gravité sous l'action de la charge. Le chiffre 527.1.1 sera pris en considération.

- .6 Avec l'entraînement auxiliaire, respectivement de secours, les voyageurs se trouvant sur la ligne devront pouvoir être ramenés dans les stations en moins d'une heure.
- .7 Les moteurs thermiques seront dimensionnés en tenant compte de la durée d'intervention et de l'altitude; ils seront équipés pour un emplacement fixe et seront prévus, en règle générale, avec un démarreur alimenté par batterie.
- .8 Les chaînes sont admises lorsque
 - .8.1 elles peuvent être montées simplement et rapidement;
 - .8.2 aucun lubrifiant ne peut être projeté sur les surfaces de freinage.
- .9 Pour l'entraînement auxiliaire, respectivement de secours, il faudra observer en outre les points suivants:
 - .9.1 il doit pouvoir être mis en marche en moins de 30 minutes;
 - .9.2 toute faute pouvant avoir des conséquences graves lors de la mise en place sera exclue;
 - .9.3 une erreur de manipulation, par exemple une erreur dans le choix du sens de marche, ne sollicitera pas excessivement les pièces mécaniques ou les fixations;
 - .9.4 les dispositifs hydrauliques ou pneumatiques seront:
 - .9.4.1 séparés le plus possible de l'entraînement principal (chiffre 512.10.1);
 - .9.4.2 construits le plus simplement possible.
- .10 La moitié d'un entraînement jumelé peut être employée comme entraînement auxiliaire lorsque cette moitié:
 - .10.1 est suffisamment dimensionnée (chiffre 523.3);
 - .10.2 peut être connectée sur une deuxième source d'énergie;
 - .10.3 peut être séparée mécaniquement.
- .11 Le chiffre 617 sera pris en considération.

524 Réducteurs

- .1 Les réducteurs principaux seront dimensionnés pour les cas de charge déterminants (chiffres 423.1, 522.4 et 522.5). Le chiffre 103.2.20 sera observé.
- .2 Le carter du réducteur et ses fixations, pour autant qu'ils reprennent les forces des câbles, doivent présenter au moins un coefficient de sécurité de 3,5 par rapport à la limite apparente d'élasticité.

- .3 La lubrification des réducteurs sera assurée aussi par basses températures, et lors de la marche avec l'entraînement auxiliaire, respectivement de secours.
- .4 Les réducteurs auxiliaires seront dimensionnés pour les cas de charges déterminants (chiffres 523.3 et 4); dans le cas d'un entraînement jumelé, ceci est valable par analogie pour chacun des réducteurs principaux.

525 Frein de service et arrêt électrique

- .1 Le frein de service sera mis en action automatiquement dans les cas indiqués sous le chiffre 655, respectivement dans l'annexe 1, partie E.
- .2 La force de freinage sera réglée en fonction de la décélération (régulation de la force de freinage) lorsque, par action du frein sans régulation de la force de freinage avec charge à la montée, la décélération dépasse $1,5 \text{ m/s}^2$ (chiffre 412.3); dans des cas justifiés, elle pourra aussi être commandée en fonction de la charge (commande de la force de freinage). La commande de la force de freinage sera échelonnée de telle manière que le frein ne provoque en aucun cas de charge une décélération supérieure à $1,5 \text{ m/s}^2$ (application selon l'annexe 1, chiffre 3.8).
- .3 L'installation devra pouvoir être arrêtée par arrêt électrique (chiffre 654) lorsque l'arrêt avec charge à la montée (chiffre 412.3), sans action du frein (arrêt sur la lancée), provoque une décélération supérieure à 2 m/s^2 (application selon l'annexe 1, chiffre 1.2).
- .4 L'arrêt électrique n'est pas autorisé en cas de déclenchement du frein du véhicule.
- .5 Le frein sera maintenu ouvert au moyen d'un circuit de repos électrique, hydraulique ou pneumatique.

526 Frein de sécurité

- .1 Le frein de sécurité agira sur la poulie motrice, sur une autre poulie de câble ayant un enroulement suffisant, sur le tambour d'entraînement, ou sur une couronne de freinage solidaire de la poulie ou du tambour. Si la vitesse de marche ne dépasse pas $3,5 \text{ m/s}$, le frein de sécurité peut agir sur le réducteur de vitesse.
- .2 Il sera maintenu ouvert au moyen d'un circuit de repos électrique, hydraulique ou pneumatique. Lorsque l'installation ne se déplace pas d'elle-même, il pourra être maintenu ouvert mécaniquement (annexe 1, chiffre 1.5).

- .3 Il devra pouvoir être déclenché manuellement, soit mécaniquement soit électriquement (chiffre 656.3), au poste de commande; en outre, il faudra tenir compte du chiffre 625.
- .4 Il sera déclenché automatiquement:
 - .4.1 dès que la vitesse dépasse de 15 à 20 pour cent la valeur admise; pour les installations fonctionnant à une vitesse de marche inférieure à 3,5 m/s, dès que la vitesse est dépassée de 0,5 à 0,65 m/s;
 - .4.2 en cas de dépassement du point d'arrêt normal du véhicule dans la station motrice, le déclenchement devra se faire mécaniquement si le frein de sécurité est maintenu ouvert mécaniquement il peut se faire électriquement ou hydrauliquement si le frein de sécurité est maintenu ouvert hydrauliquement;
 - .4.3 dans les cas mentionnés à l'annexe 1, partie E.
- .5 Le déclenchement automatique du frein en cas de survitesse satisfera aux conditions suivantes:
 - .5.1 pour les vitesses de marche supérieures à 3,5 m/s, le déclencheur de survitesse sera fixé sur une poulie selon le chiffre 526.1, ou entraîné par la poulie au moyen d'un accouplement rigide; les entraînements horizontaux par chaîne ne sont pas admis;
 - .5.2 le déclenchement se fera dans les deux sens de marche;
 - .5.3 il ne dépendra pas d'installations électriques;
 - .5.4 le déclencheur de survitesse aura une précision de déclenchement de ± 5 pour cent et il sera facile à régler,
 - .5.5 son actionnement sera facilement visible;
 - .5.6 les vannes hydrauliques seront actionnées à la contrainte ou avec une force de commande trois fois plus grande que celle nécessaire; les ressorts de traction ne sont pas autorisés; il faudra tenir compte du chiffre 512.7.3;
 - .5.7 le retour en position initiale ne pourra pas se faire automatiquement;
 - .5.8 le déclenchement automatique se fera aussi lorsque l'installation marche par gravité (chiffre 527.1);
 - .5.9 en cas de fixation sur une poulie, il faudra prévoir deux déclencheurs de survitesse fixés l'un en face de l'autre sur la poulie.
- .6 On pourra renoncer au déclenchement du frein de sécurité par survitesse lorsque l'installation ne se déplace pas d'elle-même.

527 **Commande manuelle des freins**

- .1 Lorsque l'installation se meut d'elle-même, il faudra prévoir une commande manuelle des freins dans les cas suivants:
 - .1.1 pour le démarrage et l'arrêt de l'installation lors de l'emploi de l'entraînement auxiliaire ou de secours, un frein devra pouvoir être actionné manuellement dans le cas où il n'existe pas d'actionnement automatique du frein, indépendant du réseau électrique; le frein et l'entraînement devront pouvoir être commandés par une seule personne;
 - .1.2 lorsque le déplacement par gravité de l'installation sert au sauvetage, un frein agissant sur la poulie motrice devra permettre le déplacement de l'installation à une vitesse sensiblement constante, indépendamment des installations électriques; le frein devra pouvoir entrer en action avec son plein effet à tout moment.

53 Poulies de câble, arbres, axes et paliers

531 Poulies de câble et paliers

- .1 Les poulies de câble seront fabriquées en acier, en acier coulé ou en fonte (chiffres 103.2.21 et .22). Les poulies soudées subiront un recuit de stabilisation.
- .2 Le rayon de la gorge sera adapté au diamètre du câble.
- .3 Pour calculer les dimensions des poulies de câbles, il faudra observer les points suivants:
 - .3.1 la tension maximale du câble en mouvement uniforme;
 - .3.2 les forces de pression de la garniture dues à la tension du câble;
 - .3.3 la force tangentielle avec la charge à la montée (chiffre 423.1.2);
 - .3.4 la pression exercée par les mâchoires de frein;
 - .3.5 le cas échéant, les contraintes d'enroulement.
- .4 Le coefficient de sécurité doit être d'au moins:
 - .4.1 par rapport à la limite apparente d'élasticité pour les poulies en acier ou en acier coulé:

| | |
|---|-----|
| - sans tenir compte des contraintes d'enroulement | 3.5 |
| - en tenant compte des contraintes d'enroulement | 2 |
 - .4.2 par rapport à la résistance à la traction pour les poulies en fonte:

| | |
|---|---|
| - sans tenir compte des contraintes d'enroulement | 5 |
| - en tenant compte des contraintes d'enroulement | 3 |
- .5 L'Office fédéral peut demander la justification, par calcul, de la résistance à la fatigue.
- .6 Le montage en porte-à-faux de poulies de câble n'est autorisé que si un déraillement du câble du côté libre de l'arbre ou de l'axe est exclu.
- .7 Les câbles déraillés ne devront pas être retenus par des pièces à angles vifs. Des endommagements par coincement du câble entre la poulie et le palier ou par des boulons en saillie devront être évités. Le chiffre 532 sera pris en considération.

532 Mesures à prendre contre les déraillements du câble

- .1 La couronne des poulies de câble présentera une forme telle qu'elle s'opposera à un déraillement du câble; elle devra avoir, mesurée depuis le fond de la gorge, au minimum, une hauteur égale au diamètre du câble.

- .2 Des mesures constructives supplémentaires éviteront le déraillement des câbles tracteurs hors des poulies (p. ex. anneaux solidement fixés entre la ligne et les poulies). Ces mesures devront aussi être efficaces en cas de relâchement du câble (p. ex. sur la moitié inférieure des poulies).
- .3 Les poulies des câbles tracteurs seront munies de racloirs à glace ajustables. En cas de câbles tracteurs surveillés, ils seront isolés.
- .4 Les poulies des câbles tendeurs qui se trouvent en plein air doivent être équipées de racloirs à glace.
- .5 Les racloirs à glace et leur fixation seront dimensionnés pour une force de 5kN agissant sur le bord d'attaque.

533 Arbres et axes

- .1 Pour les arbres et les axes, il faut utiliser un matériau qui présente, également à basse température, une ténacité suffisante, caractérisée par la résilience selon l'annexe 3.
- .2 Le coefficient de sécurité à la fatigue des arbres, etc., devra atteindre au minimum les valeurs suivantes, si l'on ne peut pas justifier, à l'aide de l'éventail des charges intervenant lors de l'exploitation, la possibilité d'admettre des coefficients de sécurité inférieurs:

| Cas de charge selon | coefficient de sécurité minimal |
|---|---------------------------------|
| chiffre 423.1.1 (seulement les véhicules vides) | 2 |
| chiffre 423.1.2 | 1,3 |
| chiffre 423.1.3 | 1,15 |

- .2.1 On tiendra compte également de l'incertitude de la valeur de la charge, avec un facteur de 1,1 et de l'importance de la durée de vie de l'élément calculé, avec un facteur de 1,5. L'état de surface, l'épaisseur et la forme des pièces seront aussi pris en compte.
- .2.2 Dans les cas de poulies motrices à plusieurs gorges, il faudra tenir compte de la moitié des charges supplémentaires dues aux contraintes d'enroulement (chiffre 535.3).

- .3 Les arbres et les axes fixes présenteront pour la tension du câble la plus grande et la force tangentielle la plus grande, en mouvement continu, les coefficients de sécurité suivants par rapport à la limite apparente d'élasticité:
 - 3.1 sans tenir compte des contraintes d'enroulement: 3,5
 - 3.2 en tenant compte des contraintes d'enroulement (chiffre 535.3): 2

534 Paliers

- .1 Les paliers de roulement seront calculés en fonction des recommandations et des prescriptions du fabricant.
- .2 La durée de vie calculée atteindra au moins les valeurs suivantes:
 - 2.1 pour l'entraînement principal, les poulies de câble, etc., 25'000 heures de service pour les charges selon les chiffres 423.1.1 et 1.2; pour les poulies motrices à plusieurs gorges et leurs contre-poulies, on tiendra compte de la moitié des contraintes d'enroulement (chiffre 535.3);
 - 2.2 pour les arbres intermédiaires des réducteurs, 25'000 heures de service pour la charge selon le chiffre 423.1.2;
 - 2.3 pour l'entraînement auxiliaire, respectivement de secours, 5'000 heures de service pour la charge selon le chiffre 523.3;
 - 2.4 pour les galets de câble, 5'000 heures de service pour la plus grande charge sur les galets en mouvement uniforme.
- .3 Pour la charge maximale sur le palier, il faudra respecter le coefficient de sécurité de charge statique indiqué par le fabricant. De plus, il faudra observer les points suivants:
 - 3.1 pour les poulies d'entraînement à plusieurs gorges et leurs contre-poulies, on tiendra compte de la moitié des contraintes d'enroulement (chiffre 535.3);
 - 3.2 pour les paliers des galets de câble, il faudra prendre en considération la plus grande charge sur les galets en mouvement uniforme.
- .4 Pour les paliers lisses, il faut utiliser des matériaux qui, par expérience, ne produisent aucune usure inacceptable de l'arbre. Il faut justifier la pression spécifique.
- .5 Tous les paliers soumis aux intempéries devront, sauf cas justifiés, pouvoir être lubrifiés ultérieurement sans démontage. Le produit de graissage remplira les cavités adjacentes afin d'éviter l'accumulation d'eau.

535 Poulies à plusieurs gorges

- .1 Les poulies motrices à plusieurs gorges et leurs contre-poulies seront sur des paliers situés de part et d'autre.
- .2 Il faudra prévoir des dispositifs permettant de contrôler exactement la profondeur des gorges et éventuellement, de la corriger.
- .3 Les contraintes d'enroulement entre les poulies motrice et de renvoi seront prises en considération par une augmentation de 30 pour cent du coefficient de frottement statique selon le chiffre 413.1.
- .4 Pour le dimensionnement, il faudra observer les chiffres 531.3 et .4; pour la justification, la combinaison la plus défavorable des contraintes d'enroulement et des tensions du câble, selon le chiffre 423.1, est déterminante.

54 Entrée des véhicules dans les stations

541 Entraînement des répéteurs de marche

- .1 Les répéteurs de marche mécaniques, respectivement les transmetteurs ou les équipements équivalents pour les répéteurs de marche électroniques, seront entraînés par une poulie de renvoi ou de déviation ou encore par le tambour du treuil.
- .2 Les répéteurs de marche devront, sauf cas justifiés, être entraînés par des poulies différentes.
- .3 En outre, il faudra observer le chiffre 663.

542 Butoirs

- .1 Des butoirs devront être installés aux extrémités de la ligne, dans les stations.
- .2 Lorsque le véhicule a passé le dernier dispositif de surveillance de l'entrée, la distance du butoir par rapport au véhicule sera au moins égale au chemin de freinage résultant de l'actionnement du frein de sécurité.
- .3 Le butoir de la station amont sera dimensionné pour la force maximale du câble - transmise de l'entraînement au câble - force qu'il faut diminuer de la composante suivant la pente et du frottement de roulement du véhicule vide.
- .4 Le butoir de la station aval sera dimensionné en tenant compte, pour le véhicule chargé, de la composante suivant la pente et de l'énergie cinétique pour la plus petite vitesse de marche surveillée ainsi que, le cas échéant, des forces du câble tracteur inférieur.

55/56 Equipement de la ligne**551 Galets de câble**

- .1 Les galets de câble équipés de garniture seront munis de flasques métalliques.
- .2 La profondeur de gorge des galets de câble sera aussi grande que possible.
- .3 L'intervalle entre les galets sera choisi de manière que les câbles tracteurs, même en cas de vibrations, ne touchent pas les traverses ou les parties de l'infrastructure. De plus, ces distances seront variables pour que les vibrations des câbles ne puissent pas se transmettre sur de longues distances.
- .4 Lorsque la force d'appui des câbles est faible, des glissières fixes sont autorisées. Elles ne doivent pas endommager les câbles.
- .5 Lorsque les câbles tracteurs ne sont pas isolés, les galets seront montés ou munis de guide-câble de telle manière qu'un câble tracteur déraillé ne reste pas coincé.

57 Dispositifs de mise en tension et fixation des câbles

571 Généralités

- .1 Le câble tracteur inférieur (chiffre 442.2) sera, en règle générale, mis en tension par un poids.
- .2 Les éléments de construction qui transmettent la tension du câble doivent avoir au moins un coefficient de sécurité de 3 par rapport à la limite apparente d'élasticité. Cela vaut aussi pour les éléments de construction des vérins tendeurs hydrauliques.
- .3 Le frottement des dispositifs de mise en tension sera pris en considération dans le calcul du câble.
- .4 Les mouvements rapides des contrepoids des câbles tracteurs seront, si nécessaire, atténués par des dispositifs amortisseurs qui agiront en fonction de la vitesse des contrepoids.
- .5 Les dispositifs de mise en tension seront, en règle générale, mis à l'abri des intempéries dans des bâtiments, ou au moins recouverts d'un toit.
- .6 Il faudra empêcher l'accès à l'espace situé sous les contrepoids de mise en tension.

572 Course pour la mise en tension

- .1 La course pour la mise en tension sera dimensionnée au moins pour:
 - .1.1 la variation élastique de la longueur des câbles due à la différence de tension pour des véhicules vides ou chargés; pour les câbles tracteurs, il faudra admettre un module d'élasticité de 80 et 120 kN/mm², le cas échéant, il faudra tenir compte de valeurs plus élevées;
 - .1.2 la variation de longueur due à une différence de température de 60° C;
 - .1.3 une réserve de course de 1 pour mille de la longueur de la ligne.
- .2 Si le dispositif de mise en tension peut être réglé (p. ex. câble tendeur avec treuil ou moufle, vérins tendeurs pouvant être déplacés), il faut tenir compte de ce qui suit:
 - .2.1 pour le dimensionnement de la course du vérin tendeur ou du contrepoids, on peut admettre une différence de température de 30° C et ne pas tenir compte de la réserve de la course (chiffre 572.1.3);

- .2.2 les positions extrêmes du contrepoids ou du vérin tendeur seront surveillées. Le retour en position initiale des dispositifs de sécurité ne doit pas se faire automatiquement (application selon l'annexe 1, chiffre 2.6).
- .3 En exploitation normale, y compris pendant le démarrage, les dispositifs de mise en tension ne devront pas atteindre les positions extrêmes.
- .4 La position du contrepoids ou du chariot de mise en tension devra pouvoir être déterminée sur une échelle graduée. Pour les dispositifs selon le chiffre 572.2, il faudra installer une échelle graduée pour le contrepoids ou le vérin tendeur et une pour le chariot. Le point zéro correspondra à la position la plus basse du contrepoids, respectivement à la position la plus en arrière du chariot de mise en tension ou du vérin tendeur.

573 Guidages et butées

- .1 Les contrepoids de mise en tension seront guidés de façon qu'ils ne puissent ni dérailler ou se bloquer, ni se coincer, basculer ou se tourner de travers aussi bien en cas de balancement des câbles qu'en cas de choc contre les butées.
- .2 Les courses des contrepoids ou des chariots de mise en tension seront limitées au moyen de butées à ressorts (absorbeur d'énergie).
- .3 Les contrepoids de mise en tension, ainsi que les butées et les amortisseurs, y compris les supports, seront dimensionnés pour les forces dues au choc entre le contrepoids et les butées; lorsque la mise en tension est directe, la vitesse du contrepoids sera admise égale à la moitié de la vitesse de marche; en cas de mouflage, ceci s'applique par analogie.

574 Dispositifs hydrauliques de mise en tension

- .1 Le calcul du câble sera présenté pour les tensions de câble surveillées (chiffre 512.12.7).
- .2 Les positions extrêmes en service seront surveillées (application selon l'annexe 1, chiffre 2.6).
- .3 Pour la perte totale d'huile dans le système hydraulique, il faudra justifier que les coefficients de frottement exigés pour la transmission de force sur la poulie motrice (chiffre 423.1) ne dépassent pas de plus de 10 pour cent les valeurs admises (chiffre 413.1).

- .4 Lorsque des dispositifs de construction particuliers sont nécessaires pour la conservation de la force de tension du câble (p. ex. dispositifs de maintien agissant automatiquement), il faut observer les règles suivantes:
 - .4.1 ils doivent être maintenus ouverts par un circuit de repos électrique, hydraulique ou pneumatique;
 - .4.2 Le chiffre 512.10.6 s'applique par analogie.
- .5 Le dispositif hydraulique de mise en tension doit aussi fonctionner avec l'entraînement auxiliaire ou de secours.
- .6 Les vérins tendeurs hydrauliques travaillant en compression doivent avoir au moins un coefficient de sécurité au flambage de 6.
- .7 En outre, le chiffre 512.12 sera pris en considération.

575 Fixations et liaisons des câbles

- .1 Les fixations et liaisons des câbles doivent être facilement accessibles pour la maintenance.
- .2 Le chiffre 707 sera observé pour les fixations des câbles tracteurs.
- .3 Le chiffre 707.6 sera observé pour les têtes des câbles de tension.
- .4 Les fixations des câbles de tension seront au moins dimensionnées pour la charge de rupture prescrite du câble de tension (chiffre 421.5). Ceci est valable en particulier pour les têtes de câble, y compris leur fixation, pour les treuils, y compris la fixation du câble au tambour du treuil en tenant compte de l'enroulement restant, et pour la fixation du treuil.

6 Prescriptions de construction particulières pour les installations électriques

61 Généralités

611 Principes de base de la sécurité en technique

- .1 Par des mesures constructives, il faudra éviter les défauts éventuels.
- .2 En cas d'utilisation de dispositifs de sécurité, il faudra s'assurer à l'aide des moyens de la technique des circuits ou d'autres moyens semblables:
 - .2.1 que chaque défaut qui remet en question l'aptitude au fonctionnement d'un dispositif important pour la sécurité et qui ne peut pas être exclu par des mesures constructives,
 - .2.1.1 soit détecté immédiatement en entravant l'exploitation, lorsqu'un état erroné ou inadmissible en résulte,
 - .2.1.2 ou, s'il n'en résulte pas un état erroné inadmissible, qu'il soit détecté, selon le degré de danger:
 - soit en entravant l'exploitation (au cours de l'une des prochaines manipulations des commandes, d'un prochain changement d'état ou avant la seconde mise en service),
 - soit par un affichage,
 - soit, au plus tard, lors du prochain contrôle périodique correspondant;
 - .2.2 que le chiffre 611.2.1 soit respecté par analogie, si un second défaut s'ajoute à un premier qui ne doit pas être détecté du fait qu'il ne présente pas de danger.
- .3 La position initiale des appareils de commutation importants pour la sécurité sera contrôlée, le cas échéant, du point de vue de la technique des circuits.
- .4 Les circuits de sécurité seront des circuits de repos; les circuits de surveillance seront dotés d'un système à courant de repos-travail ou d'un système équivalent.
- .5 Dans les circuits contenant des éléments de commutation, la tension et le courant dans les éléments de contact seront suffisamment grands pour garantir l'aptitude au fonctionnement.
- .6 En général, une vérification automatique (test) des circuits de sécurité et de surveillance précédera chaque mise en service.

- .7 Les installations électriques d'un funiculaire ne doivent pas perturber les équipements techniques de l'installation. Les influences dues au réseau d'alimentation, aux perturbations atmosphériques ainsi qu'aux effets inductifs ou capacitifs, propres ou étrangers, ne doivent pas réduire la sécurité.
- .8 Les signaux indicatifs ou les ordres de commande autorisant la mise en service ou la rendant possible, ne seront transmis que si toutes les conditions nécessaires y afférentes sont remplies. Ils seront annulés aussitôt qu'une condition garantissant la sécurité n'est plus remplie. La transmission de tels signaux se fera d'une manière active.
- .9 Les messages "prêt au départ" et les signaux d'ordre de marche ne resteront pas mémorisés pendant la course.
- .10 Dans les cas justifiés, on peut s'écarter des principes de sécurité, en particulier en cas de:
 - .10.1 difficultés énormes pour satisfaire aux conditions imposées;
 - .10.2 réduction inadmissible de la fiabilité, suite à l'ampleur des mesures techniques;
 - .10.3 circonstances d'exploitation simples;
 - .10.4 course de service;
 - .10.5 pontage d'un ou de plusieurs dispositifs de sécurité;
 - .10.6 équipement des entraînements auxiliaires et de secours.

612 Utilisation d'équipements électroniques

- .1 Le dimensionnement et l'exploitation des équipements électroniques ainsi que des dispositifs et circuits y relatifs seront soumis aux règles reconnues de la technique.
- .2 Lors de l'utilisation des équipements électroniques, il faudra prévoir l'éventualité des défauts, comme par exemple les courts-circuits, les interruptions de circuits, les écarts par rapport aux tolérances prescrites, dont le respect est nécessaires à l'accomplissement de la fonction.

613 Types de commande

- .1 Indépendamment du type de commande utilisé normalement pour faire fonctionner le funiculaire (commande automatique, à distance, directe ou manuelle), il y aura à disposition une commande de substitution. Cette dernière ne sera pas exigée, lorsque:
 - .1.1 les conditions requises pour la commande de substitution sont observées en commande manuelle (chiffres 616.1 et .2);

- .1.2 les éléments électriques de l'installation peuvent être commutés sur d'autres éléments indépendants; par ailleurs, il faudra observer l'annexe 1, partie U, et par analogie, les prescriptions concernant la commande de substitution (chiffre 616.1).
- .2 Les funiculaires avec commande automatique ou avec télécommande seront également pourvus d'une commande directe.
- .3 La commutation d'un type de commande à un autre ne devra pouvoir se faire qu'à l'arrêt.

614 Dispositifs de sécurité, de protection et de commande

- .1 Pour tous les types de commande, les dispositifs de sécurité et de protection indiqués dans l'annexe 1, partie U, seront disponibles et en état de fonctionner. Les dispositifs de commande ne sont mentionnés dans l'annexe 1 que s'ils ne doivent pas être disponibles et en état de fonctionner pour chaque type de commande. Des dispositifs supplémentaires de sécurité, de protection et de commande sont admis, à condition que:
 - .1.1 il y ait au moins à disposition les dispositifs de sécurité et de protection correspondant aux équipements supplémentaires de commande, et qu'ils soient en état de fonctionner;
 - .1.2 le chiffre 616 soit observé pour la commande de substitution.
- .2 En cas de déclenchement ou d'actionnement d'un dispositif de sécurité ou de protection, le funiculaire sera arrêté automatiquement par un arrêt électrique, par un arrêt d'urgence au frein de service ou par un arrêt d'urgence au frein de sécurité, respectivement le départ sera bloqué automatiquement par l'interruption du circuit de sécurité correspondant (annexe 1, partie E) (application selon l'annexe 1, chiffre 1.2 - 1.5). L'arrêt d'urgence au frein de sécurité sera également provoqué par la fermeture du circuit de travail correspondant (chiffre 656.1.2).
- .3 Pour les funiculaires selon chiffre 525.3:
 - .3.1 l'arrêt doit pouvoir s'effectuer par arrêt électrique (application selon l'annexe 1, chiffre 1.2);
 - .3.2 le circuit de sécurité doit être interrompu pour l'arrêt électrique, si cela est admis dans le cas du déclenchement ou de l'actionnement d'un circuit de sécurité ou de protection (annexe 1, partie E).
- .4 Le funiculaire doit également pouvoir être arrêté par arrêt normal, sauf si l'arrêt électrique peut arrêter l'installation avec une décélération inférieure à $0,8 \text{ m/s}^2$ (application selon l'annexe 1, chiffre 1.1).

