

Code de pratique traitant des performances, des essais et de l'entretien des machines d'extraction à tambour du point de vue de la sécurité des câbles d'acier

Norme sud-africaine
SABS 0294
Première édition – 2000

SOUTH AFRICAN
BUREAU OF
STANDARDS



Ressources naturelles
Canada

LMSM-CANMET

CSST

**Code de pratique
traitant des
performances,
des essais et de
l'entretien des
machines d'extraction
à tambour du point
de vue de la sécurité
des câbles d'acier**

Norme sud-africaine

SABS 0294

Première édition – 2000

L'édition anglaise de ce document est la version officielle. La traduction et la reproduction en français ont été autorisées par le South African Bureau of Standards qui détient les droits d'auteur. Ni le South African Bureau of Standards ni Ressources naturelles Canada et la CSST ne sont responsables de l'exactitude de la traduction.

The English version of this document is the official version. Permission to translate and reproduce was granted by the South African Bureau of Standards who retains the copyright. Neither the South African Bureau of Standards nor Natural Resources Canada and the CSST shall be responsible for the accuracy of the translation.

Traduction : Tradulitech

Révision : Commission de la santé et de la sécurité du travail en collaboration avec les laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET, une division de Ressources naturelles Canada

Relecture du manuscrit : Nicole Lavallée

Édition électronique : Communication Sponsor AIM

**On peut se procurer l'édition anglaise
à l'adresse suivante :**

South African Bureau of Standards
Private Bag X191
Pretoria
Republic of South Africa
0001

Téléphone : (012) 428-7911
Télécopieur : (012) 344-1568
Courriel : sales@sabs.co.za
Site Web : <http://www.sabs.co.za>

© The South African Bureau of Standards

© Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (pour la version française)

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2003

ISBN 2-550-40693-1

Table des matières

Avis	v
Avant-propos.....	v
Introduction	v
Comité.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Définitions.....	1
4 Exigences relatives aux câbles d'acier	7
4.1 Sélection	7
4.2 Norme de fabrication.....	7
4.3 Tolérances	8
4.4 Résistance.....	8
5 Conception.....	8
5.1 Considérations relatives à l'installation des machines d'extraction	8
5.2 Tambours	10
5.3 Molettes et poulies de déflexion	11
5.4 Variateur (entraînement) électrique	11
5.5 Moyens de freinage	12
5.6 Attaches de câbles d'acier	13
5.7 Machines d'extraction Blair multicâbles : systèmes d'équilibrage de charge de câbles	14
5.8 Systèmes de guidage des transporteurs	14
5.9 Transporteurs	15
5.10 Trémie de chargement des transporteurs	15
6 Systèmes de commande et de surveillance	15
6.1 Surveillance des performances de la machine d'extraction	15
6.2 Dispositif de protection et de contrôle du variateur (entraînement) électrique.....	15
6.3 Commande des moyens de freinage.....	16
6.4 Dispositions spéciales pour les machines d'extraction Blair multicâbles	16
6.5 Mesure de la charge utile	16
7 Performances	16
7.1 Système de surveillance du fonctionnement de la machine d'extraction.....	16
7.2 Système de surveillance des moyens de freinage	18

8	Exploitation de la machine d'extraction	18
8.1	Dispositions spéciales.....	18
8.2	Levage de lourdes charges.....	18
8.3	Paramètres essentiels de réglage des moyens de freinage.....	19
8.4	Installation des câbles d'acier	20
8.5	Détection d'un mauvais enroulement de câble sur une machine d'extraction Blair multicâble	20
8.6	Détection d'un mauvais fonctionnement du compensateur de chevalement pour machines d'extraction Blair multicâbles.....	20
9	Inspection, essais et entretien.....	20
9.1	Généralités	20
9.2	Câbles d'acier.....	21
9.3	Attaches de câbles d'acier.....	21
9.4	Machines d'extraction Blair multicâbles : systèmes d'équilibrage de la charge entre les câbles	22
9.5	Machines d'extraction Blair multicâbles : détecteur de mauvais enroulement des câbles	23
9.6	Moyens de freinage.....	23
9.7	Systèmes de surveillance de la charge des câbles.....	24
9.8	Variateur (entraînement) électrique et systèmes de contrôle	24
9.9	Systèmes de guidage des transporteurs.....	24
9.10	Transporteurs.....	24
9.11	Trémie de chargement des transporteurs.....	25
9.12	Angles de déflexion et molettes	25
9.13	Gorges des molettes.....	25
9.14	Tambours de la machine d'extraction.....	25
10	Documentation et rapports.....	26
Annexe A	(normative) Calcul de l'étendue de charge.....	27
Annexe B	(à titre d'information) Directives pour l'enroulement des câbles.....	29
Annexe C	(à titre d'information) Attaches de câbles d'acier	31
Annexe D	(à titre d'information) Pression recommandée sur les gorges.....	34
Annexe E	(à titre d'information) Directives sur les variateurs (entraînements) électriques et les systèmes de contrôle	35
Annexe F	(à titre d'information) Calcul de la force dynamique dans un câble pour les essais du système de freinage	38

Avis

Cette norme a été approuvée conformément aux procédures du SABS le 4 août 2000.

NOTE 1 : aux termes de la loi sur les normes (*Standards Act, 1993 (Loi 29 de 1993)*), personne ne peut prétendre ou déclarer, que ce soit à titre personnel ou au nom d'une autre personne, être en conformité avec une norme du SABS, à moins :

- a) qu'une telle déclaration ne soit vraie et exacte à tous les points de vue et
- b) que l'identité de la personne sous l'autorité de laquelle une telle déclaration a été faite, soit clairement établie.

NOTE 2 : on recommande aux autorités qui désirent inclure une partie de cette norme dans la réglementation, selon les modalités de la section 31 de la loi, de consulter le SABS sur les répercussions possibles.

Cette norme sera revue périodiquement pour la maintenir à jour en fonction des progrès de la technologie. Tout commentaire sera reçu avec intérêt et sera pris en compte au moment de la mise à jour.

Avant-propos

Cette norme a été élaborée par le comité national SABS SC 5120.09B, *Câbles et installation d'extraction pour mines (Mine winding ropes and plant)*.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme. Les annexes B, C, D, E et F sont jointes uniquement à titre d'information.

Introduction

La sécurité d'utilisation des câbles d'une machine d'extraction dépend de l'efficacité des stratégies d'évaluation de l'état de ces câbles et on en traite dans la loi intitulée « *Mine Health and Safety Act, 1996* » (*Loi 29 de 1996*). L'usage ininterrompu et en toute sécurité des câbles d'extraction ne peut cependant être assuré qu'en limitant la détérioration anormale et en évitant les surcharges. Tout dommage pouvant entraîner une accélération imprévue de la détérioration d'un câble affectera la sécurité de l'installation.

Cette norme constitue la « norme de sécurité incorporée », au sens de l'article 3, et s'applique aux machines d'extraction à tambour utilisées dans les puits verticaux, à l'exception des machines servant au fonçage des puits.

**Nous attirons l'attention sur les références normatives indiquées à l'article 2.
Ces références sont indispensables à la mise en œuvre de cette norme.**

Note - Les sections ombragées se retrouvent dans le guide d'adaptation de la norme sud-africaine SABS : 0294 – Édition 2000 en conformité avec la réglementation du Québec.

Comité

SABS	D Taylor (président)
	I Loots (administrateur du comté)
Anglo American Corporation	MAR Dohm
Anglovaal	MJS Uys
Cableway and Ropeway Engineering (Pty) Ltd	DN Ramke
Chamber of Mines	DA Kruger
CSIR	RA Backeberg
Department of Labour	BA French
Department of Minerals and Energy	S Burger
Gencor	AT Stewart
Gold Fields of South Africa Limited	RE Gundersen
Haggie Rand	D Whittle
Iscor	LWC Jacobs
Participation à titre privé	TC Kuun
	PS Laubscher
SABS	R Vogt
	M Vowles
Table Mountain Aerial Cableway (Pty) Ltd	BJK Freed

Cette norme a été élaborée par les membres suivants du groupe de travail du SABS TC 3527.19 :