- .5 Il sera toujours possible d'interrompre un arrêt normal à l'aide d'un arrêt électrique, d'un arrêt d'urgence au frein de service et d'un arrêt d'urgence au frein de sécurité; de manière analogue, il sera toujours possible d'interrompre un arrêt électrique à l'aide d'un arrêt d'urgence au frein de service et d'un arrêt d'urgence au frein de sécurité; de même, il sera toujours possible d'interrompre un arrêt d'urgence au frein de service à l'aide d'un arrêt d'urgence au frein de sécurité.
- .6 Après l'entrée en action d'un dispositif de sécurité ou de protection, désigné par ("R") dans l'annexe 1, colonne "Remarques", un démarrage ne sera possible qu'après une remise manuelle à l'état initial, dans le local de commande ou, si nécessaire, à l'endroit même du dispositif
- .7 La tension de la commande ne pourra être enclenchée et déclenchée qu'à l'aide d'un interrupteur à clef. D'autres fonctions importantes doivent aussi pouvoir être verrouillées par des interrupteurs à clef, sauf si le matériel électrique correspondant n'est accessible qu'au personnel.
- .8 La mesure de la force pour la surveillance des tensions du câble du dispositif de mise en tension hydraulique doit être disponible à double et chaque appareil de mesure doit être entièrement indépendant de l'autre (chiffre 512.12.7) (application selon l'annexe 1, chiffre 2.7).
- .9 Si le dispositif pour la conservation de la force de tension est maintenu ouvert par un circuit de repos hydraulique ou pneumatique (chiffre 574.4.1), il doit être actionné par un transducteur pour le circuit de repos et par un autre transducteur pour le circuit de travail (chiffre 574.4.2). Un seul circuit de repos est suffisant s'il est maintenu ouvert par un circuit électrique.
- .10 La position et, si nécessaire, la pression d'ouverture du dispositif pour la conservation de la force de tension doit être surveillée (application selon l'annexe 1, chiffre 2.8).

615 Pontage des dispositifs de sécurité,

- .1 Afin d'éviter autant que possible les sauvetages, il faudra pouvoir ponter les dispositifs de sécurité indiqués spécialement dans l'annexe 1, partie Pt.
- .2 Autant que possible, le pontage des différents dispositifs de sécurité se fera séparément ou par groupes.
- .3 Le pontage ne pourra se faire qu'à l'aide d'un interrupteur à clef.

- .4 En cas de pontage d'un ou de plusieurs dispositifs de sécurité, on pourra manoeuvrer à l'aide de la commande directe, manuelle ou de substitution. Il faudra cependant déterminer quels dispositifs de sécurité doivent encore être aptes à fonctionner. L'ordre de départ sera rendu plus difficile et l'accélération automatique sera empêchée.
- .5 En cas de pontage d'un ou de plusieurs dispositifs de sécurité:
 - .5.1 celui-ci sera affiché (chiffres 642.3.11 - .3.13 et .4.2);
 - .5.2 la vitesse de marche, si elle peut être réglée progressivement, ne dépassera pas 2m/s.
- .6 Les ordres de commande transmis par télésurveillance devront, le cas échéant, pouvoir être pontés.

616 Commande de substitution

- .1 Compte tenu des connaissances techniques et de l'expérience, il ne faudra utiliser, lors de l'exploitation en commande de substitution, que des dispositifs électriques ne tombant quasiment pas en panne ou pouvant être remplacés rapidement.
- .2 En règle générale, pendant l'exploitation en commande de substitution, seuls pourront être en état de fonctionner, les dispositifs de sécurité, de protection et de commande indiqués dans la colonne "Max" de l'annexe 1, partie U. On garantira, au moyen de circuits de commande, que la vitesse maximale ne dépasse pas la vitesse admise en commande manuelle.
- .3 Si les dispositifs de sécurité, de protection et de commande, requis dans la colonne "Max" de l'annexe 1, partie U, ne sont pas tous en état de fonctionner, la vitesse maximale sera réduite, au niveau de la commande, conformément aux indications de la colonne " $v_{\text{réd}}$ ".
- .4 Les dispositifs de sécurité, de protection et de commande requis dans la colonne "Min" de l'annexe 1, partie U, devront toujours être en état de fonctionner pendant l'exploitation en commande de substitution.

617 Entraînements auxiliaire et de secours

- .1 Les installations électriques des entraînements auxiliaires et de secours, seront construites de façon aussi simple que possible. Leur aptitude au fonctionnement doit pouvoir être assurée de manière simple.
- .2 Le matériel électrique de ces entraînements sera autant que possible séparé de celui de l'entraînement principal.

- .3 Le dispositif de télésurveillance et les dispositifs de sécurité du dispositif de mise en tension hydraulique doivent être en état de fonctionner.
- .4 En outre, il faudra respecter le chiffre 523 et, par analogie, le chapitre 6.

618 Amenée du courant aux véhicules

- .1 Les lignes de contact et les rails conducteurs sont admis pour l'amenée du courant.
- .2 Les lignes de contact et les rails conducteurs seront conçus et montés de manière à exclure le plus possible la mise en danger des personnes. Les prescriptions légales correspondantes seront observées; pour les rails conducteurs, voir aussi le chiffre 103.2.3.
- .3 Il est interdit d'utiliser des tensions nominales supérieures à 380V par rapport à la terre.
- .4 Lorsque des parties nues sont sous tension, il faut placer des avis de mise en garde à proximité des endroits accessibles en général.
- .5 En cas d'installation de lignes de contact, il faut en outre que:
 - .5.1 la distance au-dessus du niveau supérieur du rail (PDR), mesurée perpendiculairement, atteigne au moins
 - .5.1.1 dans les cas normaux: 4,5 m;
 - .5.1.2 en cas de croisements à niveau avec des routes et des chemins (chiffre 331.2): 5,0 m;
 - .5.1.3 dans des cas justifiés et lorsque l'accès à la ligne est empêché aux personnes non autorisées: 4,0 m;
 - .5.2 La distance au-dessus du niveau supérieur du rail (PDR), mesuré dans la direction de la plus petite distance (distance directe), doit atteindre au moins
 - .5.2.1 dans les cas normaux: 4,0 m;
 - .5.2.2 dans des cas justifiés et lorsque l'accès à la ligne est empêché aux personnes non autorisées: 3,5 m.
 - .5.3 Il faut empêcher que des personnes se trouvant à des endroits accessibles en général puissent, avec un objet de 1,25 m de longueur, toucher les parties nues et sous tension des véhicules et de la ligne de contact.

- .5.4 Le chiffre 618.5.3 sera respecté dans les stations en observant ce qui suit:
 - .5.4.1 les parties nues sous tension seront disposées selon l'annexe 6, figure 1, ou
 - .5.4.2 elles seront protégées par des dispositifs installés en conséquence (paroi ou grille de protection avec des mailles dont la largeur en doit pas excéder 20 mm);
 - .5.4.3 les parties nues sous tension peuvent être disposées selon l'annexe 6, figure 2, si les installations de la ligne de contact sont déclenchées ou que les surfaces horizontales généralement accessibles sont barrières aussi longtemps que les véhicules ne se trouvent pas dans les stations.
- .5.5 Lorsque des surfaces horizontales ne sont accessibles qu'à des personnes ayant été instruites en conséquence, il ne doit pas y avoir de parties nues sous tension à une distance de moins de 2,5 m de ces surfaces.
- .5.6 Le chiffre 618.5.3 doit être appliqué par analogie pour les barrières du funiculaire et lorsque le terrain est accessible en général (p. ex. passages supérieurs de routes et chemins). Suivant le genre de la barrière, il faut tenir compte du fait que la personne peut se pencher en avant.
- .6 En cas d'utilisation de rails conducteurs, il faut observer ce qui suit:
 - .6.1 il convient d'utiliser au moins des rails conducteurs protégés contre l'égouttement et munis du dispositif de protection normal contre les contacts;
 - .6.2 les rails conducteur ne doivent pas être montés aux endroits accessibles en général;
 - .6.3 lorsqu'ils sont utilisés sur la ligne, il faut interdire l'accès au tracé.
- .7 Tant les parties nues sous tension des véhicules que celles de la ligne de contact doivent se trouver à au moins 0,1 m des installations fixes (distance de sécurité électrique b_e).

62 Matériel électrique, installation

621 Interrupteur général de l'installation et interrupteur principal

- 1 Les installations électriques propres au funiculaire pourront être déclenchées globalement dans tous les cas d'exploitation par un interrupteur général et, le cas échéant, par un ou plusieurs interrupteurs principaux.
- 2 A l'aide de l'interrupteur général, les circuits principaux pourront au moins être coupés de la ligne d'amenée de courant.
- 3 Les circuits utilisés exclusivement pour les services auxiliaires, les commandes et les dispositifs de sécurité, etc., peuvent être branchés en amont de l'interrupteur général lorsque:
 - 3.1 ils sont séparés des autres circuits;
 - 3.2 ils peuvent être débranchés de la ligne d'amenée de courant à l'aide d'interrupteurs principaux particuliers.
- 4 Les circuits utilisés uniquement pour le matériel électrique destiné à la maintenance seront:
 - 4.1 branchés en amont de l'interrupteur général et des interrupteurs principaux;
 - 4.2 séparés des autres circuits;
 - 4.3 dotés d'interrupteurs principaux particuliers permettant de couper l'amenée de courant, à condition qu'ils ne fassent pas partie intégrale de l'installation intérieure.
- 5 Seules les installations électriques propres au funiculaire auront la possibilité d'être coupées par les interrupteurs généraux et principaux (chiffres 621.2, 3 et 4). Cela ne sera pas le cas pour l'installation intérieure proprement dite.
- 6 Les interrupteurs généraux et principaux devront:
 - 6.1 être montés dans le local des machines ou de l'armoire de commande, à un endroit facilement accessible et permettant leur manipulation depuis le sol;
 - 6.2 pouvoir être actionnés mécaniquement à la main et à partir du même emplacement;
 - 6.3 être facilement accessible, même lorsque les portes d'armoires sont ouvertes;

- .6.4 être marqués clairement et en permanence, de façon que l'on puisse voir facilement quelles parties de l'installation ont été déclenchées.
- .7 Lorsque les portes des armoires sont ouvertes, l'interrupteur général pourra, sans moyens auxiliaires spéciaux, au moins être déclenché, sauf si:
 - .7.1 les portes des armoires ne peuvent être ouvertes que lorsque l'interrupteur est déclenché;
 - .7.2 d'autres interrupteurs ou bornes ne sont pas installés dans la même armoire.
- .8 Les interrupteurs généraux et principaux seront bien protégés contre le toucher accidentel; ils seront installés soit dans une armoire séparée (1er cas), soit dans l'armoire de commande normale (2ème cas). Il ne faudra monter aucun autre interrupteur ou borne dans la même armoire (1er cas), ou sous le même capot (2ème cas).
- .9 L'interrupteur général sera pourvu d'un dispositif mécanique, qui empêchera l'enclenchement accidentel ou non autorisé.

622 Matériel électrique,

- .1 Le matériel électrique sera:
 - .1.1 conçu et monté pour un fonctionnement impeccable et sûr lors des conditions d'utilisation prévues;
 - .1.2 dimensionné et exploité de manière à garantir une durée de vie suffisante.
- .2 Le matériel électrique important du point de vue de la sécurité doit être gardé sous clef, afin de rendre difficiles les interventions non autorisées.
- .3 Les clefs des interrupteurs à clefs ne pourront être retirées que si les interrupteurs sont dans la position sûre. Les clefs utilisées pour l'exploitation normale ne devront pas être compatibles avec les interrupteurs de pontage.
- .4 Les interrupteurs et les boutons-poussoirs, de même que leur commande mécanique, dont la fiabilité détermine la sécurité du funiculaire, seront actionnés par contrainte. Dans les cas justifiés, on pourra les remplacer par:
 - .4.1 un dédoublement surveillé d'appareils de commutation sans contrainte, respectivement d'interrupteurs à actionnement sans contrainte, ou par ;

- 4.2 des initiateurs avec les circuits complémentaires répondant aux conditions fondamentales du point de vue de la sécurité (chiffre 611).
- .5 Les appareils de commutation, dont les positions de commutation doivent être contrôlées pour des raisons de sécurité, seront munis de contacts guidés.
- .6 En cas de surveillance d'un temps, la non-atteinte ou le dépassement d'un temps programmé doit être évité pour des raisons de sécurité; il faudra utiliser un relais temporisé, équipé d'un limiteur minimal ou maximal de temps.
- .7 La ventilation nécessaire au matériel électrique sera assurée.
- .8 Les boîtiers des appareils de commutation et des interrupteurs ainsi que les boîtes de bornes et de prises, exposés aux intempéries, devront - sauf cas justifiés - être pourvus, au point le plus bas, de trous d'évacuation pour l'eau de condensation.
- .9 En ce qui concerne les accumulateurs qui alimentent en énergie électrique les équipements importants pour la sécurité, il faudra que:
 - .9.1 ils soient, en règle générale, chargés aussi bien automatiquement que séparés galvaniquement du secteur;
 - .9.2 leurs courants de charge et de décharge, ainsi que leurs tensions, soient affichés par des instruments;
 - .9.3 il y ait un recouvrement, au moins sur leurs bornes de raccordement;
 - .9.4 leur état de charge puisse être contrôlé périodiquement.

623 Montage et installation

- .1 Le matériel électrique sera installé dans les locaux, bâtiments, etc., seulement lorsque tous les travaux pouvant entraver son fonctionnement seront terminés.
- .2 Les armoires de commande seront installées, sauf cas justifiés, dans le local de commande ou dans un local adéquat et facilement accessible.
- .3 Des prises, facilement accessibles, seront installées au moins près des armoires de commande.
- .4 Les installations électriques seront protégées autant que possible contre les détériorations dues soit à des tiers, soit à des influences extérieures.

- .5 Le matériel électrique sera monté et accessible, de sorte que:
 - .5.1 sa commande et sa surveillance en exploitation soient possibles sans danger;
 - .5.2 l'observation des prescriptions de sécurité pendant la maintenance, même durant la marche si nécessaire, soit bien possible; ceci est également valable pour les bornes de raccordement des circuits de commande, de sécurité et de surveillance.
- .6 Le matériel électrique devra être disposé clairement, caractérisé de façon compréhensible et durable, ainsi que protégé, le cas échéant, contre l'actionnement involontaire.
- .7 Les câbles électriques et les conducteurs se trouvant à l'extérieur des armoires de commande et du poste de commande, seront caractérisés.
- .8 Les couleurs utilisées pour marquer les conducteurs neutres et de protection ne devront pas être choisies pour d'autres conducteurs.
- .9 Les raccordements des conducteurs entre les parties d'installations qui doivent être facilement démontables mécaniquement, seront équipés de connecteurs. Ceux-ci seront assurés mécaniquement si nécessaire.
- .10 Il est permis, uniquement dans les cas justifiés, d'installer le long du tracé des installations électriques étrangères au funiculaire.
- .11 Sur les véhicules, il est interdit d'utiliser la masse pour conduire le courant électrique.

624 Mesures préventives contre la mise en danger des personnes

- .1 Les installations propres au funiculaire seront exécutées au moyen de conducteurs neutres et de protection séparés.
- .2 Les armoires de commande installées dans des locaux qui ne sont pas uniquement accessibles au personnel ne doivent pouvoir être ouvertes qu'au moyen de clefs de sécurité ou d'outils.
- .3 Le matériel électrique pour les circuits principaux sera en général monté dans des armoires séparées ou dans des parties d'armoires.
- .4 Les parties sous tension du matériel électrique utilisé pour la maintenance seront:
 - .4.1 protégées contre le toucher accidentel, même lorsque les portes des armoires sont ouvertes et les recouvrements habituels enlevés;

- .4.2 marquées clairement comme étant sous tension, si des confusions sont possibles avec le matériel électrique propre au funiculaire.
- .5 Les installations du matériel électrique qui sert à la maintenance seront, autant que possible, séparées de celles du matériel électrique propre au funiculaire.

625 Dispositifs d'arrêt d'urgence

(Application selon l'annexe 1, chiffres 2.1, 5.2, 5.3.1 et 5.3.2)

- .1 Il faudra installer des boutons-poussoirs d'arrêt d'urgence, ou également des interrupteurs d'arrêt d'urgence, destinés à arrêter le funiculaire (annexe 1, partie E), en particulier:
 - .1.1 au poste de commande;
 - .1.2 sur les quais des stations;
 - .1.3 dans les compartiments des véhicules, si ceux-ci ne sont pas accompagnés par du personnel.
- .2 Il faudra installer au moins un interrupteur d'arrêt d'urgence (annexe 1, partie E):
 - .2.1 dans le local des machines;
 - .2.2 dans le local des armoires de commande;
 - .2.3 dans les fosses pour les véhicules;
 - .2.4 dans la station de renvoi;
 - .2.5 dans les arrêts intermédiaires, accessibles uniquement au personnel
 - .2.6 au poste de commande des véhicules.
- .3 Le cas échéant, il faudra installer des interrupteurs permettant de provoquer l'arrêt d'urgence au frein de sécurité (chiffre 526.3).
- .4 Si une situation particulière l'impose, il faudra installer d'autres dispositifs d'arrêt d'urgence.
- .5 Les dispositifs d'arrêt d'urgence seront installés de façon visible et accessible; ils seront peints en rouge et étiquetés. S'ils sont librement accessibles aux voyageurs, il faudra menacer ceux-ci de poursuites pénales en cas d'emploi abusif.
- .6 La disposition et le modèle du dispositif d'arrêt d'urgence devront:
 - .6.1 exclure au mieux les confusions avec tout autre matériel électrique;
 - .6.2 empêcher autant que possible un actionnement involontaire.

- .7 En dehors des heures d'exploitation, les interrupteurs d'arrêt d'urgence pourront être mis sous clef, afin de les protéger contre l'actionnement abusif.
- .8 Sauf cas justifiés, la position de commutation des interrupteurs d'arrêt d'urgence, au moins pour ceux qui sont prescrits (chiffre 625.2), doit être parfaitement visible.
- .9 Dans des cas justifiés, on peut renoncer à un dispositif d'arrêt d'urgence dans les véhicules lorsque la ligne de contact ou la ligne latérale peut être mise à la terre (circuit à terre) à l'aide d'un appareil spécial (chiffre 672.3) (application selon l'annexe 1, chiffre 5.3.2) pour arrêter le funiculaire (annexe 1, partie E).

626 Eclairage

- .1 Un éclairage artificiel suffisant devra être à disposition au moins dans les locaux qui sont:
 - .1.1 nécessaires pour la maintenance du funiculaire,
 - .1.2 nécessaires à l'exploitation du funiculaire,
 - .1.3 accessibles aux voyageurs.
- .2 Il faudra avoir à disposition un éclairage artificiel indépendant de la source d'énergie normale (éclairage de secours), par exemple des lampes portatives, au moins dans les locaux qui sont:
 - .2.1 nécessaires au maniement des entraînements auxiliaires et de secours,
 - .2.2 nécessaires à la maintenance du funiculaire,
 - .2.3 accessibles aux voyageurs.
- .3 Un éclairage artificiel indépendant d'une source d'énergie normale devra être disponible dans les longs tunnels.
- .4 Les véhicules seront équipés d'un éclairage intérieur et de projecteurs.

63 Dispositifs particuliers de protection

631 Mesures à prendre contre les dangers dus aux erreurs d'isolation

- .1 Par des mesures de construction et un montage soigné, on évitera au mieux l'apparition de courts-circuits à la masse, à la terre et entre conducteurs, ainsi que l'introduction de courants vagabonds dans les conducteurs.
- .2 Le matériel électrique sera protégé contre les effets des courants de courts-circuits.
- .3 Pour la mise au neutre et à la terre de protection dans les stations, les prescriptions légales correspondantes sont valables, indépendamment de la valeur de la tension utilisée, sauf si un défaut d'isolation se manifeste d'une autre manière.
- .4 Les transducteurs électriques seront sauf si aucun danger ne peut se présenter à la suite d'un seul défaut - reliés:
 - .4.1 à la terre en un point, dans les circuits mis à la terre;
 - .4.2 en un seul point avec le même conducteur, dans les circuits unipolaires non mis à la terre.

632 Protection contre la foudre et mise à la terre

- .1 Les stations et les arrêts intermédiaires seront protégés par des installations de protection contre la foudre. Le chiffre 103.2.2 sera observé.
- .2 Par des mises à terre appropriées, on prendra les mesures nécessaires pour éviter les chutes de tensions de pas et les tensions de contact inadmissibles en cas d'augmentation prévisible des potentiels par l'influence d'installations à haute tension, ou par l'intermédiaire des câbles du funiculaire.
- .3 Les rails seront mis à la terre, au moins dans les stations.
- .4 A l'aide de dispositifs appropriés, il faudra protéger contre la foudre:
 - .4.1 la télésurveillance, la télécommande et les équipements de télécommunication;
 - .4.2 le cas échéant, d'autres matériels électriques agissant sur les circuits de surveillance;
 - .4.3 le cas échéant, le matériel électrique des équipements d'entraînement.

- .5 Les véhicules seront mis à la terre. Sauf dans des cas justifiés, cela doit se faire par des balais de mise à la terre installés sur au moins 2 essieux par véhicule.

64 Equipements de service et de contrôle

641 Signalisation

- .1 Les dispositifs de signalisation nécessaires (par ex. instruments, lampes de signalisation, indicateurs optiques) seront montés de telle sorte que le personnel soit informé du déroulement de l'exploitation et du fonctionnement de l'installation, et qu'il soit renseigné le plus largement possible sur les pannes et leurs causes.
- .2 Les indications de pannes resteront affichées jusqu'au prochain démarrage ou jusqu'à leur annulation manuelle, indépendamment de la nature de la panne. Si nécessaire, une mémorisation sera prévue.
- .3 Dans les cas motivés, les indications optiques pourront être remplacées par des indications acoustiques ou par des dispositifs dont les positions de commutation sont parfaitement reconnaissables.
- .4 Les couleurs pour les équipements de commande et de signalisation seront choisies de la façon suivante:
 - 4.1 rouge: pour un arrêt assuré, pour la signalisation d'un état dangereux, pour les pontages, pour les dispositifs d'arrêt d'urgence, pour les affichages d'arrêt d'urgence et de dérangement, etc.;
 - 4.2 jaune: pour l'arrêt non assuré, pour les avertissements concernant les états de fonctionnement particuliers et les mesures à prendre, etc.;
 - 4.3 vert: pour la signalisation de l'état normal, pour les tensions de commande enclenchées, pour les touches de la commande de marche, pour les affichages de la marche, pour les freins ouverts, etc.;
 - 4.4 blanc, bleu ou noir: pour les informations d'ordre général, pour les équipements des commandes, etc.
- .5 Des instruments de mesure ou d'autres dispositifs équivalents indiqueront, avec une précision suffisante, les valeurs des tensions et des courants importants, ainsi que la présence des signaux de surveillance essentiels.
- .6 Sur les appareils de mesure,
 - 6.1 les longueurs et graduations des échelles seront choisies de façon à faciliter la lecture;
 - 6.2 les zones et les valeurs importantes seront marquées.
- .7 Pour les transducteurs des équipements hydrauliques et pneumatiques importants pour la sécurité, il devra être indiqué si la tension est à disposition aux éléments de commutation correspondants.

- .8 Un compteur de courses sera installé.
- .9 Les deux valeurs de mesure du dispositif de tension hydraulique (chiffre 614.8) et les dérangements seront affichés dans la station motrice et dans la station de renvoi.

642 Poste de commande et poste de contrôle

- .1 Depuis le poste de commande, il faudra pouvoir commander et surveiller le funiculaire.
- .2 A partir du poste de contrôle, on doit pouvoir arrêter le funiculaire et le télécommander, si nécessaire.
- .3 Au poste de commande, il faudra indiquer séparément, à l'aide de dispositifs de signalisation, en particulier:
 - .3.1 que le funiculaire est prêt à être exploité;
 - .3.2 le sens de marche;
 - .3.3 la vitesse de marche;
 - .3.4 la position des freins de l'entraînement;
 - .3.5 la position de sélection pour la commande de la force de freinage;
 - .3.6 le déclenchement des dispositifs de sécurité de l'entraînement, le cas échéant, également des dispositifs de protection;
 - .3.7 l'approche des véhicules aux stations (acoustique) et que la plus petite vitesse de marche surveillée est atteinte (application selon l'annexe 1, chiffre 4.2);
 - .3.8 l'interruption, le court-circuit ou le circuit à terre des circuits de surveillance;
 - .3.9 que les véhicules sont prêts à être utilisés (application selon annexe 1, chiffre 2.13);
 - .3.10 la surcharge des véhicules (application selon l'annexe 1, chiffre 5.6);
 - .3.11 le pontage de toute l'installation de télésurveillance;
 - .3.12 le pontage d'éléments particuliers de l'installation de télésurveillance;
 - .3.13 le pontage d'autres dispositifs de sécurité;
 - .3.14 le mode d'entraînement (principal, auxiliaire ou de secours), si celui-ci n'est pas facilement reconnaissable;
 - .3.15 l'entrée en fonction des dispositifs de sécurité du dispositif de mise en tension hydraulique (application selon l'annexe 1, chiffre 2.7 et 2.8).

- 4 Aux postes de contrôle, il faudra indiquer à l'aide de dispositifs de signalisation, en particulier:
 - 4.1 la positions fermée des freins après l'arrêt;
 - 4.2 le pontage des dispositifs de sécurité du dispositif de mise en tension hydraulique (application selon l'annexe 1, chiffre 2.7 chiffre 2.8);
 - 4.3 l'entrée en fonction des dispositifs de sécurité du dispositif de mise en tension hydraulique (application selon annexe 1, chiffre 2.7 et 2.8).
- 5 L'indicateur de la position des véhicules, situé dans le poste de commande, devra indiquer l'emplacement des véhicules. Les règles suivantes seront observées:
 - 5.1 la ligne sera généralement représentée à l'échelle 1:1'000 à 1:2'000. Une plus petite échelle peut être choisie si l'on indique en plus en mètres la distance d'au moins un véhicule par rapport à l'une des stations;
 - 5.2 dans les deux positions terminales des véhicules, l'indicateur de position devra être corrigé automatiquement de manière qu'il se trouve dans la position initiale correspondante;
 - 5.3 il faudra installer une échelle subdivisée de manière appropriée; à moins que la distance d'un véhicule par rapport à l'une des stations soit indiquée en mètre;
 - 5.4 on indiquera la position du milieu de la ligne, du début des ralentissements d'entrée, du contrôle du point fixe, de quelques endroits importants de la surveillance d'entrée, ainsi que d'autres endroits importants de la ligne;
 - 5.5 l'indicateur de position devra être en état de fonctionner avec l'entraînement auxiliaire et de secours.
- 6 Un signal particulier indiquera au personnel de service les pannes qui empêchent de terminer la course (application selon l'annexe 1, chiffre 2.14).
- 7 On observera en outre le chiffre 511.

643 Dispositifs de contrôle

- 1 Le personnel devra pouvoir contrôler à l'aide de moyens simples, les circuits de sécurité et les circuits de surveillance, ainsi que les dispositifs de sécurité, qui ne peuvent être contrôlés de façon automatique, ou qui agissent directement sur des éléments mécaniques.
- 2 Pour vérifier l'unité en question, il n'est pas permis de la modifier en quoi que ce soit, sauf dans les cas justifiés.

- .3 La mise en danger de l'exploitation normale sera exclue par des verrouillages adéquats.
- .4 Il faudra pouvoir contrôler, en particulier:
 - .4.1 le déclenchement de survitesse, lorsque $v \geq v_{\max} + 10$ pour cent, dans les deux sens de marche (arrêt d'urgence au frein de service);
 - .4.2 le déclenchement de survitesse, lorsque $v \leq v_{\max} + 15-20$ pour cent, dans les deux sens de marche (arrêt d'urgence au frein de sécurité);
 - .4.3 les surveillances d'entrée (chiffre 662), chacune séparément;
 - .4.4 le levier final (chiffre 526.4.2);
 - .4.5 l'action du frein de service;
 - .4.6 l'action du frein de sécurité;
 - .4.7 le circuit de repos et le circuit de travail du frein de sécurité, chacun séparément (chiffre 656.1);
 - .4.8 les surveillances de la décélération;
 - .4.9 les valeurs de seuil des déclenchements d'arrêt d'urgence des circuits de surveillance (interruption, court-circuit et circuit à terre);
 - .4.10 les divers canaux d'un système de surveillance et les valeurs correspondantes de déclenchement des circuits de surveillance audiofréquence et haute fréquence;
 - .4.11 la transmission du signal de surcharge et le verrouillage correspondant de l'ordre de départ, ainsi que, dans la mesure du possible, le dispositif de mesure de la charge lui-même (chiffre 701.12).
 - .4.12 les dispositifs de sécurité du dispositif de mise en tension hydraulique;
 - .4.13 le circuit de repos et le circuit de travail des dispositifs pour le maintien de la force de tension, chacun séparément (chiffre 614.9).
- .5 Pendant le contrôle du frein de sécurité (essais de freinage en chargé), il devra être possible de faire intervenir le frein de service, même si cela est empêché par les circuits électriques lors de l'action du frein de sécurité en exploitation normale (chiffre 655.5).
- .6 Le cas échéant, il faudra également pouvoir contrôler tout autre matériel électrique, pour autant qu'il soit de même importance pour la sécurité.

65 Installations électriques d'entraînement

651 Entraînement électrique

- .1 Les installations électriques d'entraînement permettront, indépendamment de la charge, de démarrer autant que possible sans à-coups et de circuler dans les deux directions. Elles seront dimensionnées pour une exploitation continue avec charge à la montée (chiffre 423.1.2) et pour la vitesse maximale admissible.
- .2 Le moteur principal devra pouvoir démarrer avec charge à la montée (chiffre 423.1.3):
 - .2.1 au départ des stations et des arrêts intermédiaires avec une accélération de $0,3 \text{ m/s}^2$; des valeurs plus petites devront aussi pouvoir être sélectionnées;
 - .2.2 à partir de l'endroit le plus défavorable de la ligne, avec une accélération d'au moins $0,1 \text{ m/s}^2$.
- .3 La vitesse de marche devra, sauf dans les cas justifiés, pouvoir être réglée progressivement sur toute l'échelle des vitesses.
- .4 Pour maintenir la vitesse de marche introduite préalablement, l'entraînement électrique devra permettre le passage automatique à l'état de frein électrique, c'est-à-dire que:
 - .4.1 sauf cas justifiés, un entraînement à quatre quadrants sera exigé;
 - .4.2 l'inversion parfaite du couple moteur doit être assurée.
- .5 D'une part, la vitesse de marche introduite préalablement sera maintenue suffisamment indépendante de la charge; d'autre part, les variations du couple moteur agissant sur l'entraînement seront réglées de façon souple; en d'autres termes, la compensation de réglage ne doit pas se faire trop rapidement. Les variations de vitesse jusqu'à ± 5 pour cent seront admises en règle générale (application selon l'annexe 1, chiffre 3.1).
- .6 Tous les circuits de réglage, qu'ils soient séparés ou groupés, seront stables pour l'ensemble des conditions de fonctionnement. On observera une marge suffisante à la limite de stabilité.

- .7 Si le funiculaire doit être arrêté, le flux d'énergie entre le secteur et le moteur principal sera interrompu automatiquement de manière double; immédiatement, en cas d'arrêt d'urgence avec le frein de service ou le frein de sécurité, et au plus tard à l'arrêt, dans les autres cas. Pour cela:
 - .7.1 au moins une des interruptions aura lieu galvaniquement;
 - .7.2 dans les convertisseurs statiques, le flux d'énergie sera bloqué.
- .8 En cas d'entraînements jumelés, les moteurs seront chargés en fonction de leur puissance, pour chaque condition d'exploitation.

652 Commande

- .1 Un ordre de commande ne sera efficace que si toutes les conditions exigées pour un démarrage parfait sont remplies. Il faut en particulier que:
 - .1.1 le funiculaire soit arrêté;
 - .1.2 le matériel électrique pour la commande de la vitesse soit à la position zéro;
 - .1.3 le frein de service ne soit pas ouvert;
 - .1.4 la double coupure du flux d'énergie entre le secteur et le moteur principal ait été exécutée le dernier arrêt effectué (chiffre 651.7).
- .2 L'ordre de départ sera rendu plus difficile en cas de pontage d'un ou de plusieurs dispositifs de sécurité.
- .3 En cas de pontage d'un ou de plusieurs dispositifs de sécurité, il ne devra pas y avoir d'accélération automatique après un ordre de départ.
- .4 L'ordre de changement du sens de marche n'agira que lorsque le funiculaire est à l'arrêt.
- .5 La commande garantira que la vitesse de marche:
 - .5.1 ne dépasse pas la vitesse maximale admissible (chiffre 341):
 - .5.1.1 en service normal;
 - .5.1.2 en cas de pontage d'un ou de plusieurs dispositifs de sécurité;
 - .5.1.3 en cas de mise hors service de la régulation ou de la commande de la force de freinage (application selon l'annexe 1, chiffre 3.8);
 - .5.2 ne dépasse pas la vitesse maximale admise en commande de substitution, selon la colonne de l'annexe 1, partie U, pour la réduction de vitesse (" $v_{\text{réd}}$ "), lorsque l'un des dispositifs de sécurité, de protection ou de commande n'est plus en état de fonctionner (chiffre 616.3).

- .6 La valeur de consigne à appliquer sera toujours celle qui conduit à la vitesse de marche la plus petite.
- .7 Lorsque la vitesse de marche peut être réglée progressivement, elle devra:
 - .7.1 pouvoir être limitée, avant la marche, à une valeur déterminée (application selon l'annexe 1, chiffre 3.2);
 - .7.2 pouvoir en tout temps, pendant la marche, être limitée aussi bien que réduite, depuis le poste de commande.
- .8 Si la réduction de vitesse peut être effectuée à partir de différents postes de contrôle, elle ne pourra être annulée que depuis l'endroit où elle a été effectuée.

653 Arrêt normal

- .1 Après que l'ordre d'arrêt normal ait été donné, le funiculaire sera freiné à l'aide du moteur principal, avec une décélération suffisante et aussi constante que possible. Une valeur de décélération de $0,2 \text{ m/s}^2$ au minimum devra pouvoir être sélectionnée.
- .2 Juste avant l'achèvement de la phase d'arrêt, c'est-à-dire immédiatement avant l'arrêt du funiculaire, la force de freinage totale du frein de service doit entrer en action. Au plus tard à l'arrêt, le flux d'énergie entre le secteur et le moteur principal sera interrompu (chiffre 651.7).
- .3 L'arrêt normal devra aussi pouvoir être déclenché à partir de l'installation de télésurveillance lorsque ce mode d'arrêt doit être possible (chiffre 614.4) (application selon l'annexe 1, chiffre 5.11).

654 Arrêt électrique

- .1 Lors d'un arrêt électrique, le funiculaire sera freiné à l'aide du moteur principal, avec une décélération surveillée, si possible constante jusqu'à l'arrêt. Il faudra pouvoir sélectionner la décélération entre $0,3$ et $0,8 \text{ m/s}^2$.
- .2 Un arrêt électrique sera déclenché automatiquement lorsque le circuit de sécurité correspondant est interrompu (annexe 1, partie E).
- .3 L'arrêt électrique devra aussi pouvoir être déclenché depuis l'installation de télésurveillance lorsque ce mode d'arrêt doit être possible (chiffre 614.3) (application selon l'annexe 1, chiffre 5.3.1).

- .4 Juste avant la phase d'achèvement de l'arrêt électrique, c'est-à-dire immédiatement avant l'arrêt du funiculaire, la force de freinage totale du frein de service doit entrer en action. Au plus tard à l'arrêt, le flux d'énergie entre le secteur et le moteur principal sera interrompu (chiffre 651.7).
- 5 La décélération provoquée par l'arrêt électrique sera contrôlée par un dispositif de surveillance (surveillance de la décélération) (application selon l'annexe 1, chiffre 3.6).

655 Arrêt d'urgence au frein de service

Conditions générales

- .1 Le frein de service agira automatiquement et le flux d'énergie entre le secteur et le moteur principal sera interrompu simultanément ou immédiatement après (chiffre 651.7) (arrêt d'urgence au frein de service), lorsque:
 - .1.1 le circuit de sécurité correspondant (annexe 1, partie E) est interrompu;
 - .1.2 l'arrêt électrique ou l'arrêt normal ne sont pas en état de fonctionner en raison du passage à un autre mode de commande (commande manuelle ou éventuellement commande de substitution);
 - .1.3 l'arrêt électrique est pratiquement terminé;
 - .1.4 l'arrêt normal est pratiquement terminé;
 - .1.5 l'arrêt de station doit se faire automatiquement (chiffre 661.5);
 - .1.6 le régulateur est remis dans la position zéro.
- .2 La force de freinage du frein de service devra agir (chiffre 525.2):
 - .2.1 soit par régulation de la force de freinage;
 - .2.2 soit, dans des cas justifiés, par commande de la force de freinage;
 - .2.3 soit indépendamment de la charge, immédiatement et intégralement.
- .3 Il est permis de combiner la régulation et la commande du frein. Dans ce cas, c'est la plus grande des deux valeurs déterminantes de la force de freinage qui devra agir.
- .4 La décélération provoquée par le frein de service sera contrôlée par un dispositif de surveillance sauf dans le cas où, sans le fonctionnement d'un frein, la vitesse diminue avec charge à la descente (chiffre 423.1.4) (application selon l'annexe 1, chiffre 3.7).

- .5 Lorsque le frein de sécurité agit normalement, il faut éviter - si nécessaire, aussi en cas de panne ou d'asymétrie du réseau - que le frein de service puisse contribuer à la décélération. La force de freinage totale du frein de service agira lorsque le câble est à l'arrêt, toutefois au plus tard - si le frein de service est, par la technique des circuits, maintenu complètement ouvert lors de l'action du frein de sécurité - après l'écoulement du temps de freinage normal avec charge à la descente (chiffre 423.1.5).
- .6 L'alimentation du matériel électrique agissant sur le frein de service sera conçue de façon à empêcher, autant que possible, les pannes de l'alimentation en tension qui pourraient entraîner un surfreinage dû à l'action simultanée des freins de service et de sécurité.

Régulation de la force de freinage

- .7 En cas de régulation de la force de freinage, il faudra observer les points suivants:
 - .7.1 la force de freinage du frein de service sera réglée de façon à arrêter le funiculaire avec une décélération aussi constante que possible; on devra pouvoir sélectionner une valeur de décélération comprise entre 0,3 et 0,8 m/s². Des valeurs plus élevées ne sont admises que si elles peuvent être atteintes sans le concours du frein de service (décélération naturelle);
 - .7.2 la régulation de la force de freinage restera également en état de fonctionnement en cas de panne de secteur ou d'asymétrie dans le réseau;
 - .7.3 la force de freinage totale du frein de service entrera en action au plus tard lorsque le câble est à l'arrêt, indépendamment de la régulation de la force; le circuit de maintien des transducteurs correspondants sera interrompu par au moins deux contacts d'appareils de commutation différents.

Commande de la force de freinage

- .8 En cas de commande de la force de freinage, il faudra observer les points suivants:
 - .8.1 la force de freinage du frein de service sera déterminée par la force tangentielle immédiatement avant l'arrêt; les valeurs de pointe momentanées ne seront pas prises en considération; après l'interruption de l'alimentation en énergie, la variation de la force tangentielle ne devra plus influencer la force de freinage;
 - .8.2 la commande de la force de freinage devra permettre, lors d'un freinage normal, une décélération comprise entre 0,3 m/s² et la valeur maximale admise (chiffre 525.2);

- .8.3 la commande de la force de freinage restera également, sauf dans les cas justifiés, en état de fonctionner en cas de panne de secteur ou d'asymétrie dans le réseau;
- .8.4 la force de freinage totale du frein de service entrera en action au plus tard lorsque le câble est à l'arrêt, indépendamment de la commande de la force; le circuit de maintien des transducteurs correspondants sera interrompu par au moins deux contacts d'appareils de commutation différents.

656 Arrêt d'urgence au frein de sécurité

- .1 Le frein de sécurité devra agir automatiquement (arrêt d'urgence au frein de sécurité), en plus des dispositifs mécaniques de déclenchement exigés (chiffres 526.3 et .4), lorsque:
 - .1.1 le circuit de sécurité correspondant est interrompu (annexe 1, partie E);
 - .1.2 le circuit de travail exigé (chiffre 656.3) est fermé.
- .2 Aussitôt que le frein de sécurité agit, le circuit de sécurité indiqué dans l'annexe 1, partie E, sera interrompu (application selon l'annexe 1, chiffre 3.10). En outre, en cas de défaillance du matériel électrique de ce circuit de sécurité, le flux d'énergie entre le secteur et le moteur principal sera interrompu (chiffre 651.7).
- .3 Lorsque le frein de sécurité est maintenu ouvert à l'aide d'un circuit de repos hydraulique ou pneumatique (chiffre 526.2), il sera actionné en interrompant le circuit de repos mentionné ci-dessus, par un transducteur d'un circuit de repos d'une part, et par un transducteur d'un circuit de travail d'autre part (chiffre 512.10.6, 656.1.1 et 1.2). S'il est maintenu ouvert par un circuit électrique de repos, un circuit de repos suffit (chiffre 656.1.1).
- .4 En cas de baisse de pression inadmissible dans le circuit de repos hydraulique ou pneumatique, le frein de sécurité entrera en action totalement lorsque l'actionnement du frein de service est empêché par les circuits électriques (chiffre 655.5), sauf si le funiculaire en charge ne se déplace pas de lui-même (application selon l'annexe 1, chiffre 3.11).
- .5 En cas de panne de secteur ou d'asymétrie du réseau, le frein de sécurité ne devra pas intervenir avant l'arrêt du funiculaire.
- .6 L'alimentation en courant du matériel électrique agissant sur le frein de sécurité sera conçue de façon à empêcher autant que possible une panne de l'alimentation en tension, qui pourrait conduire à un sur-freinage dû à l'action simultanée des freins de sécurité et de service.

- .7 Après un déclenchement électrique du frein de sécurité pendant la marche (annexe 1, partie E), il ne devra être possible d'ouvrir le frein, ou de provoquer son ouverture, que depuis le local des machines, respectivement depuis le poste de commande.

657 Surveillance de la décélération

- .1 Lorsque la décélération est insuffisante, le circuit de sécurité mentionné en annexe 1, partie E, sera interrompu par la surveillance de décélération.
- .2 En cas d'arrêt électrique, respectivement en cas d'arrêt d'urgence au frein de service, la surveillance de décélération ne sera pas enclenchée par le même appareil de commutation qui provoque directement le déclenchement de l'arrêt électrique, respectivement, qui coupe le circuit de maintien du frein de service.
- .3 La surveillance de décélération sera indépendante du sens de marche et fonctionnera aussi en cas de panne de secteur ou d'asymétrie dans le réseau.
- .4 Pour la surveillance de décélération, une valeur $0,3 - 1,0 \text{ m/s}^2$ devra pouvoir être sélectionnée.
- .5 Si le frein de sécurité ou de service est actionné par la surveillance de décélération, le temps de réaction devra être aussi faible que possible; il ne devra pas dépasser 2 secondes dès le début du processus de surveillance.

658 Dispositifs de sécurité et de protection supplémentaires de l'entraînement

- .1 Les différents entraînements (entraînements principal, auxiliaire et de secours) seront verrouillés les uns par rapport aux autres, de façon à exclure tout danger (application selon l'annexe 1, chiffre 2.2).
- .2 En cas d'entraînements jumelés, lorsqu'un seul moteur suffit à l'exploitation, il faudra installer les verrouillages appropriés (application selon l'annexe 1, chiffre 2.3).
- .3 La vitesse de marche sera surveillée, indépendamment du sens de marche, de manière:
 - 3.1 qu'elle ne dépasse pas de plus de 10 pour cent la valeur maximale admissible (application selon l'annexe 1, chiffre 3.3);

- .3.2 qu'elle ne dépasse pas la vitesse maximale admise en commande de substitution, selon la colonne de l'annexe 1, partie U, pour la réduction de vitesse (" v_{red} "), lorsque l'un des dispositifs de sécurité, de protection ou de commande n'est plus en état de fonctionner (application selon l'annexe 1, chiffre 3.4);
- .3.3 qu'elle ne dépasse pas en cas de pontage d'un ou de plusieurs dispositifs de sécurité la valeur admissible de 2 m/s (application selon l'annexe 1, chiffre 3.5).
- .4 Il faudra surveiller que le frein de service s'ouvre au départ et qu'il reste ouvert pendant la course (application selon l'annexe 1, chiffre 3.9).
- .5 Les dangers occasionnés par de grandes variations du couple moteur - provoquées par une erreur dans le moteur électrique - devront autant que possible être évités, si ces variations peuvent entraîner une trop grande accélération ou décélération (application selon l'annexe 1, chiffre 3.12).
- .6 Les dangers dus à une panne de secteur ou à une asymétrie du réseau doivent être exclus (application selon l'annexe 1, chiffre 3.13).
- .7 La mesure de la valeur réelle du nombre de tours (valeur aux bornes de sortie d'un appareil de mesure correspondant) pour une fonction de commande ou de régulation, et pour un dispositif de sécurité surveillant une telle fonction, sera, sauf cas justifiés, effectuée par des appareils de mesure séparés.
- .8 Si un dispositif de sécurité doit être doublé et si on emploie pour ce dispositif un tachymètre, le chiffre 658.7 sera observé par analogie.
- .9 Les différents éléments de mesures des valeurs tachymétriques réelles seront entraînés par des mécaniques séparées.
- .10 Les valeurs tachymétriques réelles et de consigne importantes pour la sécurité, seront surveillées par comparaison réciproque (application selon l'annexe 1, chiffres 3.14 - 3.17).
- .11 La surveillance des valeurs tachymétriques réelles entrera en action pour une différence de valeur de $\geq 0,6$ m/s.
- .12 La correspondance entre le sens de marche effectif et l'ordre de marche donné sera surveillée (surveillance du sens de marche) sauf lorsque un danger est exclu par d'autres mesures constructives, respectivement par d'autres mesures propres à la technique des circuits ou des mesures équivalentes (application selon l'annexe 1, chiffre 3.18).
- .13 La surveillance du sens de marche entrera en action dès que la vitesse de marche atteint ou dépasse 0.6 m/s.

- .14 Les champs des machines électriques seront protégés de la surcharge thermique lorsqu'une telle surcharge ne peut pas être exclue par des mesures constructives ou des mesures propres à la technique des circuits (application selon l'annexe 1, chiffre 3.21).
- .15 Le champ minimal admissible du moteur principal sera en principe surveillé (application selon l'annexe 1, chiffre 3.22).
- .16 Les machines électriques seront protégées thermiquement par des disjoncteurs-protecteurs ou des transducteurs à fonctions semblables (application selon l'annexe 1, chiffre 3.23).

66 Entrée en station

661 Ralentissement d'entrée

- .1 Avant les stations, la commande de ralentissement d'entrée réduira à temps la vitesse de marche (application selon l'annexe 1, chiffre 4.1).
- .2 La commande de ralentissement d'entrée devra provoquer une décélération acceptable pour les voyageurs et garantir que, normalement, la surveillance d'entrée n'intervienne pas.
- .3 Il faudra indiquer l'approche des véhicules aux stations et que la plus petite vitesse de marche surveillée est atteinte (chiffre 642.3.7) (application selon l'annexe 1, chiffre 4.2).
- .4 Dans la zone terminale d'entrée en station, les freins de service et de sécurité devront intervenir avec la force de freinage totale à l'arrêt du câble.
- .5 Les freins devront intervenir (chiffre 661.4) et le flux d'énergie entre le secteur et le moteur principal devra être interrompu (chiffre 651.7), au plus tard lorsque l'endroit normal d'arrêt dans la station motrice est atteint.
- .6 En cas de panne de l'arrêt normal en station, un autre interrupteur (interrupteur de secours sur les butoirs) devra - indépendamment du matériel électrique installé pour cet arrêt - interrompre le circuit de sécurité désigné à l'annexe 1, partie E, (application selon l'annexe 1, chiffre 4.3); cela sauf si le frein de sécurité peut, à cet endroit, entrer en fonction mécaniquement ou hydrauliquement (chiffre 526.4.2).
- .7 Pour un entraînement à treuil, également dans le cas d'une panne de l'arrêt normal en station ainsi que de l'interrupteur de secours sur les butoirs, les freins devront intervenir (chiffre 661.4) et le flux d'énergie entre le secteur et le moteur principal devra être interrompu (chiffre 651.7) (application selon l'annexe 1, chiffre 4.4).

662 Surveillance d'entrée

(application selon l'annexe 1, chiffres 4.5 - 4.13)

- .1 Dans la zone d'entrée des stations, l'évolution de la vitesse devra être surveillée par deux répéteurs de marche indépendants l'un de l'autre, par des interrupteurs ou des leviers (leviers d'entrée) montés le long du tronçon d'entrée, en liaison avec deux éléments de mesure de la vitesse indépendants l'un de l'autre.

- .2 Il devra y avoir deux dispositifs de surveillance d'entrée totalement indépendants l'un de l'autre.
- .3 Chacun de ces dispositifs doit interrompre le circuit de sécurité correspondant (annexe 1, partie E), lorsque la vitesse de marche n'a pas été réduite suffisamment avant les stations.
- .4 En cas d'action d'une surveillance d'entrée, les véhicules devront s'arrêter avant le butoir. Il faudra tenir compte de la distance supplémentaire qui se produit si la surveillance de décélération doit faire intervenir le frein de sécurité.
- .5 Les éléments de mesure de la vitesse, pour au moins un dispositif de surveillance d'entrée, devront être directement entraînés ou influencés par une poulie de renvoi, une poulie de déviation ou le tambour du treuil.
- .6 Les éléments de mesure de la vitesse et leurs transducteurs, respectivement leurs signaux de sortie pour la surveillance d'entrée, devront être surveillés pour savoir s'ils commutent, respectivement s'ils sont installés (application selon l'annexe 1, chiffre 4.11).
- .7 Le bon fonctionnement des interrupteurs ou d'autres transducteurs montés le long du tronçon pour la surveillance de l'entrée devra être contrôlé au moins avant ou après chaque course (application selon l'annexe 1, chiffre 4.12).
- .8 Avant chaque entrée en station, il faudra contrôler si les leviers d'entrée éventuellement disponibles sont en position de surveillance. Ce contrôle devra fonctionner intégralement et indépendamment de la commande de la décélération d'entrée (application selon l'annexe 1, chiffre 4.13)

663 Répétiteurs de marche

Dispositions générales

- .1 Pour commander et surveiller le programme de la course entre les deux stations, cela en fonction de la distance, il y a lieu d'utiliser les informations fournies par le répétiteur de marche ou le relais de voie.
- .2 Le parcours du câble servira de base à la représentation de la ligne par le répétiteur de marche.
- .3 Le répétiteur de marche devra donner la valeur de consigne pour l'évolution de la vitesse le long du parcours, en particulier dans les zones d'entrée des stations, ou amorcer la représentation de cette valeur.

- .4 Le répétiteur de marche devra permettre de surveiller, en fonction de la distance, la vitesse dans les zones d'entrée des stations.
- .5 Le répétiteur de marche devra pouvoir fournir d'autres informations pour la commande et la surveillance.
- .6 Le répétiteur de marche devra reconnaître lui-même le sens de marche. Un changement du sens de marche sur la ligne doit être possible.
- .7 En cas de panne de secteur, le répétiteur de marche devra être maintenu en état de fonctionner.
- .8 Du personnel formé devra pouvoir, avec des moyens raisonnables, modifier le réglage du répétiteur et la surveillance du programme des courses.
- .9 Le chiffre 541 sera observé.

Répétiteur électronique

- .10 Pour le répétiteur électronique, il faudra observer les points suivants:
 - .10.1 l'introduction du parcours dans le répétiteur devra se faire par un poste transmetteur de signaux influencé par une poulie de renvoi, une poulie de déviation, le tambour du treuil ou par un dispositif analogue;
 - .10.2 le répétiteur devra permettre des réglages ayant une précision de ≤ 1 m de longueur de câble;
 - .10.3 les réglages des diverses fonctions de sortie devront être bien visibles sur le répétiteur de marche, ou faciles à déterminer,
 - .10.4 chaque répétiteur devra indiquer en mètres la distance d'un véhicule par rapport à l'une des deux stations;
 - .10.5 les signaux de sortie qui exercent une fonction de sécurité et qui ne sont pas surveillés par le contrôle du répétiteur (chiffre 664), devront être contrôlés automatiquement;
 - .10.6 après une coupure de la tension d'alimentation, le répétiteur ne devra être à nouveau opérationnel que s'il a été à nouveau synchronisé quant à la représentation de la ligne.

Répétiteur mécanique

- .11 Pour le répétiteur mécanique, il faudra observer les points suivants:
 - .11.1 le répétiteur devra, au moins dans la zone d'entrée des stations, permettre des réglages ayant une précision de ≤ 2 m de longueur de câble. Cela impose une échelle pour laquelle 1 mm doit correspondre au maximum à 1 m de longueur de câble;

- .11.2 il faudra au moins indiquer sur le répétiteur lui-même, l'échelle, les deux valeurs des positions finales et la position du contrôle du point fixe;
- .11.3 les interrupteurs du répétiteur qui exercent des fonctions de sécurité et qui ne sont pas surveillés par le contrôle du répétiteur (chiffre 664), devront être actionnés et s'enclencher par contrainte ou leur fonction devra être contrôlée automatiquement au moins une fois par course;
- .11.4 si les potentiomètres du répétiteur de marche exercent des fonctions de sécurité, leur fonctionnement devra être contrôlé automatiquement, sauf s'ils sont surveillés par le contrôle du répétiteur (chiffre 664).

664 **Contrôle du répétiteur de marche**

(application selon l'annexe 1, chiffres 4.14 - 4.17)

- .1 En cas d'utilisation de répétiteurs électroniques, pour le contrôle du répétiteur, les dispositifs de sécurité suivants devront être disponibles et en état de fonctionner dans la zone d'entrée des stations:
 - .1.1 contrôle du point fixe avec emploi direct des valeurs de position utilisées directement pour les surveillances d'entrées;
 - .1.2 contrôle continu du synchronisme des valeurs de position utilisées directement pour les surveillances d'entrée;
 - .1.3 contrôle de la position zéro.
- .2 En cas d'utilisation de répétiteurs mécaniques, pour le contrôle du répétiteur, les dispositifs de sécurité suivants devront être disponibles et en état de fonctionner dans la zone d'entrée des stations:
 - .2.1 contrôle du point fixe avec ou sans emploi direct des valeurs utilisées directement pour les surveillances d'entrée;
 - .2.2 contrôle de synchronisme indépendant d'un contrôle du point fixe, sauf s'il existe un contrôle du point fixe selon le chiffre 664.1.1;
 - .2.3 contrôle de la position zéro.