LTJ Atkinson	Winder Controls
M Borello	CSIR
C Constancon	Université de Witwatersrand
MAR Dohm	Anglo American Corporation
G du Plessis	Gencor
DE Field	Gencor
S Grobler	Anglo American Corporation
RE Gundersen	Gold Fields of South Africa Limited
GFK Hecker	CSIR
W Hilmer	Siemens
PS Laubscher (responsable)	Gold Fields of South Africa Limited
MJ Lock	Cegelec
D MacDonald	Haggie Rand
AJ McKenzie	Department of Minerals and Energy
I McKenzie	Haggie Rand
G Mills	Leeudoom Gold Mine
W Morley-Jepson	JCI
R O'Conner	East Driefontein Gold Mine
T Raymond	JCI
E Sparg	Dorbyl Heavy Engineering
AT Stewart	Gencor
MN van Zyl	CSIR
PL Vermaak	West Driefontein Gold Mine
EJ Wainwright	Participation à titre privé

Code de pratique traitant des performances, de l'exploitation, des essais et de l'entretien des machines d'extraction à tambour du point de vue de la sécurité des câbles d'acier

1 Domaine d'application

- 1.1 Ce code de pratique, qui traite particulièrement des performances, de l'exploitation, des essais et de l'entretien des machines d'extraction à tambour du point de vue de la sécurité des câbles d'acier selon les dispositions prévues dans la loi intitulée « *MHS Mine Health and Safety Act, 1996* » (*Loi 29 de 1996*), s'applique aux machines d'extraction utilisées dans les puits verticaux, à l'exception des machines servant au fonçage de puits.
- 1.2 Ce code vise à prévenir les surcharges sur les câbles d'extraction et les dommages qui en résultent, ces derniers pouvant se traduire par une accélération inattendue de la détérioration des câbles.
- 1.3 Ce code ne constitue pas un guide de conception détaillé d'une machine d'extraction et ne traite pas de toutes les exigences d'exploitation relatives à une telle installation.

2 Références normatives

Les normes suivantes comportent des dispositions auxquelles ce texte renvoie et qui, par voie de conséquence, font partie intégrante de ce code. Les normes font l'objet de mises à jour et, comme toute référence à une norme est censée se rapporter à la dernière mise à jour de ladite norme, on invite les parties ayant l'intention de conclure une entente en se basant sur ce code à prendre les dispositions voulues pour s'assurer que l'on utilise la dernière édition des normes indiquées ci-dessous. On peut obtenir les informations sur les normes nationales et internationales actuellement en vigueur auprès du South African Bureau of Standards.

ISO 1302, *Technical drawings – Method of indicating surface texture (Dessins techniques – principes d'indication de l'état de surface)*.

SABS 0293, *Condition assessment of steel wire ropes on mine winders (Inspection des câbles à fils d'acier sur les machines d'extraction)*.

SABS ISO 9001, *Quality systems – Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing (Systèmes qualité – Modèle d'assurance de la qualité en matière de conception, développement, production, installation et entretien)*.

3 Définitions

Les définitions suivantes s'appliquent dans le cadre de ce code :

3.1

accélération au tambour

accélération linéaire du câble au niveau du tambour, calculée à partir de l'accélération en rotation du tambour et du diamètre moyen d'enroulement du câble

(correspond au numéro 3.16 de la version anglaise)

SABS 0294 – 2000

3.2

aire de section métallique de câble

somme des aires des sections de tous les fils constituant un câble
(correspond au numéro 3.45 de la version anglaise)

3.3

angle de déflexion

voir figure 1
(correspond au numéro 3.22 de la version anglaise)

3.4

attache de câble

moyen de fixation d'un câble à une masse suspendue (par exemple : épissure à la main, douille ou manchon-bride) ou au tambour
(correspond au numéro 3.47 de la version anglaise)

3.4.1

attache de type à coin

dispositif mécanique à friction, utilisé comme attache

NOTE : la figure C.1 illustre un exemple d'attache de type à coin
(correspond au numéro 3.54 de la version anglaise)

3.5

câble antigiratoire

câble composé de plusieurs couches de torons de commettage opposé, afin d'obtenir des couples sous charge opposés et de réduire le couple engendré par le câble sous l'effet d'une charge

NOTE : « antigiratoire » est un terme générique qui s'applique aux câbles sans rotation sous l'effet d'une charge et composés de plusieurs couches de torons.
(correspond au numéro 3.38 de la version anglaise)