67 Installations de télésurveillance et de télécommande

671 Circuits de surveillance

- .1 Les circuits de surveillance provoqueront l'arrêt du funiculaire (chiffre 614.2) aussi bien en cas d'interruption qu'en cas de courts-circuits avec d'autres circuits de surveillance, ou de circuit à terre.
- .2 L'interruption, le contact réciproque et le circuit à terre des lignes de contact ou des lignes latérales qui transmettent des informations importantes pour la sécurité, seront surveillés par des circuits de surveillance (application selon l'annexe 1, chiffre 5.1.1).
- .3 Si la vitesse de marche dépasse la valeur spécifiée au chiffre 341.4, le câble tracteur devra être surveillé par un circuit de surveillance (application selon l'annexe 1, chiffre 5.1.2).
- .4 Les appareils d'émission et de réception du circuit de surveillance d'un contrôle du câble tracteur seront montés de manière à éviter toutes les influences réciproques qui pourraient entraver le bon fonctionnement de l'installation.
- .5 Les circuits de surveillance devront être accouplés galvaniquement et de manière à empêcher tout contact. Si l'on s'attend à des conditions atmosphériques extrêmes, il faudra prévoir un accouplement sans possibilité de contact.
- .6 Les circuits de surveillance déclencheront l'arrêt d'urgence au plus tard lorsque:
 - .6.1 la résistance à la terre (résistance transversale) descend au-dessous de 500 Ohms - à moins de 200 Ohms dans la boucle du câble tracteur;
 - .6.2 la résistance entre les câbles surveillés descend au-dessous de 500 Ohms.
- .7 Dans les circuits de surveillance, on admettra au plus une faible tension entre les câbles et la terre, ainsi qu'entre les câbles eux-mêmes. Des tensions supérieures, jusqu'à 100 V au maximum (tension continue, respectivement valeur de crête pour la tension alternative) sont admises pour autant que les puissances de court-circuit n'excèdent pas 10 W et que les mesures correspondantes de protection sur les pylônes et dans les stations soient prises.
- .8 Il est permis de retarder de 0,5 seconde au maximum le déclenchement de l'arrêt d'urgence, afin d'empêcher l'arrêt automatique du funiculaire à la suite d'une interruption ou d'un circuit à terre temporaire, ainsi qu'à la suite d'une influence atmosphérique.

- .9 Dans des cas justifiés, il sera possible de mettre en circuit un dispositif supplémentaire de retardement du déclenchement. La mise en circuit de ce dispositif ne devra pas être possible de façon continue.
- .10 Il n'est pas admis de monter en parallèle aux contacts, respectivement aux éléments d'ouverture importants pour la sécurité, des éléments comme, par exemple, les résistances, les condensateurs, les diodes.
- .11 En général, les terres ne pourront être utilisées pour l'action des dispositifs de sécurité que si elles sont contrôlées par un circuit de surveillance.
- .12 Il suffit, pour les lignes de contact et les lignes latérales à surveiller, (chiffre 671.2), de surveiller uniquement l'interruption et le circuit à terre, si:
 - .12.1 le contact réciproque des lignes surveillées - sauf dans le cas de rupture – est exclu;
 - .12.2 à l'intérieur de l'installation, un court-circuit entre les circuits de surveillance est exclu.

Circuits de surveillance à courant continu

- .13 Pour les circuits de surveillance à courant continu, il faudra observer les points suivants:
 - .13.1 la sécurité au déclenchement devra être garantie;
 - .13.2 si le courant d'un circuit de surveillance dont la ligne correspondante est contrôlée à l'interruption:
 - .13.2.1 n'est pas alimenté par la station (station de renvoi ou d'entraînement) où il est évalué (station d'entraînement ou de renvoi), la partie correspondante du circuit de surveillance sera interrompue par des dispositifs de sécurité ou de protection;
 - .13.2.2 est alimenté par la station où il est évalué, la partie correspondante du circuit de surveillance sera interrompue par des dispositifs de sécurité ou de protection et le matériel électrique monté à cet effet sera ensuite court-circuité;
 - .13.3 Les circuits de surveillance déclencheront l'arrêt d'urgence au plus tard lorsque:
 - .13.3.1 la résistance en série (résistance longitudinale) dépasse 10'000 Ohms;
 - .13.3.2 la résistance en série atteint la même valeur que la résistance à la terre provoquant le déclenchement d'arrêt d'urgence lorsque les circuits de surveillance selon chiffre 671.13.2.1 sont interrompus directement par des dispositifs de sécurité.

Circuits de surveillance audiofréquence et haute fréquence

- .14 Pour les circuits de surveillance audiofréquence et haute fréquence, il faudra observer les points suivants:
 - .14.1 si des signaux audiofréquence et à haute fréquence sont utilisés, la sécurité au déclenchement devra être garantie par analogie;
 - .14.2 un signal de surveillance ne pourra être produit que dans la station où il est reçu et évalué, si l'on exclut toute influence réciproque entre l'émetteur et le récepteur qui pourrait entraver le fonctionnement;
 - .14.3 si des liaisons radio sont utilisées dans le circuit de surveillance, il faudra pouvoir garantir une exploitation sûre et fiable. De telles liaisons dans le circuit de surveillance ne pourront être admises que dans des cas justifiés.

672 Dispositifs de sécurité et de protection agissant sur les circuits de surveillance

- .1 Les dispositifs de sécurité et de protection se trouvant sur la ligne agiront directement sur les circuits de surveillance. Ceux qui se trouvent dans les véhicules, dans la station de renvoi ainsi que dans les arrêts intermédiaires agiront sur les circuits de surveillance directement ou par l'intermédiaire des circuits de sécurité.
- .2 Les dispositifs de sécurité et de protection qui agissent sur un circuit de surveillance à courant continu devront interrompre la partie correspondante du circuit (chiffre 671.13.2.1) ou interrompre et court-circuiter ensuite le matériel électrique monté à cet effet (chiffre 671.13.2.2). Les dispositifs de sécurité et de protection agissant sur les circuits de surveillance audiofréquence et haute fréquence devront agir par analogie.
- .3 Dans des cas justifiés, la mise à la terre de la ligne de contact ou de la ligne latérale (chiffre 625.9) suffit pour le déclenchement de l'arrêt d'urgence à partir des véhicules (application selon l'annexe 1, chiffre 5.3.2)

673 Surveillance du frein du véhicule

- .1 La position du frein du véhicule ainsi que celle d'un éventuel dispositif d'ouverture seront surveillées (chiffre 712), sauf si, dans des cas justifiés, la ligne de contact ou la ligne latérale peut être mise à la terre pour le déclenchement de l'arrêt d'urgence à partir des véhicules (application selon l'annexe 1, chiffre 5.4).
- .2 Le bon fonctionnement de chaque interrupteur de surveillance du frein du véhicule devra pouvoir être contrôlé sans grandes difficultés.

- .3 Un dispositif d'ouverture du frein du véhicule, commandé électriquement, ne devra pouvoir être mis en service que par un commutateur manuel. L'actionnement de ce commutateur devra être rendu plus difficile (chiffre 712.4).

674 Installations particulières pour les circuits de surveillance

- .1 La résistance d'isolation par rapport à la terre, des lignes et des câbles à surveiller (chiffres 671.2. et .3), avec une tension de contrôle de 500 V, sera au moins égale à 20'000 Ohms, même pour des conditions météorologiques défavorables.
- .2 Si l'on utilise des lignes de câble à la place de lignes aériennes, pour la réalisation des tâches de surveillance de l'installation de télésurveillance, on pourra faire abstraction, dans les cas justifiés, du paragraphe 67.

675 Télécommande

- .1 Le matériel électrique et les signaux de télécommande ne devront pas réduire la sécurité du funiculaire. Les signaux ne devront pas s'influencer mutuellement.
- .2 Les télécommandes seront construites de telle sorte que les signaux parasites soient si possible nuls, et que ceux-ci, le cas échéant, ne puissent pas avoir une influence dangereuse.
- .3 Aussi bien le "prêt au départ" que l'ordre de départ ne pourront être donnés à partir des véhicules que si toutes les conditions nécessaires pour cela sont remplies.
- .4 Un ordre de départ ne pourra être transmis que
 - .4.1 si les deux véhicules ont été déclarés prêts et qu'un ordre de départ a été donné à partir d'un véhicule ou
 - .4.2 si l'ordre de départ correspondant a été donné à partir des deux véhicules.
- .5 A partir des véhicules, la vitesse de marche devra pouvoir être limitée ou réduite à tout moment pendant la marche (application selon l'annexe 1, chiffre 5.11).
- .6 Les ordres de télécommande pour l'arrêt et la réduction de la vitesse de marche devront avoir la priorité sur tous les autres ordres de télécommande.

68 Equipements de télécommunication

681 Réseau de téléphone public

On pourra renoncer au raccordement au réseau de téléphone public dans les cas justifiés, à condition de garantir pendant toute la durée d'exploitation une liaison équivalente avec un poste de l'entreprise de transport à câbles, occupé en permanence et raccordé au réseau de téléphone public.

682 Liaisons téléphoniques internes du funiculaire

- .1 A part les liaisons téléphoniques de service entre les stations, les véhicules et les arrêts intermédiaires, les différentes sections d'un funiculaire seront également reliées entre elles, en général par une installation téléphonique de service.
- .2 Les liaisons téléphoniques internes du funiculaire ne devront pas influencer défavorablement le fonctionnement de la télésurveillance et de la télécommande.
- .3 Les liaisons de communication internes du funiculaire assureront une qualité suffisante de transmission.
- .4 Les liaisons téléphoniques internes du funiculaire resteront également en état de fonctionner lors de panne du secteur et de déclenchements d'arrêts d'urgence en provenance des circuits de surveillance par suite de l'action de dispositifs de sécurité ou de protection.
- .5 L'installation téléphonique de service restera en état de fonctionner si les déclenchements d'arrêt d'urgence de l'installation de télésurveillance sont partiellement ou complètement pontés.
- .6 L'installation téléphonique de service n'incorporera pas de liaison radio, sauf dans les cas justifiés.
- .7 Si des voyageurs sont transportés dans des véhicules non-accompagnés et qu'on ne peut pas atteindre ces véhicules rapidement, il faudra prévoir des dispositifs qui permettent en cas de dérangement - à partir d'un endroit occupé par du personnel - d'informer les voyageurs; sauf dans les cas justifiés, ces dispositifs devront permettre une conversation.

683 Transmission des signaux de marche et d'arrêt

- .1 Des dispositifs de transmission de signaux devront être à disposition pour transmettre les signaux de marche et d'arrêt. Ils ne devront pas pouvoir perturber le fonctionnement de la télésurveillance et de la télécommande.

- .2 Si des frotteurs appuyés en permanence sont utilisés pour transmettre des signaux de marche et d'arrêt, les points de contact seront contrôlés quant à l'interruption.

7 Prescriptions particulières de construction pour les véhicules

701 Généralités

- .1 Les éléments portants des véhicules seront conçus de sorte que leur état puisse être contrôlé. Les éléments de protection pourront être enlevés facilement.
- .2 Ils seront protégés contre la corrosion.
- .3 Pour les éléments portants des véhicules, il faudra utiliser un matériau qui présente, également à basse température, une ténacité suffisante, caractérisée par la résilience selon l'annexe 3.
- .4 Tous les assemblages soudés porteurs seront dimensionnés en tenant compte des sollicitations (chiffre 103.2.18) et réalisés par des soudeurs reconnus (chiffre 103.2.17).
- .5 Les liaisons entre les différentes parties du véhicule seront assurées de sorte qu'elles ne puissent se desserrer d'elles-mêmes.
- .6 Les éléments intermédiaires élastiques devront être construits de manière à ne pas pouvoir se détacher.
- .7 Tous les assemblages boulonnés porteurs seront dimensionnés en tenant compte des sollicitations (chiffre 103.2.19).
- .8 Pour le transport des voyageurs debout, la surface au sol des véhicules devra être déterminée de façon qu'une personne dispose au minimum de 0,18 m², au maximum de 0,2 m², et en cas de mesure de la charge, au maximum de 0,25 m².
- .9 Sauf cas justifiés, toutes les parties des véhicules seront reliées électriquement entre elles (chiffre 674.2).
- .10 Pour le transport de marchandises, il faudra utiliser, en règle générale, des véhicules spéciaux.
 - .10.1 Ceux-ci devront être conçus de manière que les marchandises ne puissent pas tomber du véhicule.
 - .10.2 La charge utile admise sera inscrite sur ces véhicules.
 - .10.3 Les véhicules remorqués et poussés seront équipés de manière qu'il ne soit pas possible de les mettre sur la mauvaise voie.
- .11 Les véhicules remorqués seront fixés par deux dispositifs au véhicule équipé de frein. Chaque dispositif de fixation doit, en mouvement uniforme, supporter 6 fois la traction la plus grande.

- .12 Les véhicules seront équipés d'un dispositif de mesure de la charge
- .12.1 en cas de transport simultané de voyageurs et de marchandises (y compris transport d'eau) (application selon annexe 1, chiffre 5.6.1);
- .12.2 lorsqu'il s'agit de funiculaires à commande automatique, sauf quand on a admis une masse de 120 kg par personne lors du dimensionnement (chiffre 411) (application selon l'annexe 1, chiffre 5.6.2).
- .13 Pour la mesure de la charge, il faudra en outre tenir compte des points suivants:
 - .13.1 la valeur de seuil ne dépassera pas 10 pour cent de la charge utile;
 - .13.2 la mesure de la charge tiendra aussi compte, le cas échéant, des véhicules spéciaux (chiffre 701.10).
- .14 Il faudra observer le chiffre 626.4 pour l'éclairage.

702 Dimensionnement

- .1 Le véhicule sera dimensionné pour les forces et les moments suivants (chiffre 702.2):
 - .1.1 la masse propre de tous les éléments, y compris l'équipement (G);
 - .1.2 la charge utile (Q) (chiffre 411);
 - .1.3 la force du vent résultant
 - .1.3.1 du vent limite en exploitation (VLE) (chiffre 414.1.2. 1);
 - .1.3.2 du vent maximal (VM) (chiffre 414.1.2.2), lorsque le véhicule garé dans les stations n'est pas protégé du vent;
 - .1.4 la force due au choc des voyageurs (AX), qui correspond à la moitié de la charge utile (Q), au milieu de la hauteur de la caisse du véhicule, dans le sens de marche;
 - .1.5 les forces supplémentaires en cas d'action du frein du véhicule (QF) avec le plus grand effort de freinage (chiffre 413.6).
 - .1.6 la force du butoir sur le véhicule (chiffre 542).
 - .1.7 les charges supplémentaires dues à l'exploitation, avec le facteur $\gamma = 1,2$ (masse propre (G) et charge utile (Q) dans le cas de charge 3).

- .2 Les sollicitations et les coefficients de sécurité seront justifiés pour les forces et les moments suivants:

| Cas de charge | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------------|-----|----|------------|--------------------|------|
| Fréquence | | | souvent | exceptionnellement | |
| Masse propre | G | G | γG | - | - |
| Charge utile | Q | - | γQ | - | - |
| Vent limite en exploitation | VLE | - | VLE | - | - |
| Vent maximal | - | VM | - | - | - |
| Force de choc | AX | - | AX | - | - |
| Action du frein du véhicule | - | - | - | QF | - |
| Charges d'essai | - | - | - | - | QP |
| Coefficient de sécurité | 3* | 3* | 1,3** | 1* | 1,1* |

* par rapport à la limite apparente d'élasticité, respectivement par rapport à la résistance au flambage ou au voilement.

** par rapport à la résistance à la fatigue, en considérant l'état de surface, l'épaisseur et la forme de l'élément.

- .3 Pour les alliages d'aluminium, il faudra tenir compte d'une limite apparente d'élasticité réduite, de $0,72 \sigma_z$, si la limite apparente d'élasticité est supérieure à $0,72 \sigma_z$. σ_z = résistance à la traction.
- .4 La stabilité (sécurité contre le renversement, rapport des sommes de tous les moments de stabilité par rapport à la somme de tous les moments de renversement) doit être justifiée pour les cas de charge suivants:
- | | | sécurité
au renversement |
|------|--|-----------------------------|
| .4.1 | Vent limite en exploitation (chiffre 414.1.21 et .2) | 2 |
| .4.2 | Vent maximal (chiffre 414.1.2.2 et .2) lorsque le véhicule n'est pas protégé contre le vent dans les stations | 1,4 |
| .4.3 | Freinage avec les freins du véhicule lorsque les conditions sont très défavorables pour la stabilité (chargement, décélération due au freinage, inclinaison de la voie, voie en courbe). | |
| .5 | Les chiffres 712.6 et .9 seront observés pour le dimensionnement des freins du véhicule. | |

- .6 Les véhicules ou parties de véhicules utilisés pour les essais de charge devront correspondre intégralement au modèle définitif.
- .7 Les essais seront exécutés avec une charge utile au moins deux fois plus grande que la normale.
- .8 Les résultats des essais de charge seront comparés aux calculs statiques. Les écarts seront justifiés.
- .9 On pourra renoncer aux essais de charge si des justifications ont déjà été fournies pour une construction semblable.

703 Caisses des véhicules

- .1 Les caisses des véhicules seront équipées de postes de commande. On observera en outre, les points suivants:
 - .1.1 en règle générale, les postes de commande seront placés à l'avant et à l'arrière dans des compartiments spéciaux réservés au conducteur du véhicule;
 - .1.2 les postes de commande seront disposés de manière que le conducteur du véhicule ne soit pas gêné dans l'observation de la ligne et qu'il puisse déclencher à tout moment le frein du véhicule (chiffres 712.4 et .5);
 - .1.3 si les postes de commande sont accessibles aux voyageurs, ils seront protégés contre toute utilisation abusive lors de l'absence du conducteur du véhicule.
- .2 Dans l'aménagement intérieur, il faudra éviter les parties aux arêtes vives, notamment à hauteur de tête.
- .3 Les caisses des véhicules seront habillées au moins jusqu'à 0,25 m au dessus du plan des sièges.
- .4 Les vitres des fenêtres seront constituées d'un matériau non susceptible de former des éclats dangereux. Elles devront s'ouvrir uniquement de manière à ne pas mettre en danger les passagers. Les fenêtres à battants ne pourront s'ouvrir que vers l'intérieur.
- .5 Les dispositifs d'aération nécessaires seront prévus.
- .6 Les caisses des véhicules seront numérotées de manière bien visible à l'extérieur.
- .7 Dans les véhicules, respectivement dans les divers compartiments, on apposera le nombre admissible de voyageurs, la charge utile en kg, ainsi que, le cas échéant, une instruction, en règle générale en plusieurs langues, sur le comportement à adopter en cas d'arrêt sur le tracé. De plus, l'interdiction de fumer sera affichée.

- .8 Un nombre suffisant de points d'appui sera prévu pour les voyageurs.
- .9 Pour toutes les portes, il faudra prévoir des barres d'appui et des marches pour que les voyageurs et le conducteur du véhicule puissent quitter le véhicule à n'importe quel endroit de la ligne et atteindre le dégagement de service (chiffre 313.2).
- .10 Les profils fermés devront avoir une épaisseur de paroi d'au moins 2,5 mm. Ils seront protégés intérieurement contre la corrosion et équipés de trous d'écoulement d'eau aux endroits appropriés.
- .11 Le rayon intérieur des profils et des tubes cintrés devra correspondre au moins au triple de la hauteur du profil respectivement au triple du diamètre extérieur du tube.
- .12 Les sols seront antidérapants.
- .13 Les caisses des véhicules seront munies de points d'accrochage pour les appareils de levage.
- .14 En règle générale, les compartiments pour les voyageurs seront aménagés en tenant compte des exigences des handicapés (chiffre 103.2.16).

704 Portes des véhicules

- .1 Les véhicules seront équipés de portes qui ne peuvent pas être ouvertes de manière intempestive.
- .2 Lorsqu'elles ne sont pas actionnées automatiquement, elles devront pouvoir être verrouillées à partir du compartiment du conducteur du véhicule.
- .3 En cas de fermeture automatique des portes, la fermeture devra offrir, par analogie, la même sécurité. Par ailleurs, on respectera les points suivants:
 - .3.1 la force de fermeture ne devra pas dépasser 150 N, si le coincement n'est pas empêché;
 - .3.2 les bords des portes seront garnis avec de la matière souple;
 - .3.3 en cas de défaillance du système automatique, les portes devront pouvoir être ouvertes manuellement;
 - .3.4 le verrouillage sera surveillé (application selon annexe 1, chiffre 5.10).
- .4 La position des portes devra être surveillée au voisinage des stations et des arrêts intermédiaires (application selon annexe 1, chiffres 5.7 et .8).

- .5 Les portes automatiques ne devront pouvoir s'ouvrir que lorsque le véhicule se trouve à un endroit d'embarquement, respectivement de débarquement.
- .6 Les portes à battants ne devront pouvoir s'ouvrir que vers l'intérieur.
- .7 Les portes de véhicules ainsi que leurs dispositifs de guidage et de fermeture, devront résister aux efforts qui peuvent se produire en cas d'action du frein du véhicule.

705-706 (Pas de prescriptions pour ce type d'installation)

707 Fixation du câble tracteur

- .1 La fixation du câble tracteur au véhicule devra pouvoir être contrôlée périodiquement.
- .2 Si, exceptionnellement, un type de fixation non contrôlable est utilisé, la pièce fixée au câble tracteur devra être renouvelée périodiquement.
- .3 Les fixations du câble tracteur seront dimensionnées pour 4,5 fois la valeur de la plus grande tension du câble en mouvement uniforme.
- .4 Les flexions provoquées par les oscillations du câble tracteur devront être éloignées de la fixation. Pour autant qu'il n'existe pas un élément particulier d'amortissement qui éloigne les oscillations de flexion de la fixation, les manchons de câble seront équipés de manchons de protection garnis d'un matériau souple; de plus, il faudra observer les points suivants:
 - .4.1 la longueur de la garniture sera au moins égale à $4 \cdot d$;
 d = diamètre nominal du câble;
 - .4.2 l'épaisseur de la garniture sera au moins égale à $0,25 \leq d \leq 0,5$; le diamètre intérieur sera égal au diamètre nominal du câble;
 - .4.3 comme matériau, il faudra utiliser une matière synthétique avec une dureté de 90 - 95° Shore A, qui n'est pas susceptible de provoquer de la corrosion.
- .5 Les têtes avec culot à serrage par cône seront soumises après chaque ouverture à la plus grande tension du câble avant la mise en l'exploitation. En outre, il faudra observer le chiffre 103.2.23.

- .6 Pour les manchons de coulée, il faudra utiliser des aciers dont les caractéristiques ne sont pas modifiées défavorablement sous l'influence de la chaleur lors de la coulée. De plus, il faudra observer les points suivants:
 - .6.1 pour les câbles à torons, les dimensions intérieures seront choisies de la façon suivante:
 - .6.1.1 la longueur de la tête conique L sera telle que: $5 \cdot d \leq L \leq 7 \cdot d$;
 d = diamètre nominal du câble
 - .6.1.2 l'angle de la tête conique α sera tel que: $5^\circ \leq \alpha \leq 9^\circ$.
 - .7 Pour les amarrages sur tambours, le tambour et la fixation de l'extrémité devront satisfaire aux conditions suivantes:
 - .7.1 le diamètre du tambour devra correspondre aux valeurs données au chiffre 422.1;
 - .7.2 la tension à l'extrémité du câble sera transmise au véhicule par des plaques de serrages à ressorts, par l'intermédiaire d'un support;
 - .7.3 à une petite distance (environ 10 mm), il faudra installer une plaque de serrage de contrôle identique;
 - .7.4 également en cas d'une diminution de 5 pour cent du diamètre nominal du câble, avec les coefficients de frottement selon les chiffres 413.3 et .4, il faudra assurer avec la tension maximale du câble en mouvement uniforme une sécurité d'au moins 4 (sans tenir compte de la plaque de serrage de contrôle).
 - .7.5 En cas de tambour horizontal, le câble ne pourra pas sortir du tambour lors d'une détente.

708-710 (Pas de prescriptions pour ce type d'installation)

711 Châssis

- .1 Les châssis seront construits de manière qu'ils ne puissent autant que possible pas dérailler.
- .2 Les châssis seront fabriqués de manière que les pressions sur les roues se compensent, si possible, en cas de service normal.
- .3 Des dispositifs de déblayage de la neige (tôles) seront posés aux extrémités des châssis; les roues seront équipées de raclours à neige.
- .4 Pour le dimensionnement, on appliquera le chiffre 702.

712 Frein du véhicule

- .1 Les véhicules destinés au transport des voyageurs seront, en règle générale, munis d'un frein agissant sur les rails.
- .2 Le frein du véhicule devra agir automatiquement:
 - .2.1 en cas de rupture du câble tracteur supérieur (déclenchement par détente de câble, chiffre 712.3);
 - .2.2 dès que la vitesse dépasse environ de 30 pour cent la vitesse admise - mais au moins 1m/s - par deux dispositifs mécaniques de survitesse indépendants l'un de l'autre.
- .3 Le déclenchement automatique en cas de rupture du câble tracteur supérieur devra intervenir si la tension du câble tracteur s'abaisse au dessous de 3 kN, augmentés de la tension résultant de la différence d'altitude des stations du câble tracteur inférieur, s'il existe.
- .4 Il devra pouvoir être déclenché à la main par le conducteur du véhicule (chiffre 703.1.2). Le frein devra pouvoir être déclenché à la main depuis l'emplacement du dispositif d'ouverture pendant ladite ouverture (chiffre 673.3).
- .5 Il ne devra pas entrer en action sur les véhicules montants.
- .6 Même lorsque l'état du rail est le plus défavorable, le frein du véhicule devra pouvoir, à l'endroit le plus raide, arrêter le véhicule chargé avec une décélération d'au moins 1,5 m/s². Si les forces d'un câble tracteur inférieur entrent en action, des valeurs plus petites sont autorisées en dehors des tronçons d'entrée si l'on tient compte de l'allongement du chemin de freinage dû à l'usure des mâchoires.
- .7 Aux endroits les plus plats, lorsque les rails sont secs et le véhicule vide, il faudra que la décélération soit supportable pour les voyageurs. Sinon, la force de freinage sera réglée ou commandée en fonction de la décélération.
- .8 La force de freinage sera produite par des ressorts, des poids ou par la rotation des roues du châssis (par le biais d'un accouplement à friction). Il faudra en outre observer les points suivants:
 - .8.1 la force de freinage devra être réglable;
 - .8.2 elle ne devra pas dépendre du mouvement de rotation d'une seule roue. Il faudra aussi observer les chiffres 220.3.6 et 413.5.

- .9 Toutes les pièces de construction du frein du véhicule devront, pour le plus grand coefficient de friction (chiffre 413.6), avoir un coefficient de sécurité d'au moins 2 par rapport à la limite apparente d'élasticité; les forces cinétiques de fermeture additionnelles seront prises en considération.
- .10 Lorsque le frein est ouvert, ses mâchoires ne devront pas toucher les rails.
- .11 Il faudra empêcher que le véhicule se redresse lors de l'entrée en action du frein du véhicule.
- .12 Pour le frein du véhicule maintenu ouvert hydrauliquement, la pression d'ouverture devra être surveillée (application selon annexe 1, chiffre 5.5).
- .13 Une régulation ou une commande de la force de freinage ne devra en aucun cas entraîner une force de freinage trop faible.
- .14 Par ailleurs, on observera le chiffre 673.

713 **Frein à main**

Les véhicules seront, en règle générale, équipés d'un frein à main. Celui-ci devra pouvoir maintenir à l'arrêt le véhicule chargé à l'endroit le plus raide.

8 Prescriptions particulières de construction pour les installations fixes

81 Calcul et dimensionnement

811 Principes

- .1 L'entreprise du funiculaire et les fournisseurs établiront un plan d'utilisation pour dimensionner les installations fixes. Ce plan présentera les exigences convenues.
- .2 Les constructions et les éléments de construction qui supportent des véhicules et des structures mécaniques ou qui sont sollicités par les forces des câbles seront exécutés en acier, en béton armé ou en béton précontraint.
- .3 Le cas échéant, lors de la construction des stations, on portera une attention accrue aux configurations de la montagne pour déterminer les situations de risque; les actions de la neige et du vent peuvent agir en même temps.
- .4 Les vérifications pour la sécurité structurale, l'aptitude au service et la sécurité à la fatigue seront effectuées selon les chiffres 814 à 816.
- .5 Si plusieurs ingénieurs participent à la construction, il faut définir clairement les sollicitations aux points communs et les indiquer séparément pour chaque cas de charge.

812 Actions

- .1 Sont considérées:
 - .1.1 les charges de la structure porteuse;
 - .1.2 les charges permanentes;
 - .1.3 les charges variables:
 - .1.3.1 les charges d'utilisation et celles dues au trafic,
 - .1.3.2 les actions dynamiques (chiffre 415),
 - .1.3.3 les forces d'appui des câbles (chiffre 441),
 - .1.3.4 le frottement (chiffre 413),
 - .1.3.5 le vent (chiffre 414),
 - .1.3.6 la neige (chiffre 416);
 - .1.4 les actions accidentelles (chiffre 418);

- .1.5 les autres charges dues à la température, au terrain de fondation, à la construction (relaxation, retrait, fluage), etc.
- .2 Les actions précitées servent de base à l'établissement des plans de sécurité et d'utilisation.
- .3 La valeur déterminante de dimensionnement de la sollicitation, c'est-à-dire la prise en compte de phénomènes concomitants, sera déterminée en se fondant sur les situations de risque (annexe 5). Lorsque plusieurs actions s'excluent réciproquement, il ne faut tenir compte que de celle qui est la plus défavorable.

813 Calcul

- .1 Les sollicitations des pièces de construction selon le chiffre 811.2 seront déterminées selon la théorie de l'élasticité.
- .2 Si les sollicitations sont calculées à l'aide d'un ordinateur, l'Office fédéral peut demander, pour les éléments de construction les plus importants, que les valeurs imprimées soient vérifiées par sondage à l'aide des méthodes de calcul habituelles ou d'un programme d'ordinateur conçu différemment.

814 Sécurité structurale

- .1 Pour vérifier la sécurité structurale d'un ouvrage et de ses divers éléments, il y a lieu d'observer le chiffre 103.2.4 (norme SIA 160).
Formule:

| | |
|-------------------------------|---|
| $S_d \leq \frac{R}{\gamma_R}$ | S_d = valeur de dimensionnement de la sollicitation |
| | R = résistance ultime |
| | γ_R = facteur de résistance |
- .1.1 L'annexe 5 est déterminante pour fixer la valeur de dimensionnement de la sollicitation.
- .1.2 La résistance ultime est calculée selon les règles des normes de construction qui fixent aussi les facteurs de résistance.
- .2 Le chiffre 103.2.4 (norme SIA 160) est applicable pour la vérification de la stabilité globale d'un ouvrage où en considérant l'exploitation on tiendra compte de ce qui suit:
 - .2.1 en règle générale, il ne faut pas admettre de véhicules sur les ponts lorsque le vent est considéré comme une action prépondérante;
 - .2.2 dans la situation de risque avec des véhicules vides, le vent sera admis avec le facteur de charge $\gamma = 1,0$.

815 Aptitude au service

- .1 Les exigences quant à l'aptitude au service sont déterminées par le chiffre 103.2.4 (norme SIA 160) et par le plan d'utilisation (chiffre 811.1).
- .2 Pour vérifier l'aptitude au service, il faut utiliser:
 - .2.1 les valeurs selon le chiffre 103.2.4 (norme SIA 160) pour les actions climatiques;
 - .2.2 les valeurs applicables à la vérification de la sécurité structurale pour toutes les autres actions;
 - .2.3 la valeur 1,0 pour les facteurs de charge et le facteur de résistance.

816 Sécurité à la fatigue

- .1 Le chiffre 103.2.4 (norme SIA 160) est applicable à la vérification de la sécurité à la fatigue d'une structure porteuse et de ses éléments.

Formule:

$$S_{\text{fat}} \leq \frac{R_{\text{fat}}}{\gamma_{\text{fat}}}$$

S_{fat} = sollicitation de fatigue

R_{fat} = résistance à la fatigue

γ_{fat} = facteur de résistance relatif à la sécurité à la fatigue

- .2 Pour calculer les charges concernant la fatigue pour les ponts et les structures porteuses sollicitées de la même façon, les charges par essieu d'un véhicule à pleine charge seront multipliées par le facteur dynamique (chiffre 415).
- .3 Les valeurs des normes de construction sont applicables à la sécurité à la fatigue, ainsi qu'au facteur de résistance.
- .4 Le facteur de correction des charges est de:
 - 4.1 pour les constructions en béton: $\alpha = 1,0$
 - 4.2 pour les constructions métalliques: $\alpha = \left(\frac{N}{2 \cdot 10^6} \right)^{1/3} \leq 1,36$
 N = nombre de changements de tension pour l'élément de construction pour une durée d'utilisation de 100 ans.
- .5 En principe, tous les éléments de constructions doivent, si possible, être construits en fonction des exigences de la sécurité à la fatigue.
- .6 On ne peut renoncer à la justification de la sécurité à la fatigue qu'avec l'accord de l'Office fédéral.

82 Matériaux et construction

821 Acier et constructions métalliques

- .1 Pour les constructions métalliques, il faut observer, les chiffres 103.2.5 (norme SIA 161) et 103.2.6 (norme SIA 161/1).
- .2 Les constructions métalliques selon le chiffre 811.2 doivent être conçues de manière à éviter des phénomènes de résonance ou de vibration. Les barres tendues seront formées de manière rigide.

822 Béton et constructions en béton

- .1 Pour les constructions en béton, il faut observer les chiffres 103.2.7 (norme SIA 162) et 103.2.8 (norme SIA 162/1).
- .2 Pour les éléments de construction selon chiffre 811.2, il faut, au minimum, utiliser la catégorie de béton B 35/25 selon le chiffre 103.2.7 (norme SIA 162).

823 Constructions en bois

Pour les constructions en bois, il faut observer le chiffre 103.2.9 (norme SIA 164).

824 Tirants d'ancrage

- .1 Pour les tirants d'ancrages, il faut observer le chiffre 103.2.13 (recommandation SIA V191).
- .2 Si des tirants d'ancrages sont nécessaires pour atteindre les degrés de sécurité demandés:
 - .2.1 les tirants d'ancrages doivent être de type permanents et contrôlables selon chiffre 103.2.13 (recommandation SIA V191);
 - .2.2 le nombre et l'emplacement des tirants de contrôle doivent être déterminés avec l'Office fédéral;
 - .2.3 les têtes des tirants doivent être placées à un endroit accessible et être protégées efficacement contre la corrosion, la chute de pierres, etc..;
 - .2.4 les mouvements de l'ouvrage doivent être contrôlés périodiquement par des mesures géodésiques ou par d'autres moyens appropriés.

825 Maintenance des ouvrages

- .1 Lors de la planification et de la réalisation des ouvrages, il faut tenir compte des normes de construction correspondantes, ainsi que des exigences de la maintenance selon le chiffre 103.2.15 (norme SIA 469).
- .2 Les éléments nécessaires pour la stabilité globale des ouvrages (p. ex. tirants d'ancrage précontraints ou tendus) doivent pouvoir être contrôlés à tout moment et, le cas échéant, être remplacés ou complétés.
- .3 Une attention particulière sera accordée à la zone de transition entre divers matériaux de construction ainsi qu'aux liaisons.

83 Stations

831 Généralités

- .1 Les locaux des installations seront conçus de sorte que les voyageurs et le personnel ne puissent être mis en danger par les parties mécaniques, les installations électriques ou les véhicules. La salle des machines sera facilement accessible au personnel.
- .2 Les locaux pour les parties mécaniques, les installations électriques, les magasins, etc., seront fermés aux endroits où l'accès n'est pas autorisé. Si cela n'est pas possible, l'accès sera interdit aux personnes non autorisées.
- .3 Les locaux destinés aux parties mécaniques et aux installations électriques seront conçus de manière à éviter autant que possible la présence de poussière. L'eau, la neige, etc. pourront tout au plus y pénétrer le long des câbles.
- .4 Dans les locaux où sont montés les dispositifs électriques, on n'entreposera aucun objet susceptible de présenter un danger pour l'exploitation.
- .5 Des explosifs ne devront pas être entreposés dans les stations.
- .6 D'autres part, il faudra respecter les prescriptions concernant le poste de commande (chiffre 511), les mesures préventives contre les accidents de travail (chiffre 513), les entraînements (chiffres 521.4 - .6), les dispositifs de mise en tension (chiffres 571.5 et .6), l'aménagement des dispositifs d'arrêt d'urgence (chiffre 625), l'éclairage (chiffre 626), la protection contre la foudre et la mise à la terre (chiffre 632) ainsi que les instructions aux voyageurs (chiffre 927).

832 Accès, escaliers et balustrades

- .1 En règle générale, les accès aux quais seront fermés lorsqu'il n'y a pas de véhicule à quai.
- .2 La largeur du quai sera au moins aussi grande que la largeur de la caisse du véhicule. Si l'accès n'est pas fermé (chiffre 832.1), la largeur du quai aura 1 m de plus.
- .3 Pour les arrêts intermédiaires avec un faible trafic, la largeur du quai pourra s'élever à 1,2 m.
- .4 Les quais et les escaliers seront antidérapants. Pour une pente de plus de 12%, les quais seront dotés de marches.

- .5 La distance entre le bord du quai et la caisse du véhicule ne dépassera pas 0,05 m.
- .6 Les portes automatiques de quais ne s'ouvriront que si un véhicule se trouve à quai. En outre, on observera le chiffre 704.3.
- .7 La position des portes automatiques de quais sera surveillée (application selon l'annexe 1, chiffre 2.11).
- .8 Avec les funiculaires commandés automatiquement, il sera prévu une commande automatique pour les portes automatiques de quais donnant accès aux véhicules (application selon l'annexe 1, chiffre 2.12).
- .9 Les escaliers pour les voyageurs auront au minimum une largeur de 1,2 m; ils seront munis de balustrades ou de mains courantes.
- .10 Des balustrades seront installées là où il y a danger de chute. Elles auront au moins 1 m de hauteur. Elles seront dimensionnées pour une force perpendiculaire de 800 N/m. En outre, il faudra observer le chiffre 103.2.14 (norme SIA 358).
- .11 Des balustrades seront posées le long des quais de telle manière qu'il ne puisse pas subsister d'espace libre entre la balustrade et la caisse du véhicule, même si la position du véhicule varie.
- .12 En règle générale, les zones des stations destinées aux voyageurs doivent être aménagées de manière à répondre aux exigences des handicapés (chiffre 103.2.16 – norme SN 521500). On peut s'attendre à ce que le personnel du funiculaire aide les voyageurs dans la zone du quai.

833 Protection contre le feu

- .1 Dans le choix des matériaux de construction et des extincteurs, on tiendra compte du fait que les câbles ne résistent que très peu de temps à la chaleur d'un incendie.
- .2 La quantité de matériaux inflammables sera réduite au minimum.
- .3 Les matériaux de construction facilement inflammables (classe d'inflammabilité 3 selon chiffre 103.2.12) ne sont pas admis.
- .4 Les différentes parties des locaux pour les stations de transformateurs, le chauffage et le stockage des matières inflammables ou auto-inflammables, seront édifiées avec des matériaux incombustibles F 90 (chiffre 103.2.12).

- .5 Dans les zones de sources d'étincelles, il faudra utiliser des matériaux de construction non-inflammables, ou respecter des distances de protection suffisantes.
- .6 Un nombre suffisant d'extincteurs, contrôlés par l'Association cantonale des assurances incendies¹⁶, sera disponible.
- .7 Dans la station motrice - le cas échéant dans la station de renvoi -, il faudra prévoir des extincteurs utilisables pour des incendies sur des installations électriques sous tension (classe de feu E) (chiffre 103.2.12).
- .8 En outre, les prescriptions cantonales des polices de construction et du feu devront être respectées.
- .9 Il faudra en outre observer le chiffre 103.2.12 (recommandation SIA 183).

834 Locaux particuliers

Salles d'attente et toilettes

- .1 Dans la station amont ou dans ses environs immédiats, il faudra mettre à la disposition des voyageurs des salles d'attente chauffées ou au moins protégées des intempéries.
- .2 Des toilettes seront prévues dans les stations. En règle générale, il faudra construire au moins une toilette répondant aux exigences des handicapés (chiffre 103.2.16).

Locaux pour le personnel

- .3 Dans chaque station, il faudra prévoir un local chauffé pour le personnel.

Atelier

- .4 Il faudra prévoir un atelier muni des dispositifs nécessaires à la maintenance.

¹⁶ Association cantonale des assurances-incendies, Bundesgasse 20, 3011 Berne

835 Fosses des contrepoids

- .1 Les fosses des contrepoids, si elles se trouvent dans la zone de passage des voyageurs ou du personnel, seront soit entourées de garde-fous ou de filets, soit recouvertes.
- .2 Les fosses seront équipées d'échelles fixes et devront être accessibles jusqu'au sol. En cas de nécessité, les fosses devront pouvoir être éclairées artificiellement.
- .3 L'eau d'infiltration devra pouvoir s'écouler ou être évacuée. En cas de nécessité, il faudra prévoir un chauffage et une pompe automatique.

836 Montage d'éléments de l'installation

- .1 Pour monter des pièces lourdes de l'installation, pour détendre les câbles et pour soulever les véhicules, il faudra prévoir des points de fixation pour les engins de levage.
- .2 La charge admissible sera indiquée.
- .3 En cas de nécessité, il faudra prévoir dans les parois et les plafonds des ouvertures qui pourront être dégagées facilement. Les couvercles des ouvertures dans les plafonds devront être dimensionnés en fonction de la charge utile des plafonds.

837 Fosses pour les véhicules,

- .1 Des fosses seront aménagées aux extrémités de la ligne. Elles devront être suffisamment hautes de manière qu'on puisse y travailler debout.
- .2 Leur accessibilité devra être garantie à tout moment.

838 Déraillement des véhicules

Les stations seront conçues de manière que les effets du déraillement d'un véhicule dans la station ou à proximité de celle-ci n'entraînent pas un effondrement progressif de la structure porteuse.

84 Ligne**841 Superstructure**

- .1 La superstructure se compose des rails, des traverses et d'un éventuel ballast.
- .2 La profondeur du ballast sera d'au moins 0,4 m. Le lit du ballast sera contenu par des banquettes latérales.
- .3 Lorsque les rampes dépassent 300%, la superstructure sera réalisée sans ballast.
- .4 Les traverses et, en cas de fixation directe des rails, les plaques de serrage seront ancrées de façon durable dans l'infrastructure. Les rails ne devront pas se trouver en contact direct avec l'infrastructure. Il faudra veiller à ce que l'eau de surface ne puisse pas pénétrer dans l'infrastructure en béton armé ou en maçonnerie.
- .5 Le drainage de la superstructure sera garanti par l'aménagement approprié du profil normal.
- .6 Pour garantir la perméabilité permanente du lit du ballast, il faudra empêcher la prolifération des plantes. L'utilisation des produits chimiques est régie par les dispositions de l'annexe 4.3 de l'ordonnance du 9 juin 1986¹⁷ sur les substances; on renoncera à utiliser ces produits à titre préventif.
- .7 Le chiffre 451 sera observé pour déterminer le profil du rail.
- .8 Les ancrages des rails et des traverses devront pouvoir transmettre de manière optimale dans l'infrastructure les effets résultant de la dilatation thermique et en particulier ceux du frein du véhicule.
- .9 Les joints de rails sur les ponts seront, si possible, soudés. Ils seront posés de manière que la superstructure et l'infrastructure puissent supporter durablement les effets dus à la température, au frein du véhicule, etc..

¹⁷ RS 814.013

842 Infrastructure

- .1 L'infrastructure sera conçue en fonction du trafic prévisible et d'une longue durée d'utilisation.
- .2 Pour les rampes de plus de 300%, il faudra prévoir une infrastructure stable ou une structure porteuse en béton armé, en acier ou en maçonnerie, cela tant dans les sols friables que dans le rocher.
- .3 La largeur de l'infrastructure dépendra du genre de la superstructure et de l'emplacement du chemin de service.
- .4 La distance entre le rail et le bord du talus des remblais artificiels sera au moins de 0,75 m. La possibilité de descendre du véhicule sera garantie (chiffre 313.2).
- .5 Les évidements pour les galets seront drainés de manière efficace.

843 Ouvrages d'art

- .1 Les ponts et les ouvrages d'art sollicités de la même manière seront dimensionnés en fonction des charges existantes et au besoin de celles qui peuvent se présenter.
- .2 Les ponts seront conçus de manière à pouvoir supporter les effets d'un véhicule déraillé sans que les principaux éléments porteurs subissent de grands dommages.
- .3 Si la voie est posée sur du ballast, le ballast sera mis dans une auge.
- .4 Les appuis des ponts seront placés de manière à être facilement accessibles et à pouvoir être échangés le cas échéant.
- .5 Les ponts devront pouvoir être parcourus au moins d'un côté (chiffre 313.2).
- .6 Pour les travées des ponts de portée supérieure à 10 m, les repères de nivellement seront fixés, sur les deux côtés, au milieu de chaque travée et au droit des appuis. Le nivellement se fera à partir d'un point fixe indépendant de l'ouvrage.
- .7 Des dalles de transition permettront d'obtenir une modification progressive du module de réaction entre la plate-forme et le pont.
- .8 Lorsque le terrain de fondation n'est pas sûr, une expertise géologique sera exécutée et présentée à l'Office fédéral.

844 Tunnels et galeries

- .1 Le profil d'espace libre et les distances selon le chapitre 32 seront respectés pour les tunnels et les galeries; en cas de percement de nouveaux tunnels, il faut tenir compte des tolérances de construction et de l'espace pour de futures interventions techniques.
- .2 Les tunnels et les galeries devront pouvoir être parcourus sur au moins un côté (chiffre 313.2).
- .3 La conception du radier du tunnel devra répondre aux exigences posées quant à l'infrastructure (chiffre 842). L'eau sera captée dans des rigoles (chiffre 841.5).
- .4 Les installations ferroviaires seront protégées efficacement de l'eau de ruissellement provenant de la voûte du tunnel.
- .5 Les zones des portails seront conçues de manière à résister au gel.
- .6 Durant la saison d'hiver, les galeries ouvertes seront protégées efficacement (p. ex. par la pose de parois de planches) aux endroits où il faut s'attendre à des amoncellements de neige ou à des avalanches.

9 Exploitation et maintenance

91 Généralités

911 Prescriptions de service

- .1 Le règlement d'exploitation et les instructions de service seront remis au personnel, contre quittance. Les instructions de service seront rédigées selon les prescriptions générales correspondantes.
- .2 Les instructions de service pourront être délivrées par extraits. Un exemplaire complet, ainsi que les documents et les schémas nécessaires, seront maintenus à portée de main dans la station motrice.

912 Chef technique

- .1 Le chef technique sera présent lors des contrôles et des inspections de l'Office fédéral.
- .2 Il veillera à ce que les instructions de service soient complètes, et les fera adapter ou compléter, si cela s'avère nécessaire, en raison de l'expérience ou des modifications de l'installation.
- .3 Dans ses instructions, il tiendra compte de la sécurité du personnel.

913 Personnel

L'âge minimum du personnel engagé sera de:

- | | | |
|----|------------------------|--------|
| .1 | mécanicien | 20 ans |
| .2 | conducteur du véhicule | 18 ans |
| .3 | autre personnel | 15 ans |

92 Exploitation

921 Généralités

- .1 Avant de commencer l'exploitation, il faudra vérifier chaque jour si le service peut être effectué sans danger.
- .2 Si des défauts sont constatés, qui pourraient porter préjudice à la sécurité de l'exploitation, le service ne sera commencé ou repris que si le chef technique a donné son accord.

922 Mise en exploitation et contrôles par sondage

Mise en exploitation journalière

- .1 Avant la mise en exploitation journalière, les contrôles (contrôles journaliers) porteront au moins sur:
 - .1.1 une course de contrôle (chiffre 923);
 - .1.2 le bon fonctionnement des circuits de sécurité et des circuits de surveillance, sur lesquels agissent directement les dispositifs d'arrêt d'urgence et les dispositifs de surveillance de la tension hydraulique;
 - .1.3 le bon fonctionnement des déclenchements d'arrêt d'urgence des circuits de surveillance par mise à la terre, court-circuit et interruption;
 - .1.4 les valeurs indiquées de courant, respectivement les signaux de contrôle de l'installation de télésurveillance (courant de repos, courant lors d'une interruption, d'un court-circuit ou d'une mise à la terre, etc.);
 - .1.5 le bon fonctionnement de la liaison téléphonique interne à l'installation;
 - .1.6 la bonne accessibilité de tous les dispositifs d'arrêt d'urgence;
 - .1.7 le bon fonctionnement du dispositif de mesure de la charge (chiffre 643.4.11);
 - .1.8 le bon fonctionnement des dispositifs de surveillance des portes;
 - .1.9 le bon appui des câbles sur les poulies et les galets dans les stations ainsi que le bon fonctionnement des racleurs à glace.;
 - .1.10 l'état des surfaces de freinage;
 - .1.11 le cas échéant, la position des dispositifs de mise en tension;
 - .1.12 l'étanchéité des systèmes hydrauliques ou pneumatiques et des réducteurs.

Contrôles journaliers par sondage

- .2 Les contrôles journaliers par sondage pendant l'exploitation porteront au moins sur:
 - .2.1 les tensions et les courants du moteur électrique;
 - .2.2 les dispositifs de signalisation et de communication;
 - .2.3 la marche de l'entraînement ainsi que des poulies de câble dans les stations;
 - .2.4 le bon fonctionnement des dispositifs qui empêchent l'accès des voyageurs sur les quais;
 - .2.5 le cas échéant, le bon fonctionnement du dispositif de mise en tension hydraulique.

Reprise de l'exploitation après des interruptions extraordinaires du service

- .3 Si l'exploitation est interrompue provisoirement par des conditions climatiques mettant en danger le service (vent, orage, neige, avalanches, etc.), il faudra effectuer au moins une course de contrôle (chiffre 923) avant de reprendre l'exploitation.
- .4 Si l'exploitation est interrompue provisoirement en raison d'orages qui auraient pu entraîner des dégâts, les contrôles, avant la réouverture de l'exploitation, devront au moins porter sur les points suivants:
 - .4.1 une course de contrôle (chiffre 923);
 - .4.2 le bon fonctionnement des déclenchements d'arrêt d'urgence des circuits de surveillance;
 - .4.3 les dispositifs de protection contre la foudre, contrôle visuel.

923 Course de contrôle

- .1 La course de contrôle sera effectuée par un employé compétent, avec au moins un véhicule. Pendant cette course, il faudra observer si:
 - .1.1 l'appui du câble et la marche des galets de câble sont en ordre (rotation correcte des galets, bruits de roulement);
 - .1.2 il y a un dépôt de glace ou de neige sur la ligne, qui peut gêner le roulement des galets ou mettre en danger l'exploitation;
 - .1.3 la ligne de contact et la ligne latérale sont en ordre;
 - .1.4 il n'y a pas de corps étrangers sur le tracé et si les distances nécessaires par rapport aux arbres sont respectées.

- .2 Pour la course de contrôle, il faudra en outre tenir compte des points suivants:
 - .2.1 pendant la course de contrôle, le poste de commande devra être occupé;
 - .2.2 lorsqu'il s'agit d'une course de contrôle télécommandée, le poste de commande sera occupé aussitôt après la course de contrôle, pendant une course complète.
 - .2.3 aucun voyageur ne pourra être transporté pendant la course de contrôle.
- .3 Dans des cas justifiées, on pourra renoncer à la course de contrôle, si les conditions météorologiques le permettent, et si, pendant la première course, le poste de commande est occupé et si les deux véhicules sont accompagnés par un agent.
- .4 Pour les funiculaires à commande automatique, la course de contrôle peut, dans des cas justifiés, être effectuée après la mise en exploitation journalière.

924 Occupation des stations et accompagnement des véhicules

- 1 La station motrice sera occupée par un mécanicien qui surveillera l'exploitation aussi longtemps que des voyageurs seront transportés.
- .2 L'embarquement et le débarquement des voyageurs ainsi que la fermeture des portes des véhicules seront surveillés.
- .3 Chaque véhicule sera accompagné par un employé compétent (conducteur du véhicule), aussi longtemps que des voyageurs seront transportés.
- .4 Avec l'autorisation de l'Office fédéral, on pourra renoncer à occuper les stations aux conditions suivantes:
 - .4.1 le personnel peut atteindre la station motrice en un temps relativement court (environ 30 minutes);
 - .4.2 la vitesse de marche ne dépasse pas la valeur indiquée au chiffre 341.3;
- .5 Avec l'autorisation de l'Office fédéral, on peut renoncer à accompagner les véhicules aux conditions suivantes:
 - .5.1 les caractéristiques de la ligne sont simples;
 - .5.2 l'accès à la ligne est empêché aux personnes non autorisées (chiffre 313.1);
 - .5.3 la ligne est surveillée quant à la chute des arbres (chiffre 671.2);

- .5.4 les véhicules bloqués sur la ligne peuvent être atteints dans un temps raisonnable par les employés;
- .5.5 la vitesse de marche ne dépasse pas la valeur indiquée au chiffre 341.3;
- .5.6 les conditions climatiques le permettent.
- 6 Après la mise en service d'un funiculaire ou la transformation des installations électriques, l'installation sera surveillée suffisamment longtemps - en règle générale pendant trois mois d'exploitation complets - par un mécanicien; durant le premier mois d'exploitation, au poste de commande.

925 Téléphone de service et appareils radio

- .1 Le téléphone de service et les appareils radio ne doivent en principe être utilisés que pour des communications de service.
- .2 Pendant l'exploitation, on disposera dans chaque véhicule accompagné ainsi qu'auprès du personnel selon le chiffre 924.1 d'un appareil radio en état de fonctionner.

926 Conditions spéciales d'exploitation

- .1 L'exploitation continue n'est pas admise:
 - .1.1 si les déclenchements d'arrêt d'urgence de l'installation de télésurveillance sont pontés, complètement ou en partie;
 - .1.2 si les déclenchements d'arrêt d'urgence d'autres installations de sécurité sont pontés, sauf s'il existe la possibilité de transférer leurs tâches, en totalité et pendant toute la durée d'exploitation, à du personnel supplémentaire;
 - .1.3 si la commande ou la régulation de la force de freinage du frein de service est hors service et si l'effet de freinage est dangereux ou intolérable pour les voyageurs.
 - .1.4 en cas de panne du dispositif de mise en tension hydraulique.
- .2 Avec l'accord du chef technique, les voyageurs qui se trouvent sur la ligne, ou qui ne peuvent atteindre par leurs propres moyens ou sans danger des zones habitées, pourront être transportés dans les cas selon le chiffre 926.1, si:
 - .2.1 il n'existe pas de danger pour les personnes, ou si des parties de l'installation ne peuvent pas subir de dommages; le cas échéant, la ligne sera contrôlée;
 - .2.2 les tâches des dispositifs de sécurité ne fonctionnant plus sont prises en charge, dans la mesure du possible, par du personnel supplémentaire;

- .2.3 le poste de commande étant occupé, l'installation peut être arrêtée à tout moment, sur ordre radio.

927 Instructions aux voyageurs

- .1 Les instructions aux voyageurs seront affichées visiblement sous forme de pictogramme ou en plusieurs langues.
- .2 Les entrées et les sorties des stations seront clairement indiquées.

93 (Pas de prescriptions pour ce type d'installation)

94 Maintenance

941 Généralités

- .1 L'entreprise du funiculaire prévoira un temps suffisant pour la maintenance. Les travaux de maintenance importants seront planifiés à temps.
- .2 Au moins une fois par année, des spécialistes disposant des connaissances appropriées, examineront l'état des installations électriques; ils procéderont, si nécessaire, aux réparations.
- .3 L'entreprise du funiculaire disposera des outillages nécessaires, des appareillages de contrôle et de mesure, ainsi que des poids nécessaires au contrôle des freins.
- .4 Pour la maintenance, on disposera des pièces de rechange nécessaires, aptes à fonctionner et en nombre suffisant. Elles seront stockées de façon appropriée.
- .5 Les engins de levage, les câbles, etc., nécessaires à la maintenance, seront tenus en bon état. La charge admissible devra être connue.
- .6 Il faut observer ce qui suit pour les ouvrages d'art:
 - .6.1 des contrôles visuels fréquents et des inspections de tous les ouvrages d'art tels que ponts, galeries, tunnels, remblais, murs de soutènement, devront garantir qu'ils sont opérationnels à tout moment;
 - .6.2 l'inspection principale de tous les ouvrages d'art comprend le contrôle systématique de l'état de toutes les parties des constructions, liaisons, ancrages, revêtements de protection etc.. Les contrôles, pour la plupart visuels, seront complétés par des nivellements, des vérifications des rivets, etc.;
 - .6.3 Pour les ponts dont la portée est supérieure à 10 m et pour les ponts spéciaux de plus petite portée, on procédera, lors de l'inspection principale, à un contrôle visuel et à un essai de charge en présence de l'Office fédéral. Les contrôles du funiculaire et les éventuels travaux d'entretien devront être terminés à ce moment-là. Pendant les essais de charge périodique avec la charge complète, on observera le comportement dynamique.