3.6

câble clos

câble composé de plusieurs couches de fils enroulés en sens opposé, afin d'obtenir des couples sous charge opposés et de réduire le couple engendré par le câble sous l'effet d'une charge

NOTE : la forme des fils de la couche extérieure est telle qu'ils se trouvent ancrés les uns aux autres.
(correspond au numéro 3.24 de la version anglaise)

3.7

câble de frottement

câble que l'on trouve dans un puits vertical, entre les compartiments d'extraction, et qui empêche toute interférence entre les transporteurs
(correspond au numéro 3.48 de la version anglaise)

3.8

câbles-guides

dans un puits vertical, câbles auxquels vient se fixer le transporteur au moyen de douilles dans lesquelles ces câbles passent
(correspond au numéro 3.25 de la version anglaise)

3.9

caténaire

partie de câble située entre le tambour de la machine d'extraction et la molette (voir 3.38)
(correspond au numéro 3.9 de la version anglaise)

3.10

charge utile autorisée

charge inscrite sur le permis délivré pour la machine d'extraction en conformité avec les exigences de la loi MHS (voir 3.31)

(correspond au numéro 3.31 de la version anglaise)

3.11

chevauchement d'enroulement

dans un enroulement parallèle, partie du câble disposée obliquement par rapport à la joue du tambour, permettant le passage d'une spire ou d'une demi-spire à la suivante

(correspond au numéro 3.53 de la version anglaise)

3.12

couple nominal

couple produit par le moteur lorsqu'il fonctionne à la puissance nominale continue et à la vitesse nominale, selon les indications de la plaque signalétique

(correspond au numéro 3.41 de la version anglaise)

3.13

cycle

cycle hissage

trajet complet ou interrompu d'un même transporteur débutant au point de déversement et se terminant au retour au même point

(correspond au numéro 3.13 de la version anglaise)

3.14

cycle d'extraction

voir cycle

(correspond au numéro 3.55 de la version anglaise)

3.15

diamètre de câble

(correspond au numéro 3.43 de la version anglaise)

3.15.1

diamètre de câble nominal

diamètre de câble spécifié par le fabricant

(correspond au numéro 3.43.2 de la version anglaise)

3.15.2

diamètre de câble réel

diamètre mesuré sur un câble neuf et soumis à une charge en traction égale à 10 % de la résistance à sa rupture nominale (voir 3.46.2)

(correspond au numéro 3.43.1 de la version anglaise)

3.16

dispositif d'enroulement

dispositif fixé à la coquille servant à faire monter la première rangée de câble selon le type d'enroulement

(correspond au numéro 3.11 de la version anglaise)

3.17

douille conique fermée

attache de câble (voir 3.4) dans laquelle un logement conique reçoit une extrémité de câble « culottage selon norme précis », ce logement étant habituellement rempli de résine ou de métal blanc

NOTE : la figure C.2 illustre un exemple de douille conique fermée.

(correspond au numéro 3.49 de la version anglaise)

SABS 0294 – 2000

3.18

dynamique de caténaire (ou effets dynamiques sur caténaire)

mouvements de la caténaire dus à la résonance

(correspond au numéro 3.10 de la version anglaise)

3.19

échantillon représentatif

section du câble à l'état neuf qui sert de référence

(correspond au numéro 3.42 de la version anglaise)

3.20

enroulement normal

démarrage, fonctionnement et arrêt d'une machine d'extraction entraînée par un moteur électrique, comprenant l'application des moyens de freinage à chaque fin de parcours, ainsi que le chargement et le déchargement normaux du transporteur

(correspond au numéro 3.39 de la version anglaise)

3.21

épissure

type d'attache de câble (voir 3.4), dans laquelle l'extrémité du câble est fixée par entrelacement des torons auparavant séparés

(correspond au numéro 3.50 de la version anglaise)

3.22

étendue de charge

différence entre la plus grande et la plus petite des forces dynamiques dans un câble (voir 3.28), agissant sur une section de câble dans une période donnée

(correspond au numéro 3.33 de la version anglaise)

3.23

extrémité arrière

extrémité du câble fixée au tambour

(correspond au numéro 3.4 de la version anglaise)