942 Planification de la maintenance

Les plans de maintenance pour l'inspection et l'entretien devront tenir compte des contrôles périodiques prescrits à l'annexe 2.

943 Check-lists, examens internes

- .1 Les travaux de maintenance (examen, entretien et réparation) seront inscrits, dans la mesure du possible, sur des check-lists, sur lesquelles l'exécutant confirmera, par sa signature, la réalisation des travaux.
- .2 Les travaux de maintenance importants pour la sécurité seront soumis à une vérification par une seconde personne et confirmée par sa signature.

944 Annonces à l'Office fédéral

- .1 Chaque année, il y a lieu d'annoncer à l'Office fédéral jusqu'au 31 mars:
 - .1.1 le nombre d'heures d'exploitation, le nombre de personnes transportées, ainsi que la masse des marchandises acheminées;
 - .1.2 les travaux de maintenance effectués (rapport annuel). Les procès-verbaux des mesures, etc. seront annexés.
- .2 Les incidents et les dérangements seront signalés à l'Office fédéral, selon l'article 9 de l'ordonnance sur les installations de transport à câbles. Les annonces fournies par téléphone seront confirmées par écrit (formulaire "Annonce d'accidents et de perturbations").

10 Dispositions finales

1001 Abrogation du droit en vigueur

Les dispositions d'exécution du 5 octobre 1963¹⁸ du Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie, relative à l'ordonnance du 23 septembre 1963¹⁹ sur la construction et l'exploitation de téléphériques et de funiculaires à concession fédérale sont abrogées.

¹⁸ RO 1963 996

¹⁹ RO 1963 799

Annexe 1

(chiffre 614.1, .2 et .3)

(chiffre 615.1)

(chiffre 616)

Partie U: Utilisation des dispositifs de sécurité, de protection et de commande (chiffres 614.1 et 616)

De la partie U du tableau suivant, on pourra déduire pour quels modes d'exploitation les dispositifs de sécurité, de protection et de commande désignés doivent être installés et en état de fonctionner. Les dispositifs de commande sont indiqués seulement s'ils ne doivent pas être installés et en état de fonctionner pour chaque mode de commande. Des dispositifs supplémentaires de sécurité, de protection et de commande sont admis, à condition qu'au moins les dispositifs de sécurité et de protection correspondants aux dispositifs supplémentaires de commande, soient également installés et en état de fonctionner. Pour la commande de substitution, on observera le chiffre 616.

Partie Pt: Pontage des dispositifs de sécurité (chiffre 615.1)

Afin d'éviter autant que possible les sauvetages, il faudra pouvoir ponter les dispositifs de sécurité indiqués spécialement dans la partie Pt du tableau suivant.

Partie E: Effet des dispositifs de sécurité et de protection (chiffres 614.2 et .3)

Lorsque l'un des dispositifs de sécurité ou de protection indiqués dans la partie E du tableau suivant est déclenché ou actionné, le funiculaire doit être arrêté automatiquement par un arrêt électrique (chiffre 654), par un arrêt d'urgence au frein de service (chiffre 655) ou par un arrêt d'urgence au frein de sécurité (chiffre 656); respectivement, le départ sera automatiquement bloqué par l'interrupteur du circuit de sécurité indiqué dans la partie E du tableau suivant. L'arrêt d'urgence au frein de sécurité se produira également par fermeture du circuit de travail correspondant (chiffre 656.1.2). Les funiculaires selon le chiffre 525.3 doivent pouvoir être arrêtés par un arrêt électrique, et le circuit de sécurité correspondant sera interrompu lorsque cela est admis en cas de déclenchement ou d'actionnement d'un dispositif de sécurité ou de protection selon la partie E du tableau suivant.

Signification des symboles:

- X = sera installé et en état de fonctionner
- (X) = selon la situation, sera installé et en état de fonctionner
- pt = pourra être ponté (chiffre 615)
- X^{pt} = sera en état de fonctionner, sauf si le circuit de surveillance, sur lequel agit dans certains cas ce dispositif de sécurité ou de protection, est ponté
- M = cette action doit avoir lieu
- O = soit/soit (selon le mode, la situation, etc.)
- () = selon la situation
- R = remise en place manuelle nécessaire (chiffre 614.6)

Signification des colonnes

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|
| Chiffre renvoyant à la prescription correspondante | | | | | | | | | |
| Télécommande - Commande automatique | | | | | Utilisation des dispositifs de sécurité, de protection et de commande | | | | |
| Commande directe | | | | | | | | | |
| Commande manuelle | | | | | Commande de substitution (ch. 616) | | | | |
| max. admissible (ch. 616.2) | | | Dispositifs de sécurité de protection et de commande | | | | | | |
| min. requis (ch. 616.4) | | | Réduction de la vitesse de marche (ch. 616.3) | | | | | | |
| Dispositifs de sécurité, de protection et de commande: pontage (ch. 615) | | | | | | | | | |
| Départ bloqué | | | | | Circuits de sécurité | | | | |
| Arrêt électrique (ch. 654) | | | | | | | | | |
| Arrêt d'urgence au frein de service (ch. 655) | | | | | | | | | |
| Arrêt d'urgence au frein de sécurité (ch. 656) | | | | | | | | | |
| Remarques | | | | | | | | | |



| Chiffre | U | | | | | Pt | E | | | | Remarques | |
|---------|----------|----|----|-----|-----|----|----|----|-----------|-----------|-----------|------------------|
| | TC CA | CD | CM | CS | | | DB | AE | AU- BB | AU- SB | | |
| | | | | Max | Min | | | | | | | v _{red} |



Dispositifs de sécurité, de protection et de commande

| Dispositifs de sécurité, de protection et de commande | Chiffre | U | | | | | | Pt | E | | | | Remarques | |
|---|-----------------------------|-----|-----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|-----------|-----|
| | | TC | CD | CM | CS | | DB | | AE | AU | BB | AU | | SB |
| | | | | | Max | Min | | | | | | | | |
| CA | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 Arrêt du funiculaire | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 Arrêt normal, si nécessaire | 614.4 653 | X | X | | (X) | | | | | | | | | |
| 1.2 Arrêt électrique, pour les funiculaires avec décélération naturelle trop grande | 525.3 614.2 et .3 654 | X | X | | (X) | | | | | M | | | | |
| 1.3 Arrêt électrique, pour les autres funiculaires | 614.2 654 | (X) | (X) | | (X) | | | | | M | | | | |
| 1.4 Arrêt d'urgence au frein de service | 614.2 655 | X | X | X | X | X | | | | | M | | | |
| 1.5 Arrêt d'urgence au frein de sécurité, déclenchement électrique | 526.2 614.2 656 | X | X | X | X | (X) | | | | | | | | M R |

| Dispositifs de sécurité, de protection et de commande | Chiffre | U | | | | | | Pt | E | | | Remarques |
|--|-------------------|----|----|----|-----|-----|----|-----------------|-----|-----------|-----------|--|
| | | TC | CD | CM | CS | | DB | | AE | AU- BB | AU- SB | |
| | | | | | Max | Min | | | | | | |
| 2 Généralités | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 Dispositifs d'arrêt d'urgence | 625 | | | | | | | X ^{pt} | | | | |
| 2.1.1 Un dispositif d'arrêt d'urgence dans chaque station, ainsi qu'un interrupteur d'arrêt d'urgence dans le local des machines | | X | X | X | X | X | | | (O) | O | | |
| 2.1.2 Autres dispositifs d'arrêt d'urgence | | | | | | | | | O | O | | |
| 2.2 Verrouillage réciproque des entraînements principal, auxiliaire et de secours | 658.1 | X | X | X | X | X | | X | | | | M: chiffre 658.1 |
| 2.3 Verrouillage en cas d'entraînement jumelé | 658.2 | X | X | X | X | X | | X | | | | M: chiffre 658.2 |
| 2.4 Surveillance du système de refroidissement, si nécessaire | 521.5 622.7 | X | X | X | X | X | | X | O | (O) | | |
| 2.5 Surveillance de la pression d'huile du réducteur, si nécessaire | 524.3 | X | X | X | X | X | | X | O | (O) | | |
| 2.6 Surveillance du contre-poids ou du cylindre de tension | 572.2.2 574.2 | X | X | X | X | X | | X ^{pt} | O | O | | R |
| 2.7 Surveillance des tensions des câbles | 512.12.7 614.8 | X | X | X | X | X | | pt | | | | |
| 2.7.1 Force de tension trop petite | 574.4 614.9 | | | | | | | | O | O | | M: déclenchement du dispositif pour le maintien de la force de tension |
| 2.7.2 Force de tension trop grande | | | | | | | | | O | O | | |
| 2.8 Surveillance du dispositif pour le maintien de la force de tension | 614.10 | X | X | X | X | X | | pt | O | O | | R |

| Dispositifs de sécurité, de protection et de commande | Chiffre | U | | | | | | | Pi | | | E | | | Remarques |
|---|------------------|-----|----|-----|-----|-----|------------------|----|----|-----------|-----------|---|---|---|---------------------|
| | | TC | CD | CM | CS | | V _{red} | DB | AE | AU- BB | AU- SB | E | | | |
| | | | | | Max | Min | | | | | | | | | |
| 2.9 Surveillance des dispositifs à clapets, à glissières ou semblables, si nécessaire | | X | X | X | X | X | | | | | | O | O | | |
| 2.10 Fusibles et disjoncteurs | | X | X | X | X | X | | | | | | | | | |
| 2.10.1 Fusibles et disjoncteurs protégeant les circuits importants pour la sécurité | | | | | | | | | | | | O | O | | |
| 2.11 Surveillance des portes automatiques de quais | 832.7 | X | X | X | (X) | (X) | | | | | M | | | | |
| 2.12 Portes automatiques de quais avec commande automatique | 832.8 | X* | | | | | | | | | | | | | * seulement avec CA |
| 2.13 Signalisation du "prêt" des véhicules | 642.3.9 | (X) | X | (X) | (X) | | | | | | | | | | |
| 2.14 Signal particulier en cas de dérangements qui empêchent la fin de la course | 642.6 | X* | | | | | | | | | | | | | * seulement avec CA |
| 2.15 Interrupteur en cas de détente du câble | 442.3 | X | | | | | | | | | pt | | M | | |
| 3 Installations électriques d'entraînement | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 Réglage vitesse de marche | 651.5 | X | X | (X) | (X) | (X) | | | | | | | | | |
| 3.2 Vitesse de marche, limitation avant le départ | 652.7.1 | X | X | (X) | (X) | (X) | | | | (X) | | | | | |
| 3.3 déclenchement de survitesse pour $v \geq v_{max} + 10\%$ | 658.3.1 | X | X | X | X | X | | | | | | | M | | |
| 3.4 Surveillance: $v_{red} \leq v_{Ch. 341.5}$ | 616.3 658.3.2 | | | | | X | | | | | | | | M | |

| Dispositifs de sécurité, de protection et de commande | Chiffre | U | | | | | | Pt | E | | | Remarques | | | |
|---|---|----|----|-----|-----|-----|-------|----|----|-----------|-----------|-----------|------------------|---|-----------------------------------|
| | | TC | CD | CM | CS | | DB | | AE | AU- BB | AU- SB | | | | |
| | | | | | Max | Min | | | | | | | V _{red} | | |
| 3.5 | Surveillance: $v_{\text{pontage}} \leq 2 \text{ m/s}$ | | | | | | | | | | | M | | | |
| 3.6 | Surveillance de la décélération de l'arrêt électrique | X | X | X | X | X | | | | | | | M | R | |
| 3.7 | Surveillance de la décélération du frein de service | X | X | X | X | X | 4 m/s | | | | | | M | R | |
| 3.8 | Régulation ou commande de l'effort de freinage en état de fonctionner, c'est-à-dire non-déclenchées | X | X | X | X | X | 2 m/s | | | | | | | | |
| 3.9 | Frein de service: surveillance de la position ouverte | X | X | (X) | (X) | (X) | | | | | | | O | | |
| 3.10 | Frein de sécurité actionné, déclenchement de l'arrêt d'urgence | X | X | X | X | X | | | | | | | M | | |
| 3.11 | Frein de sécurité: surveillance de la pression | X | X | X | X | X | | | | | | | | M | |
| 3.12 | Exclusion des dangers dus à des variations importantes du couple d'entraînement | X | X | X | X | X | 2 m/s | | | | | | M | | |
| 3.13 | Exclusion des dangers dus à une panne de secteur ou à une asymétrie du réseau | X | X | X | X | X | | | | | | | M | | M: couper le groupe convertisseur |

| Dispositifs de sécurité, de protection et de commande | Chiffre | U | | | | | | | Pi | E | | | Remarques |
|---|------------------------------|----|----|-----|-----|-------|------------------|----|----|-----|-----------|-----------|-----------|
| | | TC | CD | CM | CS | | V _{red} | DB | | AE | AU- BB | AU- SB | |
| | | | | | Max | Min | | | | | | | |
| 3.14 Surveillance des valeurs réelles et de consigne (nombre de tours) | 658.10 | X | X | X | X | 2 m/s | | | | | M | | |
| 3.15 Surveillance de la valeur réelle pour la surveillance: V _{red} | 658.10 (annexe 1, 3.4) | | | | X | | | | | (O) | O | | |
| 3.16 Surveillance de la valeur réelle pour la surveillance: V _{pontage} | 658.10 (annexe 1, 3.5) | | | | | | | X | | (O) | O | | |
| 3.17 Surveillance de la valeur réelle pour les autres valeurs réelles (nombre de tours) | 658.10 | X | X | X | X | 2 m/s | | | | (O) | O | | |
| 3.18 Surveillance du sens de marche | 658.12 | X | X | (X) | (X) | | | | | O | O | | |
| 3.19 Surveillance de l'intensité du courant du moteur principal (courant de pointe) | | X | X | X | X | | | X | | | M | | |
| 3.20 Surveillance de l'intensité du courant du moteur principal (courant permanent) | | X | X | X | X | | | X | | (O) | O | | |
| 3.21 Protection thermique des champs des machines électriques | 658.14 | X | X | X | X | | | X | | (O) | O | | |
| 3.22 Surveillance du courant minimal du champ du moteur principal | 658.15 | X | X | X | X | | | X | | | M | | |

| Dispositifs de sécurité, de protection et de commande | Chiffre | U | | | | | | Pt | E | | | Remarques |
|--|---------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|-----------|-----------|---|
| | | TC | CD | CM | CS | | DB | | AE | AU- BB | AU- SB | |
| | | | | | Max | Min | | | | | | |
| 3.23 Disjoncteurs de protection des moteurs 3.23.1 pour le convertisseur, le moteur principal, etc. 3.23.2 pour les autres machines | 658.16 | X | X | X | X | X | X | | | | | |
| 4 Entrée en station | | | | | | | | | | | | |
| 4.1 Commande de ralentissement d'entrée | 661.1 661.2 | X | X | | | | (X) | | | | | |
| 4.2 Signal d'entrée | 642.3.7 661.3 | | X | | | | | | | | | |
| 4.3 Interrupteur de secours sur les butoirs ou levier final | 661.6 526.4.2 | X | X | X | X | | | | | M | M | (ch. 661.4) |
| 4.4 Interrupteur de secours pour entraînement à treuil | 661.7 | X | X | X | X | | | | | M | M | |
| 4.5 Surveillance d'entrée normale, double | 662 | X | X | | | | | | | M | | |
| 4.6 Surveillance d'entrée simplifiée, double | 662 | | | | X | | | | | M | | par ex. un seul palier |
| 4.7 Surveillance d'entrée normale ou simplifiée, double | 662 | | X | | | | | | | M | | |
| 4.8 Une seule surveillance d'entrée et contrôle du point fixe en état de fonctionner | 662 664.1.1 664.2.1 | | | | (X) | | | | | | | utilisables exclusivement en cas de dérangement V _{max} = 6 m/s |
| 4.9 Plus petite vitesse de marche surveillée ≥ 2 m/s | 662 | | X | | | | | | | | | |

| Dispositifs de sécurité, de protection et de commande | Chiffre | U | | | | | | | Pi | E | | | Remarques | |
|---|--------------------|----|-----|----|-----|-----|----------------------------|----|----|-----------|-----------|------------------|-----------|--|
| | | TC | CD | CM | CS | | DB | AE | | AU- BB | AU- SB | | | |
| | | | | | Max | Min | | | | | | V _{red} | | |
| 4.10 Plus petite vitesse de marche surveillée ≥ V _{chiffre 341.5} | 341.5 662 | X | X | | | | | | | | | | | |
| 4.11 Surveillance des éléments de mesure de la vitesse | 662.6 | X | X | X | | | V _{chiffre 341.5} | | O | O | | | | O : vitesse de marche réduite en conséquence |
| 4.12 Contrôle des interrupteurs de ligne | 662.7 | X | X | X | | | V _{chiffre 341.5} | | O | O | O | | | |
| 4.13 Contrôle du levier d'entrée | 662.8 | X | X | X | | | V _{chiffre 341.5} | | | | | | | |
| 4.14 Contrôle complet du répétiteur de marche | 664 | X | | | | | | | | | | | | |
| 4.14.1 contrôle du point fixe (PF) | | | | | | | | | | O | O | | | R |
| 4.14.2 contrôle du synchronisme (SY) | | | | | | | | | | O | O | | | R |
| 4.14.3 contrôle de la position zéro (PZ) | | | | | | | | | M | | | | | |
| 4.15.1 Contrôle complet du répétiteur de marche ou | 664 | | X | | | | | | | | | | | |
| 4.15.2 dans des cas justifiés sans PF, mais avec SY et PZ | | | (X) | | | | | | | | | | | V _{max} = 6 m/s |
| 4.16.1 Sans SY, mais avec PZ et PF sans emploi direct des valeurs utilisées directement pour les surveillances d'entrée ou | 664.2.1 664.2.3 | | X | | | | | | | | | | | |
| 4.16.2 sans PF, mais avec SY et PZ | 664 | | X | | | | | | | | | | | V _{max} = 6 m/s |

| Dispositifs de sécurité, de protection et de commande | Chiffre | U | | | | | | Pt | E | | | Remarques | |
|---|---|----|----|----|-----|-------------------------------|------------------|----|----|----|-----------|--|-----------|
| | | TC | CD | CM | CS | | | | DB | AE | AU- BB | | AU- SB |
| | | | | | Max | Min | V _{red} | | | | | | |
| 4.17.1 sans PF, mais avec SY et PZ ou 4.17.2 seulement PZ | 664 (annexe 1, 4.6) 664.1.3 664.2.3 | | | | X | V _{chiffre} 341.5 | | | | | | V _{max} = 6 m/s | |
| 5 Installation de télésurveillance | | | | | | | | | | | | | |
| 5.1 Circuits de surveillance | 671 | | | | | | | | | | | | |
| 5.1.1 En général sauf pour le câble tracteur | 341.4 | X | X | X | X | | | | O | O | | | |
| 5.1.2 Pour le câble tracteur | 671.3 | X | X | X | X | 6 m/s | | | | O | O | | |
| 5.2 Arrêt d'urgence au frein de sécurité déclenché depuis les véhicules si V _{max} ≥ 6 m/s | 625.3 656 | X* | | | | | | | | M | M | * seulement en cas de télécommande (ch. 655.5) | |
| 5.3.1 Dispositifs d'arrêt d'urgence dans les véhicules ou 5.3.2 Dans des cas justifiés, dispositifs pour mettre à la terre la ligne latérale ou la ligne de contact | 625.1 625.2 625.9 672.3 | X | X | X | X | | | pt | O | O | | | |

| Dispositifs de sécurité, de protection et de commande | Chiffre | U | | | | | | | Pt | E | | | Remarques |
|---|----------|----|----|----|-----|-----|------------------|----|----|----|-----------|-----------|---|
| | | TC | CD | CM | CS | | V _{rel} | DB | | AE | AU- BB | AU- SB | |
| | | | | | Max | Min | | | | | | | |
| CA | X | X | X | X | X | X | X ^{pt} | | | | | | |
| 5.4 Surveillance du frein du véhicule | 673 | | | | | | | | | | | | |
| 5.4.1 En cas de régulation de l'effort de freinage du frein de service | | | | | | | | | | | | M | |
| 5.4.2 En cas de commande de l'effort de freinage ou d'effet immédiat du frein de service | | | | | | | | | | | | O | |
| 5.5 Frein du véhicule, surveillance de la pression | 712.12 | X | X | X | X | X | X ^{pt} | | O | O | | | |
| 5.6 Dispositif de mesure de la charge | | | | | | | | | | | | | |
| 5.6.1 En cas de transport simultané des voyageurs et des marchandises (y compris l'eau) | 701.12.1 | X | X | X | | | pt | M | | | | | |
| 5.6.2 Dans chaque cas de charge, sauf lorsqu'on admet 120 kg pour la masse d'une personne | 701.12.2 | X* | | | | | pt | M | | | | | * uniquement en cas de commande automatique |
| 5.7 Surveillance de la position des portes si les véhicules sont accompagnés | 704.4 | X | | | | | | | | | | | |
| 5.7.1 Avant le départ | | | | | | | | M | | | | | |
| 5.7.2 Pendant la course | | | | | | | | | O | O | | | |

| Dispositifs de sécurité, de protection et de commande | Chiffre | U | | | | | | Pt | E | | | Remarques |
|---|-----------------------|----|----|----|-----|-----|----|----|----|-----------|-----------|-------------------------------------|
| | | TC | CD | CM | CS | | DB | | AE | AU- BB | AU- SB | |
| | | | | | Max | Min | | | | | | |
| 5.8 Surveillance de la position des portes si les véhicules ne sont pas accompagnés avant le départ | 704.4 | X | X | X | X | X | | | | | | |
| 5.8.1 pendant la course | | | | | | | M | | | | | |
| 5.8.2 | | | | | | | | O | O | | | |
| 5.9 Surveillance du verrouillage en cas de fermeture manuelle des portes des véhicules | 704.2 | X | X | X | X | X | | | | | | |
| 5.9.1 avant le départ | | | | | | | M | | | | | |
| 5.9.2 pendant la course | | | | | | | | | O | O | | |
| 5.10 Surveillance du verrouillage en cas de fermeture automatique des portes des véhicules | 704.3.4 | X | X | X | X | X | | | | | | |
| 5.10.1 avant le départ | | | | | | | M | | | | | |
| 5.10.2 pendant la course | | | | | | | | | O | O | | |
| 5.11 Ordres de commande pour l'arrêt normal, la réduction de la vitesse de marche, etc. | 614.4 653.3 675 | X* | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | * uniquement en cas de télécommande |

Contrôles périodiques

1 Contrôles hebdomadaires

Toutes les semaines, il faudra au moins contrôler:

- 1.1 le cas échéant, le bon fonctionnement du moteur auxiliaire ou de secours.

2 Contrôles mensuels

Tous les mois, il faudra au moins:

- 2.1 contrôler tous les dispositifs d'arrêt d'urgence dans les stations et aux arrêts intermédiaires;
- 2.2 contrôler l'état
 - 2.2.1 des câbles tracteurs et des câbles de tension, dans les zones avec cassures de fils ou d'autres détériorations apparentes: contrôle visuel ($v \leq 0,3$ m/s), ou avec un appareil de contrôle,
 - 2.2.2 des attaches et des fixations des câbles,
 - 2.2.3 des variations de longueurs des câbles;
- 2.3 contrôler l'usure
 - 2.3.1 des garnitures des poulies, des galets et des glissières fixes pour le câble sur la ligne,
 - 2.3.2 des garnitures des freins;
- 2.4 contrôler:
 - 2.4.1 le frein de service avec régulation de la force de freinage (mesure du chemin ou du temps de freinage et de la contre-pression), avec véhicules vides,
 - 2.4.2 le frein de service avec commande de la force de freinage (mesure du chemin ou du temps de freinage), de façon que les différents cas puissent être testés,
 - 2.4.3 le frein de sécurité (mesure du chemin ou du temps de freinage), avec véhicules vides,
 - 2.4.4 les déclenchements électriques du frein de sécurité (circuit de travail et circuit de repos individuellement),
 - 2.4.5 les surveillances de la décélération,

- 2.4.6 les surveillances d'entrée, dans les deux sens de marche, alternativement avec chaque répéteur, individuellement,
- 2.4.7 le déclenchement par survitesse du frein de service, dans les deux sens de marche,
- 2.4.8 les accumulateurs;
- 2.4.9 le dispositif de mise en tension hydraulique avec les circuits de commande et de sécurité (force de tension trop faible, force de tension trop grande, surveillance, circuit de repos et circuit de travail du dispositif de maintien de la force de tension).
- 2.5 contrôler la marche avec la commande de substitution, ainsi que le cas échéant, avec l'entraînement auxiliaire ou de secours.
- 2.6 contrôler l'état des galets et des guide-câble.
- 2.7 contrôler l'état des véhicules, y compris la fixation des câbles tracteurs, ainsi que les dispositifs de fermeture et de verrouillage des portes.
- 2.8 contrôler visuellement les installations d'amenée du courant aux véhicules, à l'exception de la ligne de contact (chiffre 5.2.1).

3 Contrôles trimestriels

Tous les trois mois, il faudra au moins:

- 3.1 contrôler l'état des câbles tracteurs; les épissures et les torons insérés seront contrôlés à l'arrêt;
- 3.2 contrôler le(s) déclenchement(s) par survitesse du frein de sécurité, dans les deux sens de marche;
- 3.3 actionner manuellement les freins du véhicule, à l'arrêt,
- 3.3.1 contrôler le bon fonctionnement des interrupteurs des freins du véhicule.
- 3.4 mesurer le moment des accouplements à friction des freins du véhicule (au moins sur 1 tour).
- 3.5 contrôler les ponts et autres constructions métalliques, seulement après la première mise en service, à savoir:
 - 3.5.1 les fissures superficielles sur les cordons de soudures,
 - 3.5.2 le blocage, respectivement le couple de serrage, des rivets et des boulons,
 - 3.5.3 la rectitude des barres.

4 Contrôles semestriels

Tous les six mois, il faudra au moins:

- 4.1 contrôler l'état des câbles tracteurs et des câbles de tension: contrôle visuel ($v \leq 0,3$ m/s), ou avec un appareil de contrôle, sur toute la longueur, aussi longtemps qu'on n'a pas constaté de ruptures de fils ou d'autres dégâts extérieurs.
- 4.2 parcourir le tracé et contrôler visuellement la superstructure, notamment les points d'appui et les ancrages, ainsi que le ballast.

5 Contrôles annuels

Toutes les années, il faudra au moins:

- 5.1 mesurer la résistance d'isolement par rapport à la terre des câbles surveillés (chiffre 671.2);
- 5.2 contrôler visuellement
 - 5.2.1 les rails conducteurs, la ligne latérale et la ligne de contact avec les pantographes.
 - 5.2.2 l'isolation électrique du câble tracteur,
 - 5.2.3 les dispositifs particuliers de protection (mise à la terre de protection, protection contre la foudre, etc.),
 - 5.2.4 les structures de protection aux croisements avec les lignes électriques;
- 5.3 contrôler
 - 5.3.1 les dispositifs électriques de sécurité et de protection, le cas échéant, avec les valeurs de seuil,
 - 5.3.2 les installations électriques de commande et de régulation,
 - 5.3.3 l'installation électrique et l'appareillage électrique (état des contacts et des bornes, blocage des boulons, etc.),
 - 5.3.4 les valeurs de réponse des circuits de surveillance (circuit à terre, court-circuit et interruption),
 - 5.3.5 le cas échéant, le bon fonctionnement des pièces de rechange,
 - 5.3.6 les valeurs de seuil du dispositif de mesure de la charge;
- 5.4 contrôler les galets et les guide-câble en ce qui concerne:
 - 5.4.1 les fissures, les déformations et l'usure,
 - 5.4.2 le serrage, respectivement l'assurage des boulons, ainsi que le blocage des rivets;
- 5.5 contrôler

- 5.5.1 le frein de service pour les cas de charge, charge à la montée et charge à la descente (avec mesure du chemin ou du temps de freinage, des contre-pressions en cas de régulation de la force de freinage, respectivement des points d'inversion en cas de commande de la force de freinage),
- 5.5.2 le frein de sécurité avec charge à la descente (avec mesure du chemin ou du temps de freinage);
- 5.6 contrôler les parties mécaniques et les véhicules en ce qui concerne:
 - 5.6.1 les fissures, les déformations et l'usure,
 - 5.6.2 le serrage, respectivement l'assurage des boulons, le blocage des rivets;
- 5.7 contrôler
 - 5.7.1 les freins des véhicules avec charge à la descente (avec mesure des chemins de freinage de chaque frein), le cas échéant avec charge partielle pour vérifier la régulation et la commande de l'effort de freinage,
 - 5.7.2 le déclenchement des freins du véhicule en cas de détente des câbles avec mesure de la tension restant dans les câbles,
 - 5.7.3 le déclenchement des freins des véhicules en cas de survitesse;
- 5.8 contrôler visuellement l'infrastructure et les fondations quant aux dégâts dus au gel, aux chutes de pierres, à la poussée de la neige, aux mouvements de terrain, etc. (inspection de la ligne après la saison d'hiver);
- 5.9 contrôler les stations selon le chiffre 5.8;
- 5.10 nettoyer les rails, pour les installations dotées de freins de véhicule agissant sur les rails.

6 Contrôles après plusieurs années

D'autre part, il faudra au moins:

- 6.1 contrôler tous les deux ans:
 - 6.1.1 les fixations des câbles tracteurs aux véhicules,
 - 6.1.2 la mise au neutre, respectivement la mise à la terre du matériel électrique monté mobile; celle du matériel monté fixe, selon les prescriptions du droit fédéral;
 - 6.1.3 uniquement après la première mise en service: contrôler les ancrages (chiffre 824.2.2) concernant la force portante et la protection contre la corrosion ainsi que mesurer les mouvements des ouvrages d'art (chiffre 824.2.4).

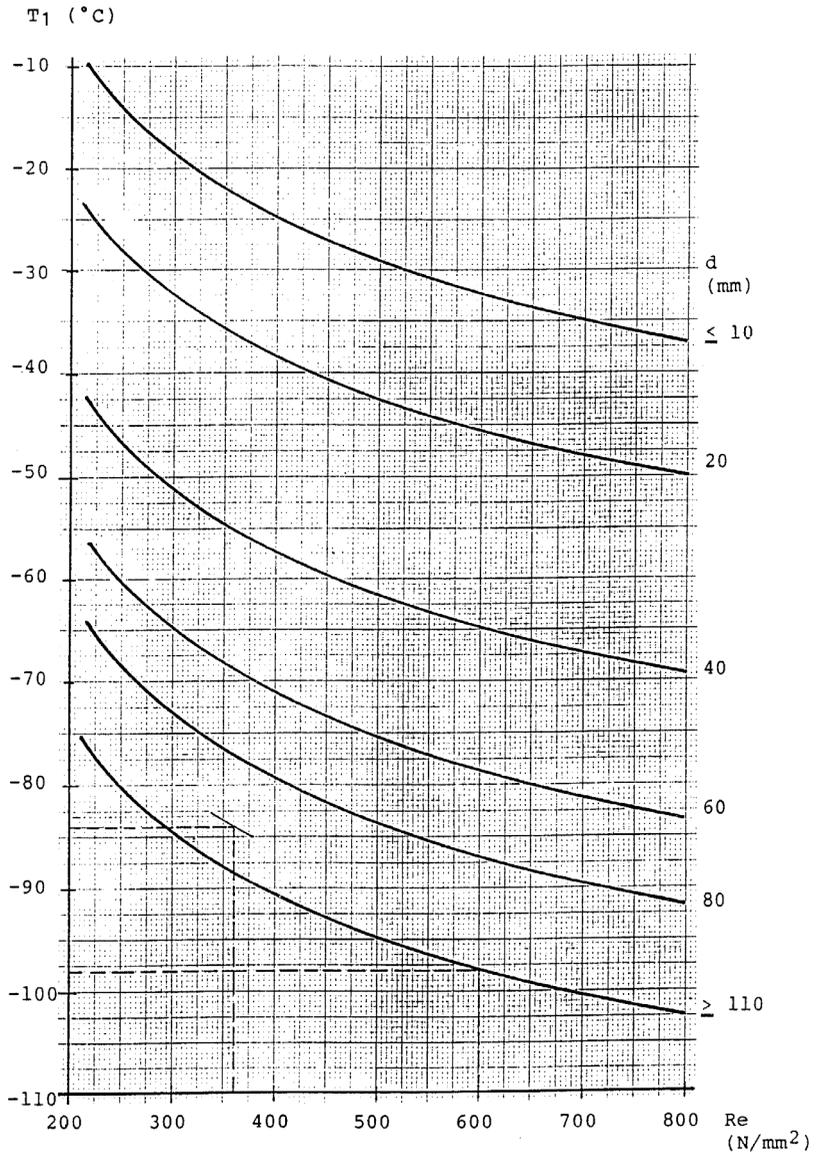
- 6.2 contrôler tous les six ans:
 - 6.2.1 les ouvrages d'art (inspection principale selon chiffre 941.6);
 - 6.2.2 les ancrages concernant la force portante et la protection contre la corrosion ainsi que mesurer les mouvements des ouvrages d'art (chiffre 824.2.4).
- 6.3 si les fabricants ne prescrivent pas de délais plus courts:
 - 6.3.1 contrôler les châssis et les freins du véhicule (démontage), tous les 6 ans,
 - 6.3.2 contrôler les freins de service et de sécurité (démontage), tous les 6 ans;
- 6.4 pour les fixations des extrémités des câbles:
 - les contrôler selon les prescriptions particulières de l'Office fédéral.

Annexe 3
(chiffres 533.1 et 701.3)**1 Résilience**

Avec l'essai ISO - V, il faut atteindre au moins une résilience de 28 J pour une température de T_{K28} .

Le nomogramme de la page suivante sert à déterminer la température T_1 requise de contrôle de la résilience en fonction de la limite apparente d'élasticité Re et de l'épaisseur d de l'élément de construction. T_1 est égale à T_{K28} pour une température de service supérieure à -40°C , pour une sollicitation par à-coups ou brusque et pour des contraintes d'élément de construction proches de la limite apparente d'élasticité. Pour d'autres conditions d'exploitation, la température T_1 de contrôle doit être augmentée des valeurs de correction T_2 , T_3 et T_4 .

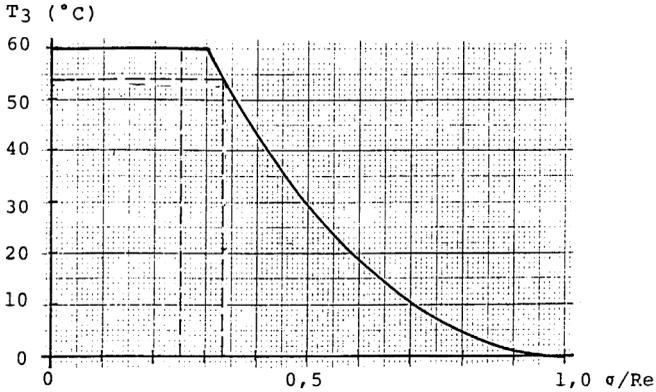
2 Epaisseur, limite apparente d'élasticité (nomogramme)



3 Température de service (valeur de correction)

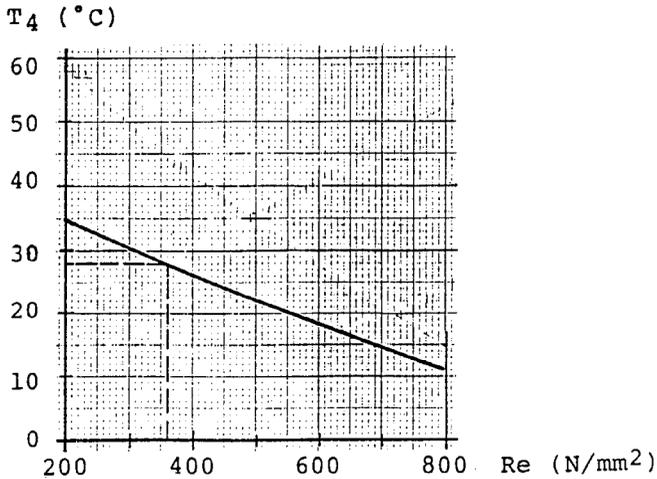
Température de service $\geq 0^{\circ}\text{C}$: $T_2 = 28^{\circ}\text{C}$

4 Contraintes d'éléments de construction (valeur de correction)



5 Genre de sollicitation (valeur de correction)

Charge constante ou lente modification de la charge (p. ex. axes des poulies de renvoi)



6 Exemples de lecture

- 6.1 Axe de la poulie de renvoi devant la station amont, diamètre $d = 95 \text{ mm}$, limite apparente d'élasticité $Re = 360 \text{ N/mm}^2$, contrainte maximale $\sigma = 120 \text{ N/mm}^2$
 $T_{K28} = T_1 + T_3 + T_4 = -84 + 54 + 28 = -2^\circ \text{ C}$
La valeur minimale de la résilience de 28 J sera justifiée pour une température de contrôle au maximum de -2° C .
- 6.2 Arbre d'entraînement dans la salle des machines, diamètre $d = 200 \text{ mm}$, limite apparente d'élasticité $Re = 600 \text{ N/mm}^2$, contrainte maximale $\sigma = 150 \text{ N/mm}^2$
 $T_{K28} = T_1 + T_2 + T_3 = -98 + 28 + 60 = -10^\circ \text{ C}$
La valeur minimale de la résilience de 28 J sera justifiée pour une température de contrôle au maximum de -10° C .

Annexe 4
(chiffre 102.2)**Terminologie**

Les abréviations entre parenthèses se rapportent aux indications et aux explications de l'ordonnance.

1 Principes, installations mécaniques**1.1 Arrêt intermédiaire**

Un arrêt intermédiaire est un endroit entre la station motrice et la station de renvoi, où le funiculaire s'y arrête régulièrement pour l'embarquement et le débarquement de voyageurs.

1.2 Contraintes d'enroulement

Les contraintes d'enroulement apparaissent à la suite d'une différence de diamètre de gorge sur les poulies d'entraînement à plusieurs gorges; elles entraînent une augmentation des forces de tension du câble entre la poulie motrice et sa contre-poulie, respectivement ses contre-poulies.

1.3 Mouvement par gravité

Mouvement propre du funiculaire dans les cas de charge les plus favorables, avec le moteur principal découplé et les 3/4 du frottement calculé des galets et des poulies de câble.

1.4 Charge à la montée

Cas d'exploitation avec la plus grande force tangentielle d'entraînement (en règle générale, véhicule chargé à la montée et véhicule vide à la descente, le cas échéant les deux véhicules chargés, dans la situation la plus défavorable).

1.5 Charge à la descente

Cas d'exploitation avec la plus petite force tangentielle motrice, le cas échéant avec la plus grande force tangentielle génératrice d'entraînement (en règle générale, véhicule chargé à la descente et véhicule vide à la montée, le cas échéant les deux véhicules chargés, dans la situation la plus défavorable).

2 Principes, installations électriques

2.1 Circuit de repos

Circuit dans lequel passe normalement un courant permanent. Le transfert à un état de service de sécurité supérieure, du matériel électrique branché au circuit correspondant, se fait par interruption de courant.

2.2 Système à courant de repos

Système composé exclusivement de circuits de repos.

2.3 Circuit de travail

Circuit dans lequel ne passe normalement aucun courant. Le transfert à un état de service de sécurité supérieure, du matériel électrique branché au circuit correspondant, se fait par le passage d'un courant.

2.4 Système à courant de repos-travail

Système composé de circuits de repos et de circuits de travail combinés pour la même fonction. Le transfert à un état de service de sécurité supérieure, du matériel électrique branché aux circuits correspondants, se fait par interruption de courant, respectivement par un passage ou une augmentation de courant.

2.5 Système à courant de travail

Système avec un circuit de travail qui n'agit pas simultanément sur un système à courant de repos-travail.

2.6 Dispositifs de sécurité (DS)

Dispositifs qui servent à entraver la marche (p. ex. arrêt du funiculaire), soit directement (p. ex. déclencheurs mécaniques de survitesse, dispositifs d'arrêt d'urgence, interrupteurs de frein du véhicule), soit par l'intermédiaire de la surveillance des opérations et des états importants pour la sécurité (p. ex. surveillance de la valeur réelle, surveillance de la décélération, installation de télésurveillance).

2.7 Dispositifs de protection

Matériel électrique (p. ex. disjoncteurs de surcharge, interrupteurs FI, dispositifs de surveillance de ventilation) qui protège d'autres installations et objets, de certaines influences (p. ex. surintensité de courant, courant de défaut, température excessive). Les dispositifs de protection ne sont pas des dispositifs de sécurité.

2.8 Aptitude au fonctionnement

Aptitude de pouvoir remplir techniquement, sous des conditions données, une fonction prévue.

2.9 Pontage

Les dispositifs de sécurité mentionnés expressément, ainsi que différents ordres de commande de l'installation de télésurveillance, même si leur fonctionnement dans un autre mode de service ou à des vitesses réduites est obligatoire, disposeront une mise hors service par pontage.

2.10 Exclusion d'erreur

En raison de mesures constructives spéciales et, à la rigueur, d'autres mesures, une erreur théoriquement possible doit être exclue en pratique.

2.11 Actionnement par contrainte

Un appareil de commutation (p. ex. interrupteur, bouton-poussoir) est actionné par contrainte lorsque l'action d'une force mécanique extérieure et directe sur son organe de manoeuvre ouvre entièrement ses contacts d'ouverture, indépendamment de l'influence de n'importe quels accumulateurs mécaniques d'énergie, balanciers, leviers basculants, etc.

2.12 Contacts guidés

Les relais ou les contacteurs sont dotés de contacts guidés lorsqu'un contact de travail (contact de fermeture) ne ferme le circuit auquel il est connecté que si aucun contact de repos (contact d'ouverture) n'est resté fermé par erreur et lorsqu'un contact de repos ne se referme après excitation que si aucun contact de travail n'est resté fermé. Si l'un des contacts de repos reste fermé par suite d'un défaut, aucun contact de travail ne doit se fermer, même lors de l'excitation de la bobine par un courant de 1,5 fois le courant nominal.

3 Matériel électrique

3.1 Matériel électrique

Matériel servant à la production, à la transmission et à l'utilisation de l'énergie électrique (p. ex. générateurs, moteurs, transformateurs, conducteurs, bobines de relais, interrupteurs et instruments).

3.2 Transducteurs

Éléments de transformation d'énergie qui, sous l'effet d'une grandeur physique spécifique modifient les circuits ou le matériel électriques (p. ex. bobines de vannes et de relais, interrupteurs à pression hydraulique et transducteur à air pour la surveillance de la ventilation). On peut faire une distinction entre les transducteurs électriques et les transducteurs électroniques. Les transducteurs figurent également dans l'ensemble du matériel électrique.

- 3.3 Appareils de commutation,**
Appareils qui coupent ou ferment les circuits (p. ex. relais, contacteurs, interrupteurs). Les appareils de commutation se classent dans l'ensemble du matériel électrique.
- 3.4 Elements de commutation**
Parties d'appareil qui comprennent toutes les pièces établissant le contact immédiat, à savoir la pièce de contact fixe et la pièce de contact mobile, avec leurs éléments d'amenée de courant, d'amortissement, de fixation et de palier. La plupart des éléments de commutation sont des composants de transducteurs ou d'appareils de commutation.
- 3.5 Relais temporisé**
Appareils de commutation (relais) dont les éléments de commutation agissent avec un retard de durée ajustable.
- 3.6 Relais temporisé à limiteur de temps maximal**
En cas de défaut d'un relais temporisé, la limite de temps fixée ne pourra en aucun cas être dépassée.
- 3.7 Relais temporisé à limiteur de temps minimal**
En cas de défaut d'un relais temporisé, la limite de temps fixée ne pourra être que respectée ou dépassée.
- 3.8 Dispositif d'arrêt d'urgence**
Appareil de commutation qui, en cas d'actionnement manuel, agit sur un circuit de sécurité ou de surveillance.
- 3.9 Bouton-poussoir d'arrêt d'urgence**
Dispositif d'arrêt d'urgence qui revient automatiquement dans sa position initiale après actionnement.
- 3.10 Interrupteur d'arrêt d'urgence**
Dispositif d'arrêt d'urgence qui ne revient pas automatiquement dans sa position initiale après actionnement (p. ex. interrupteur rotatif, bouton-poussoir à cran d'arrêt).
- 3.11 Dispositifs de communication**
Dispositifs de signalisation bien visibles par le personnel. Ils peuvent également être montés au poste de commande, suivant le lieu de montage de celui-ci.

3.12 Répétiteur de marche (RM)

Dispositif qui fournit des informations sur la position respective des véhicules, par rapport à la longueur de l'installation.

4 Circuits électriques

4.1 Circuits principaux

Circuits qui alimentent en énergie électrique les équipements d'entraînement effectifs (p. ex. moteur principal, convertisseur) et les services auxiliaires, et qui sont protégés par des disjoncteurs de surintensité déclenchant au-dessus de 25 A.

4.2 Circuits auxiliaires

Circuits qui alimentent en énergie électrique les services auxiliaires effectifs (p. ex. ventilateurs, vérins des freins, moteurs de pompes), et qui sont protégés par des disjoncteurs déclenchant à 25 A au maximum.

4.3 Circuits de commande

Circuits qui servent essentiellement à la commande, à la régulation, etc.

4.4 Circuits de sécurité

Circuits - à l'exception des circuits de surveillance - sur lesquels agissent directement les dispositifs de sécurité (p. ex. boutons-poussoirs d'arrêt d'urgence, interrupteurs), ou qui surveillent directement les grandeurs physiques et, à la rigueur, les comparent (p. ex. surveillance de la valeur de consigne et de la valeur réelle, surveillance de la décélération). Ils arrêtent le funiculaire ou empêchent qu'il ne se mette en marche intempestivement.

Circuits de surveillance

voir chiffre 8.2

5 Commande et desserte

5.1 Type de commande

Selon le type de commande de l'entraînement principal, on distingue:

5.1.1 Commande programmée (CP)

5.1.1.1 Commande automatique (CA),

Les voyageurs ou des dispositifs particuliers peuvent faire démarrer la course.

- 5.1.1.2 **Télécommande (TC)**
Le personnel peut faire démarrer la course, et la modifier en partie, depuis différents points de commande.
- 5.1.1.3 **Commande directe (CD)**
Le machiniste peut faire démarrer la course et la modifier en partie depuis le poste de commande.
- 5.1.2 **Commande manuelle (CM)**
Normalement toute la course n'est commandée que par le machiniste.
- 5.1.3 **Commande de substitution (CS)**
Le machiniste peut faire démarrer la course, la modifier en partie ou la commander manuellement depuis le poste de commande. Tous les équipements de sécurité, de protection, de commande et de régulation non exigés pour ce type de fonctionnement sont hors service.
- 5.2 Poste de commande**
Le funiculaire peut être commandé et surveillé depuis le poste de commande. Ce poste est équipé des dispositifs nécessaires à cet effet.
- 5.3 Poste de contrôle**
Le funiculaire peut être arrêté et, si nécessaire, télécommandé depuis le poste de contrôle (véhicules). Ce poste est équipé des dispositifs nécessaires à cet effet.
- 5.4 Local de commande**
Local dans lequel est monté le poste de commande, à côté des armoires de commande et des éventuels services auxiliaires.
- 5.5 Local des machines**
Local ou emplacement dans lequel ou sur lequel est monté l'entraînement principal du funiculaire.
- 6 Arrêt du funiculaire**
- 6.1 Arrêt**
Le funiculaire est arrêté, lorsqu'il est amené à passer de l'état de marche à l'état de repos.
- 6.2 Arrêt normal (AN)**
Le moteur principal freine et arrête le funiculaire avec une décélération suffisante, non surveillée et aussi constante que possible.

- 6.3 Arrêt électrique (AE) (arrêt d'urgence à l'arrêt électrique)**
Après l'interruption du circuit de sécurité correspondant, le moteur principal freine et arrête le funiculaire avec une décélération suffisante, surveillée et aussi constante que possible.
- 6.4 Arrêt d'urgence au fein de service (AU-BB) (BB=Betriebsbremse)**
Après l'interruption du circuit de sécurité correspondant, le frein de service entre en action et le flux d'énergie entre le secteur et le moteur principal est interrompu.
- 6.5 Arrêt d'urgence au frein de sécurité (AU-SB) (SB=Sicherheitsbremse)**
Après l'interruption du circuit de sécurité correspondant ou la fermeture du circuit de travail correspondant, ou par déclenchement mécanique, le frein de sécurité entre en action et le flux d'énergie entre le secteur et le moteur principal est interrompu.
- 6.6 Régulation de la force de freinage**
La force de freinage du frein de service est réglée automatiquement lors du processus de freinage, selon une valeur de décélération prédéterminée, de telle manière que cette dernière soit la plus constante possible jusqu'à l'arrêt du funiculaire.
- 6.7 Commande de la force de freinage**
La force de freinage du frein de service est déterminée en fonction de la commande, c'est-à-dire non surveillée, avant le début du processus de freinage et reste normalement inchangée jusqu'à l'arrêt.
- 6.8 Surveillance de la décélération**
Elle surveille la décélération produite par le moteur principal ou par un frein mécanique lors de l'arrêt du funiculaire.
- 7 Entraînement**
- 7.1 Vitesse de marche**
Vitesse mesurée à la poulie motrice.
- 7.2 Vitesse de marche maximale**
Vitesse de marche la plus grande admise pour l'exploitation.
- 7.3 Entraînement principal**
Entraînement qui permet le déplacement du funiculaire lors de l'exploitation normale.

7.4 Entraînement auxiliaire

Entraînement avec une source d'énergie propre, indépendant du réducteur de l'entraînement principal.

7.5 Entraînement de secours

Entraînement avec une source d'énergie propre, qui agit sur l'entraînement principal.

7.6 Moteur principal

Moteur entraînant directement le funiculaire au moyen de l'entraînement principal. Sa vitesse de rotation détermine directement la vitesse de marche.

8 Installations de télésurveillance et de télécommunication**8.1 Installation de télésurveillance (ITS)**

Équipement de sécurité permettant de surveiller des parties du funiculaire à l'extérieur de la station motrice. L'installation de télésurveillance comprend les circuits de surveillance et leurs évaluations. Dans certains cas, elle permet également d'agir sur la commande de l'entraînement au moyen d'ordres donnés à l'extérieur de la station d'entraînement (p. ex. depuis les véhicules).

8.2 Circuits de surveillance

Circuits ou autres liaisons pour la transmission d'informations, sur lesquels agissent directement les dispositifs de sécurité et de protection installés sur le parcours. Les dispositifs de sécurité et de protection installés à la station de renvoi, dans les véhicules, et aux arrêts intermédiaires, agissent sur les circuits de surveillance, soit directement, soit par l'intermédiaire de circuits de sécurité. Les circuits de surveillance provoquent l'arrêt du funiculaire, s'ils sont interrompus, s'ils sont court-circuités avec d'autres circuits de surveillance ou avec la terre, et si tout autre matériel électrique installé à cet effet est court-circuité. Les circuits de surveillance servent également à la détection de ruptures de câbles, de chevauchements de câbles et de circuit à terre. Les conducteurs des circuits de surveillance sont en général exposés directement aux intempéries.

8.3 **Sécurité de coupure**

La sécurité de coupure est garantie lorsque le seuil de déclenchement d'arrêt d'urgence d'un circuit de surveillance (système à courant de repos-travail) est établi de telle manière qu'une fois atteint, le déclenchement d'arrêt d'urgence du circuit de surveillance correspondant s'ensuive, même si, sur le parcours ou dans les stations, une quelconque résistance de fuite ou de série venait à se manifester.

8.4 **Valeurs de courants limites**

Quand la sécurité de coupure n'est pas garantie, les valeurs de courants limites sont les valeurs qui devraient provoquer le déclenchement d'arrêt d'urgence afin de garantir cette sécurité.

8.5 **Liaisons téléphoniques internes**

Ce sont le téléphone de service, les installations radiotéléphoniques, les interphones, etc.

9 **Exploitation**

9.1 **Instructions de service**

Directives du constructeur pour l'exploitation et la maintenance efficaces de l'installation, et description de la fonction du funiculaire et de ses parties.

9.2 **Course de service**

Course pendant laquelle on ne transporte pas de voyageurs.

9.3 **Course de contrôle**

Course de service au cours de laquelle on effectue des contrôles.

9.4 **Sauvetage**

Evacuation des voyageurs depuis des véhicules bloqués (avec des moyens propres ou étrangers au funiculaire) jusque vers un lieu approprié pour la suite du transport.

9.5 **Maintenance**

Ensemble des mesures permettant de constater et d'évaluer l'état actuel de l'installation, de même que de maintenir et de rétablir l'état de consigne.

10 Entrée en station

Répétiteur de marche (RM)

voir chiffre 3.12

10.1 Surveillance d'entrée en station

Surveillance de l'évolution de la vitesse dans les zones d'entrée des stations, par l'intermédiaire de deux répétiteurs de marche indépendants l'un de l'autre en liaison avec 2 éléments de mesure de la vitesse indépendants l'un de l'autre.

10.2 Contrôle du répétiteur de marche (CRM)

On distingue entre différents contrôles de la position du répétiteur:

10.2.1 Contrôle du point fixe (PF)

Contrôle de la position d'un ou de plusieurs répétiteurs par rapport à un point fixe de la ligne.

10.2.2 Contrôle du synchronisme (SY),

Contrôle la position d'un répétiteur par rapport à l'autre.

10.2.3 Contrôle de la position zéro (PZ)

Lorsque les véhicules se trouvent dans les stations, contrôle si les répétiteurs se trouvent dans les positions initiales correspondantes.

11 Bases, installations fixes

11.1 Actions

Quatre types d'actions sont distingués:

11.1.1 Poids propre de la structure porteuse

11.1.2 Actions permanentes

Le poids propre des éléments non porteurs, les actions du sol de fondation et la précontrainte sont en général des actions permanentes.

11.1.3 Actions variables

Les charges utiles et les actions climatiques sont des actions variables.

11.1.4 Actions accidentelles

Actions de très courte durée dont la présence avec une grandeur significative est peu ou pas probable au cours de la durée de service prévue.

11.2 Situations de risque

Sont déterminantes pour la sécurité durant l'exécution et la durée de service prévue :

- l'analyse des éléments pouvant présenter un risque pour l'ouvrage;
- la recherche de situations critiques possibles dans lesquelles cet ouvrage pourrait se trouver.

L'établissement et l'examen approfondi des situations critiques, appelées situations de risques, constituent la base de réflexion pour la définition des mesures assurant la sécurité.

11.3 Plan de sécurité

Les situations de risque à prendre en compte pour la structure porteuse sont réunies dans un plan de sécurité, lequel définit également les mesures permettant d'assurer la sécurité.

11.4 Etats d'utilisation et plan d'utilisation

Les états d'utilisation à prendre en compte pour la structure porteuse sont réunis dans le plan d'utilisation, lequel définit également les mesures permettant d'assurer l'aptitude au service.

Le plan d'utilisation contient, par exemple :

- la durée de service prévue;
- les exigences relatives aux déformations, à la durabilité et à l'aspect.

Il sert de document de référence pour la surveillance et l'entretien.

11.5 Profil d'espace libre

Le profil d'espace libre est le contour de l'espace nécessaire pour le passage des véhicules et pour satisfaire aux différentes sujétions de l'exploitation. Il englobe le gabarit limite des installations fixes et les autres espaces de sécurité nécessaires.

11.6 Gabarit limite des installations fixes

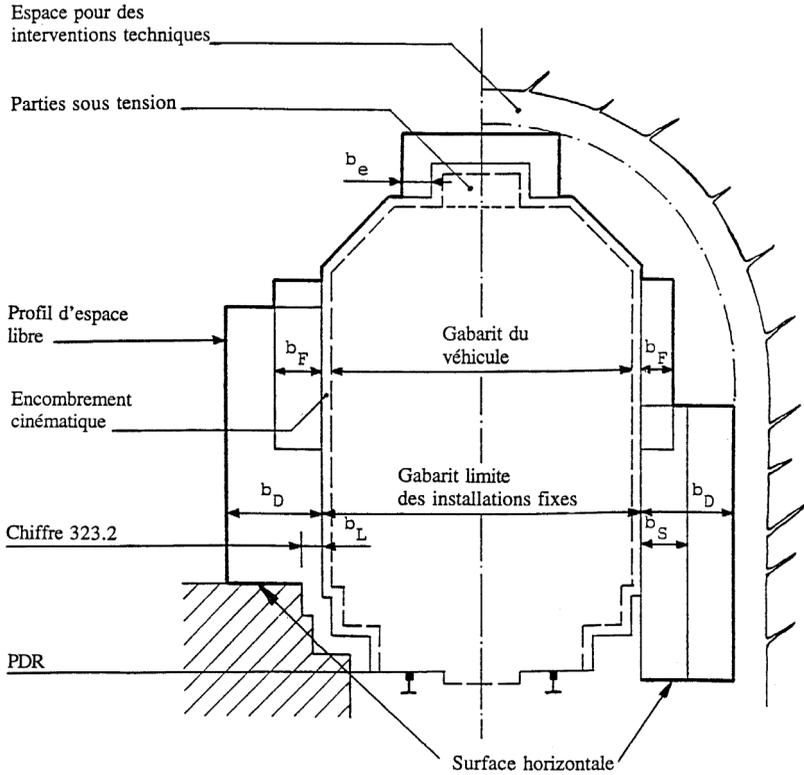
Le gabarit limite des installations fixes est le contour minimum nécessaire pour le passage des véhicules, compte tenu du comportement défini des véhicules et des tolérances pour la position de la voie.

11.7 Espaces de sécurité

Sont considérés comme espaces de sécurité:

- 11.7.1 Dégagement de service (b_D)
Il permet de cheminer et de stationner à l'abri des véhicules en marche. Il sert aussi à évacuer les passagers se trouvant dans des véhicules bloqués.
- 11.7.2 Dégagement d'évacuation (b_S)
Il permet de passer à côté des véhicules à l'arrêt. Il sera tenu libre au droit de toutes les installations fixes.
- 11.7.3 Dégagement à la hauteur des fenêtres, (b_F)
Il sera tenu libre sur toute la ligne lorsque les fenêtres des véhicules peuvent s'ouvrir.
- 11.7.4 Distance de sécurité électrique, (b_e)
C'est la distance minimale à respecter par rapport aux parties sous tension des véhicules et aussi par rapport à la ligne de contact.

11.7.5 Représentation graphique



Annexe 5
(chiffre 812.3)**Vérification de la sécurité structurale pour les ponts et les stations**

En règle générale, il suffit de considérer les situations de risque figurant dans les pages suivantes pour déterminer la valeur de dimensionnement de la sollicitation.

Facteurs de charge:

γ_G = facteur de charge applicable au poids propre de la structure porteuse

γ_Q = facteur de charge applicable à l'action prépondérante

ψ = facteur de charge applicable à l'action concomitante

ψ_{acc} = facteur de charge applicable à l'action concomitante d'une action accidentelle.

Valeur de dimensionnement de la sollicitation S_d :

Cas 1: L'action prépondérante est soit une action permanente soit une action variable

$$S_d = S (\gamma_G \cdot G_m, \gamma_Q \cdot Q_r, \Sigma \psi \cdot Q_r)$$

Cas 2: L'action prépondérante est une action accidentelle

$$S_d = S (G_m, Q_{acc}, \Sigma \psi_{acc} \cdot Q_r)$$

Tableau des situations de risque éventuelles

pour le calcul des valeurs de dimensionnement de la sollicitation

Facteurs de charge: γ_G , γ_Q , Ψ , Ψ_{acc}

| Etat | Ponts | | | | Stations | | | Remarques ES = en service HS = hors service | |
|--|-------|--------------------------|--|-----|----------|-----|----------------------------|---|----|
| | ES | Charge de trafic max. | Charge de trafic min. ²⁰ | HS | Neige | ES | ES | | ES |
| | | | | | | | | | |
| Action prépondérante | | | | | | | | | |
| Actions | | | | | | | | | |
| 1. Poids propre de la structure porteuse G_m | 1,3 | 0,8 | | 1,3 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,3 | |
| 2. Actions permanentes Q_r | 1,3 | 1,3 | | 1,3 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,3 | |
| 3. Actions variables Q_r | | | | | | | | | |
| 3.1 Charges du trafic (charges par essieu, y compris charges dynamiques) | 1,5 | -- | -- ²¹ | -- | -- | 1,0 | 1,0 | 1,0 | |
| 3.2 Véhicule vide | -- | 1,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 3.3 Forces de renvoi du câble tracteur | 1,5 | 1,0 | 0,8 | 0,8 | -- | 1,0 | 1,0 | 1,0 | |
| 3.4 Charge utile dans bâtiments | -- | -- | -- | -- | -- | -- | Ψ_{acc} ²² | 1,5 | |
| 3.5.1 Vent limite en exploitation | 1,0 | 1,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 3.5.2 Vent maximum | -- | -- | 1,5 | 0,8 | 0,8 | -- | -- | 0,8/0 | |
| 3.6 Neige | -- | -- | 0,8 | 1,5 | 1,5 | -- | Ψ_{acc} ²² | 0,8/0 | |

20 Chiffre 814.2.2

21 Chiffre 814.2.1

22 selon chiffre 103.2.4

| Etat | Ponts | | | | Stations | | | Remarques |
|--|--------------------------|------|-------|----------------------|--------------|----|-------------------------------------|-----------|
| | ES | HS | HS | ES | ES | ES | ES | |
| Action prépondérante | Charge de trafic max. | Vent | Neige | Action accidentelles | Charge utile | | | |
| 4. Actions accidentelles | Q_{acc} | | | | | | | |
| 4.1 Frein du véhicule avec les forces résultantes des roues | min. 20 | ou } | | 1,0 | | | Valeurs nominales selon chiffre 418 | |
| 4.2 Avalanches, poussée de la neige | | | | | | | | |
| 4.3 Dans les stations | | ou } | | | | | | |
| 4.3.1 Charges au déraillement | | | | | | | | |
| 4.3.2 Forces d'impact | | ou } | | | 1,0 | | | |
| 5. Autres actions | | | | | | | | |
| Température, terrain de fondation, vibrations construction, (p. ex. précontrainte, retrait, fluage) etc... | | | | | | | | |

Annexe 6
(chiffre 618.5)**Amenée du courant aux véhicules**

Afin que les parties nues sous tension ne puissent pas être touchées avec un objet de 1,25 m de long à partir de surfaces horizontales accessibles à chacun (chiffre 618.5.3), ces parties ne pourront être montées qu'à l'intérieur des surfaces hachurées représentées dans les figures 1 et 2. On prendra comme base de calcul la hauteur de l'épaule égale à 1,5 m, la longueur du bras égale à 0,7 m et un supplément de sécurité de 5 cm.

La figure 1 montre le gabarit limite lorsque les surfaces horizontales généralement accessibles ne sont pas barrées et que la ligne de contact n'est pas déclenchée.

La figure 2 montre le gabarit limite (ligne de contact sans protection) lorsque la ligne de contact est déclenchée ou que les surfaces horizontales généralement accessibles sont barrées, pour autant que les véhicules ne se trouvent pas dans la station. Les installations de la ligne de contact ou les surfaces horizontales généralement accessibles ne doivent pas être plus longues que les véhicules.

Indications concernant les figures

| | | |
|------|--------------------------------|----------|
| PDR: | Plan de roulement | |
| HE: | hauteur de l'épaule | (1,50 m) |
| LB: | longueur du bras | (0,70 m) |
| LOR: | longueur d'un objet rectiligne | (1,25 m) |
| SS: | supplément de sécurité | (0,05 m) |

Figure 1

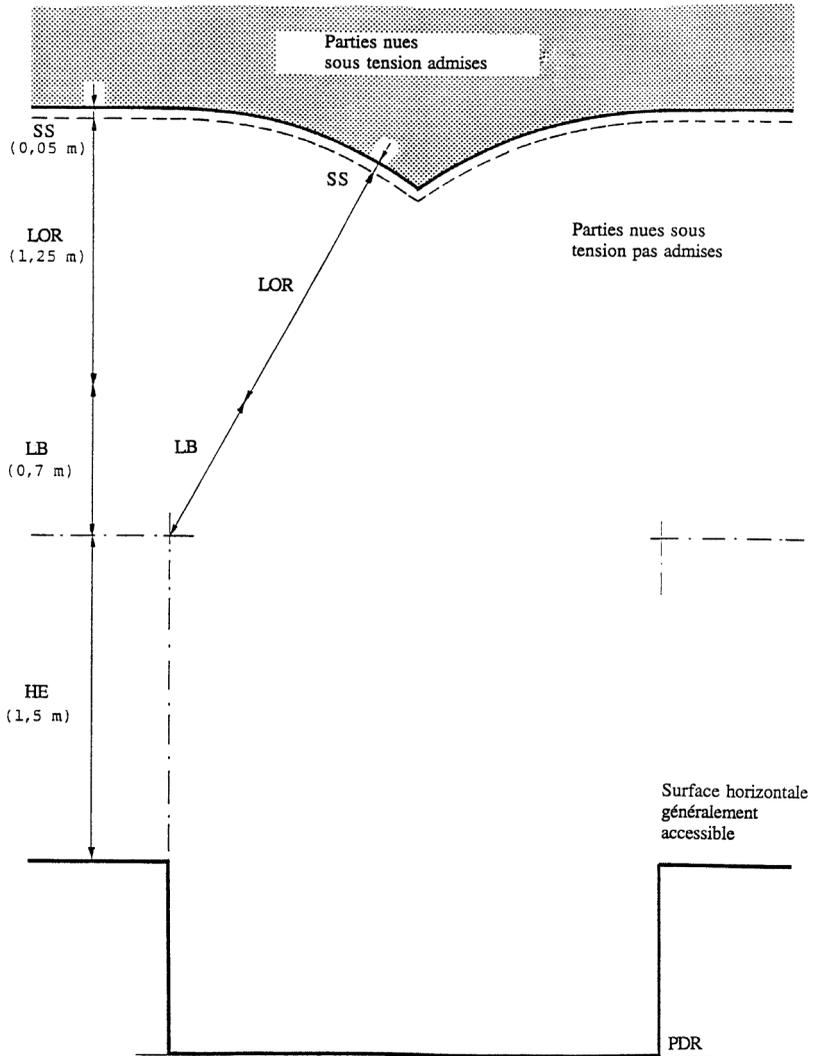


Figure 2

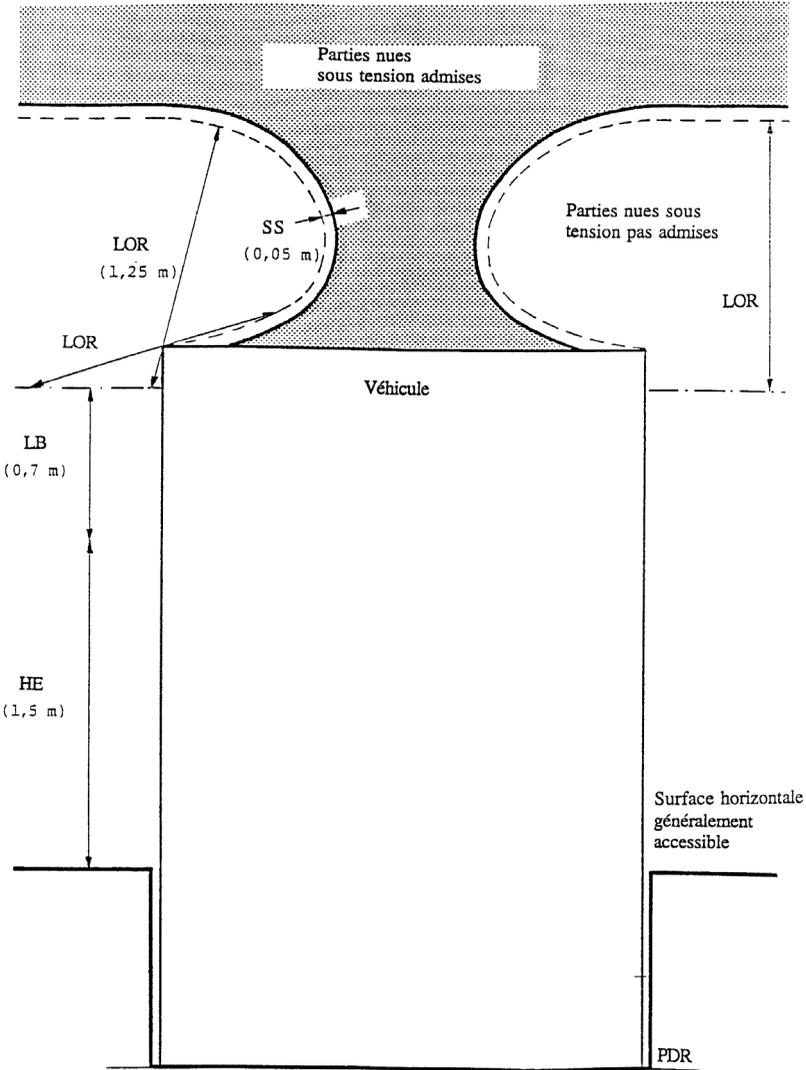


Table des matières

| | |
|--|-----------|
| 1 Dispositions générales | 2 |
| 101 Objet et domaine d'application | 2 |
| 102 Définitions | 2 |
| 103 Prescriptions complémentaires | 2 |
| 104 Dérogations aux prescriptions | 4 |
| 2 Documents à présenter et justifications | 5 |
| 21/22 Documents à présenter pour l'approbation des plans | 5 |
| 211 Généralités | 5 |
| 212 Présentation des documents | 6 |
| 213 Plan de situation | 6 |
| 214 Profil en long et coupes transversales | 6 |
| 215 Profil d'espace libre | 7 |
| 216 Calcul du câble | 7 |
| 217 Parties mécaniques | 8 |
| 218 Installations électriques | 8 |
| 219 Véhicules | 9 |
| 220 Stations | 9 |
| 221 Superstructure et infrastructure | 10 |
| 222 Ouvrages d'art | 10 |
| 223 Plan d'utilisation de l'installation et concept d'exploitation | 10 |
| 224 Rapport technique | 11 |
| 225 Rapport de sécurité | 11 |
| 226 Organisation de la construction | 11 |
| 227 Expertises ou rapports | 12 |
| 228 Programme de livraison | 12 |
| 23/24 Documents à présenter pour l'autorisation d'exploiter | 13 |
| 231 Généralités | 13 |
| 232 Dossier de sécurité | 14 |
| 233 Rapports des experts | 14 |
| 234 Parties mécaniques | 15 |
| 235 Dispositifs hydrauliques ou pneumatiques | 16 |
| 236 Installations électriques | 17 |
| 237 Véhicules | 17 |
| 238 Stations | 18 |
| 239 Superstructure | 19 |
| 240 Infrastructure | 19 |
| 241 Ouvrages d'art | 19 |
| 242 Attestations | 19 |
| 3 Prescriptions générales de construction | 21 |
| 31 Tracé | 21 |
| 311 Axe de la ligne et rayons des courbes | 21 |
| 312 Evitement | 21 |
| 313 Accessibilité à la ligne | 22 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 32 | Distances et profil d'espace libre | 23 |
| 321 | Gabarit limite des installations fixes | 23 |
| 322 | Espaces de sécurité | 24 |
| 323 | Empiètements | 24 |
| 324 | Protection du tracé | 24 |
| 33 | Voisinages, parallélismes et croisements | 25 |
| 331 | Voisinages, parallélismes et croisements avec des routes | 25 |
| 332 | Voisinages, parallélismes et croisements avec des lianes électriques | 25 |
| 333 | Voisinages, parallélismes et croisements avec des téléphériques et des téléskis | 26 |
| 334 | Voisinages, parallélismes et croisements avec d'autres installations | 26 |
| 34 | Vitesse de marche | 27 |
| 341 | Vitesse de marche | 27 |
| 4 | Hypothèses de charge, câbles et calcul des câbles | 29 |
| 41 | Hypothèses de charge | 29 |
| 411 | Masse des personnes | 29 |
| 412 | Accélération et décélération | 29 |
| 413 | Frottement | 29 |
| 414 | Vent | 30 |
| 415 | Coefficient dynamique | 31 |
| 416 | Neige | 31 |
| 417 | (Pas de prescriptions pour ce type d'installation) | 32 |
| 418 | Actions accidentelles | 32 |
| 419 | Terrain de fondation | 33 |
| 42 | Câbles et calcul des câbles, généralités | 34 |
| 421 | Coefficient de sécurité à la traction et diminution de section admissible | 34 |
| 422 | Diamètre des galets, des poulies et des tambours | 35 |
| 423 | Transmission de force sur la poulie motrice | 35 |
| 43 | (Pas de prescriptions pour ce type d'installation) | 37 |
| 44 | Câbles tracteurs | 38 |
| 441 | Calcul des tensions et des forces d'appui des câbles | 38 |
| 442 | Tension minimale du câble | 38 |
| 443 | Soulèvement du câble des galets | 38 |
| 45 | Rails et crémaillères | 39 |
| 451 | Rails | 39 |
| 452 | Crémaillères | 39 |
| 5 | Prescriptions particulières de construction pour les parties mécaniques | 40 |
| 51 | Généralités | 40 |
| 511 | Poste de commande | 40 |
| 512 | Equipements hydrauliques | 40 |
| 513 | Préventions des accidents du travail | 44 |
| 514 | Assemblages soudés | 44 |

| | |
|---|-----------|
| 515 Assemblages boulonnés | 44 |
| 52 Entraînements et freins | 45 |
| 521 Généralités | 45 |
| 522 Entraînement principal | 46 |
| 523 Entraînement auxiliaire et de secours | 47 |
| 524 Réducteurs | 48 |
| 525 Frein de service et arrêt électrique | 49 |
| 526 Frein de sécurité | 49 |
| 527 Commande manuelle des freins | 51 |
| 53 Poulies de câble, arbres, axes et paliers | 52 |
| 531 Poulies de câble et paliers | 52 |
| 532 Mesures à prendre contre les déraillements du câble | 52 |
| 533 Arbres et axes | 53 |
| 534 Paliers | 54 |
| 535 Poulies à plusieurs gorges | 55 |
| 54 Entrée des véhicules dans les stations | 56 |
| 541 Entraînement des répéteurs de marche | 56 |
| 542 Butoirs | 56 |
| 55/56 Equipement de la ligne | 57 |
| 551 Galets de câble | 57 |
| 57 Dispositifs de mise en tension et fixation des câbles | 58 |
| 571 Généralités | 58 |
| 572 Course pour la mise en tension | 58 |
| 573 Guidages et butées | 59 |
| 574 Dispositifs hydrauliques de mise en tension | 59 |
| 575 Fixations et liaisons des câbles | 60 |
| 6 Prescriptions de construction particulières pour les installations électriques | 61 |
| 61 Généralités | 61 |
| 611 Principes de base de la sécurité en technique | 61 |
| 612 Utilisation d'équipements électroniques | 62 |
| 613 Types de commande | 62 |
| 614 Dispositifs de sécurité, de protection et de commande | 63 |
| 615 Pontage des dispositifs de sécurité, | 64 |
| 616 Commande de substitution | 65 |
| 617 Entraînements auxiliaire et de secours | 65 |
| 618 Amenée du courant aux véhicules | 66 |
| 62 Matériel électrique, installation | 68 |
| 621 Interrupteur général de l'installation et interrupteur principal | 68 |
| 622 Matériel électrique, | 69 |
| 623 Montage et installation | 70 |
| 624 Mesures préventives contre la mise en danger des personnes | 71 |
| 625 Dispositifs d'arrêt d'urgence | 72 |
| 626 Eclairage | 73 |
| 63 Dispositifs particuliers de protection | 74 |
| 631 Mesures à prendre contre les dangers dus aux erreurs d'isolation | 74 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 632 | Protection contre la foudre et mise à la terre | 74 |
| 64 | Equipements de service et de contrôle | 76 |
| 641 | Signalisation | 76 |
| 642 | Poste de commande et poste de contrôle | 77 |
| 643 | Dispositifs de contrôle | 78 |
| 65 | Installations électriques d'entraînement | 80 |
| 651 | Entraînement électrique | 80 |
| 652 | Commande | 81 |
| 653 | Arrêt normal | 82 |
| 654 | Arrêt électrique | 82 |
| 655 | Arrêt d'urgence au frein de service | 83 |
| 656 | Arrêt d'urgence au frein de sécurité | 85 |
| 657 | Surveillance de la décélération | 86 |
| 658 | Dispositifs de sécurité et de protection supplémentaires de l'entraînement | 86 |
| 66 | Entrée en station | 89 |
| 661 | Ralentissement d'entrée | 89 |
| 662 | Surveillance d'entrée | 89 |
| 663 | Répétiteurs de marche | 90 |
| 664 | Contrôle du répétiteur de marche | 92 |
| 67 | Installations de télésurveillance et de télécommande | 93 |
| 671 | Circuits de surveillance | 93 |
| 672 | Dispositifs de sécurité et de protection agissant sur les circuits de surveillance | 95 |
| 673 | Surveillance du frein du véhicule | 95 |
| 674 | Installations particulières pour les circuits de surveillance | 96 |
| 675 | Télécommande | 96 |
| 68 | Equipements de télécommunication | 97 |
| 681 | Réseau de téléphone public | 97 |
| 682 | Liaisons téléphoniques internes du funiculaire | 97 |
| 683 | Transmission des signaux de marche et d'arrêt | 98 |
| 7 | Prescriptions particulières de construction pour les véhicules | 99 |
| 701 | Généralités | 99 |
| 702 | Dimensionnement | 100 |
| 703 | Caisses des véhicules | 102 |
| 704 | Portes des véhicules | 103 |
| 705-706 | (Pas de prescriptions pour ce type d'installation) | 104 |
| 707 | Fixation du câble tracteur | 104 |
| 708-710 | (Pas de prescriptions pour ce type d'installation) | 105 |
| 711 | Châssis | 105 |
| 712 | Frein du véhicule | 106 |
| 713 | Frein à main | 107 |
| 8 | Prescriptions particulières de construction pour les installations fixes | 108 |
| 81 | Calcul et dimensionnement | 108 |
| 811 | Principes | 108 |
| 812 | Actions | 108 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 813 | Calcul | 109 |
| 814 | Sécurité structurale | 109 |
| 815 | Aptitude au service | 110 |
| 816 | Sécurité à la fatigue | 110 |
| 82 | Matériaux et construction | 111 |
| 821 | Acier et constructions métalliques | 111 |
| 822 | Béton et constructions en béton | 111 |
| 823 | Constructions en bois | 111 |
| 824 | Tirants d'ancrage | 111 |
| 825 | Maintenance des ouvrages | 112 |
| 83 | Stations | 113 |
| 831 | Généralités | 113 |
| 832 | Accès, escaliers et balustrades | 113 |
| 833 | Protection contre le feu | 114 |
| 834 | Locaux particuliers | 115 |
| 835 | Fosses des contrepoids | 116 |
| 836 | Montage d'éléments de l'installation | 116 |
| 837 | Fosses pour les véhicules, | 116 |
| 838 | Déraillement des véhicules | 116 |
| 84 | Ligne | 117 |
| 841 | Superstructure | 117 |
| 842 | Infrastructure | 118 |
| 843 | Ouvrages d'art | 118 |
| 844 | Tunnels et galeries | 119 |
| 9 | Exploitation et maintenance | 120 |
| 91 | Généralités | 120 |
| 911 | Prescriptions de service | 120 |
| 912 | Chef technique | 120 |
| 913 | Personnel | 120 |
| 92 | Exploitation | 121 |
| 921 | Généralités | 121 |
| 922 | Mise en exploitation et contrôles par sondage | 121 |
| 923 | Course de contrôle | 122 |
| 924 | Occupation des stations et accompagnement des véhicules | 123 |
| 925 | Téléphone de service et appareils radio | 124 |
| 926 | Conditions spéciales d'exploitation | 124 |
| 927 | Instructions aux voyageurs | 125 |
| 93 | (Pas de prescriptions pour ce type d'installation) | 126 |
| 94 | Maintenance | 127 |
| 941 | Généralités | 127 |
| 942 | Planification de la maintenance | 127 |
| 943 | Check-lists, examens internes | 128 |
| 944 | Annonces à l'Office fédéral | 128 |
| 10 | Dispositions finales | 129 |
| 1001 | Abrogation du droit en vigueur | 129 |

| | |
|---|------------|
| Annexe 1 | 130 |
| Partie U: Utilisation des dispositifs de sécurité, de protection et de commande (chiffres 614.1 et 616) | 130 |
| Partie Pt: Pontage des dispositifs de sécurité (chiffre 615.1) | 130 |
| Partie E: Effet des dispositifs de sécurité et de protection (chiffres 614.2 et .3) | 131 |
| Signification des symboles: | 131 |
| Signification des colonnes | 132 |
| Dispositifs de sécurité, de protection et de commande | 133 |
| 1 Arrêt du funiculaire | 133 |
| 2 Généralités | 134 |
| 3 Installations électriques d'entraînement | 135 |
| 4 Entrée en station | 138 |
| 5 Installation de télésurveillance | 140 |
| Annexe 2 | 143 |
| Contrôles périodiques | 143 |
| 1 Contrôles hebdomadaires | 143 |
| 2 Contrôles mensuels | 143 |
| 3 Contrôles trimestriels | 144 |
| 4 Contrôles semestriels | 145 |
| 5 Contrôles annuels | 145 |
| 6 Contrôles après plusieurs années | 146 |
| Annexe 3 | 148 |
| 1 Résilience | 148 |
| 2 Epaisseur, limite apparente d'élasticité (nomogramme) | 149 |
| 3 Température de service (valeur de correction) | 150 |
| 4 Contraintes d'éléments de construction (valeur de correction) | 150 |
| 5 Genre de sollicitation (valeur de correction) | 150 |
| 6 Exemples de lecture | 151 |
| Annexe 4 | 152 |
| Terminologie | 152 |
| 1 Principes, installations mécaniques | 152 |
| 2 Principes, installations électriques | 153 |
| 3 Matériel électrique | 154 |
| 4 Circuits électriques | 156 |
| 5 Commande et desserte | 156 |
| 6 Arrêt du funiculaire | 157 |
| 7 Entraînement | 158 |
| 8 Installations de télésurveillance et de télécommunication | 159 |
| 9 Exploitation | 160 |
| 10 Entrée en station | 161 |
| 11 Bases, installations fixes | 161 |
| Annexe 5 | 165 |
| Vérification de la sécurité structurale pour les ponts et les stations | 165 |

| | |
|--|------------|
| Tableau des situations de risque éventuelles | 166 |
| Annexe 6 | 168 |
| Amenée du courant aux véhicules | 168 |
| Indications concernant les figures | 168 |
| Figure 1 | 169 |
| Figure 2 | 170 |
| Table des matières | 171 |