3.24

extrémité avant

extrémité du câble fixée au transporteur

(correspond au numéro 3.23 de la version anglaise)

3.25

facteur de capacité

CF

résistance à la rupture initiale d'un câble (voir 3.46.1) divisée par la charge statique maximale que le câble doit supporter à son extrémité avant (voir 3.24) (c'est-à-dire le poids du transporteur et des accessoires, plus la charge utile)

(correspond au numéro 3.8 de la version anglaise)

3.26

facteur dynamique

DF

résistance à la rupture initiale d'un câble (voir 3.46.1) divisée par la force dynamique maximale sur ce câble (voir 3.28)

NOTE : voir un exemple de calcul à l'annexe F.

(correspond au numéro 3.19 de la version anglaise)

3.27

facteur statique

SF

résistance à la rupture initiale d'un câble (voir 3.46.1) divisée par la charge statique maximale à laquelle le câble est soumis (c'est la somme des poids de la longueur maximale du câble suspendu, du transporteur et des accessoires, à laquelle on ajoute la charge utile)

NOTE : ce facteur est souvent désigné par « facteur de sécurité ».
(correspond au numéro 3.51 de la version anglaise)

3.28

force dynamique sur un câble

charge statique sur un câble plus tout effort dynamique
(correspond au numéro 3.20 de la version anglaise)

3.29

ingénieur désigné

ingénieur désigné au sens de la loi intitulée « *Mine Health and Safety Act, 1996* » (*Loi 29 de 1996*)
(correspond au numéro 3.2 de la version anglaise)

3.30

inspecteur principal

inspecteur principal du Department of Minerals and Energy
(correspond au numéro 3.40 de la version anglaise)

3.31

loi MHS

loi intitulée « *Mine Health and Safety Act, 1996* » (*Loi 29 de 1996*)
(correspond au numéro 3.34 de la version anglaise)

3.32

longueur de câble suspendu

longueur du câble d'extraction qui engendre la force statique la plus grande dans le câble
(correspond au numéro 3.30 de la version anglaise)

3.33

longueur effective de câble

longueur de câble d'extraction entre l'axe de poulie ou de tambour dans le chevalement et l'attache au transporteur
(correspond au numéro 3.21 de la version anglaise)

3.34

machine d'extraction Blair multicâble

machine d'extraction à tambour équipée de plus d'un câble par transporteur
(correspond au numéro 3.5 de la version anglaise)

3.35

masse à l'attache

tout objet suspendu ou fixé au transporteur, autre que le câble d'extraction incluant la partie d'un câble d'équilibre suspendue contribuant à la charge sur l'extrémité avant
(correspond au numéro 3.3 de la version anglaise)

3.36

masse de câble par unité de longueur

masse d'un câble par unité de longueur, établie à partir d'un échantillon représentatif (voir 3.19)
(correspond au numéro 3.44 de la version anglaise)

SABS 0294 – 2000

3.37

mauvais enroulement

situation dans laquelle un câble ne s'enroule pas de la façon attendue
(correspond au numéro 3.35 de la version anglaise)

3.38

molette

première poulie sur laquelle passe le câble d'extraction à sa sortie du tambour
(correspond au numéro 3.26 de la version anglaise)

3.39

norme de sécurité incorporée

norme incorporée dans un règlement au sens de la loi MHS (voir 3.31)
(correspond au numéro 3.27 de la version anglaise)

3.40

ouverture du circuit de sécurité

événement (par exemple : panne de courant électrique, survitesse, utilisation du bouton d'arrêt d'urgence) entraînant l'application automatique et contrôlée du freinage d'urgence
(correspond au numéro 3.52 de la version anglaise)

3.41

point de chevauchement entre les couches

section du câble qui amorce une autre couche de câble sur le tambour
(correspond au numéro 3.29 de la version anglaise)

3.42

position du tambour

position du transporteur établie à partir du tambour

NOTE : on néglige les effets de l'enroulement et de l'étirement du câble.
(correspond au numéro 3.17 de la version anglaise)

3.43

poulie de déflexion

poulie placée entre la molette et le transporteur pour positionner le câble d'extraction correctement dans le compartiment
(correspond au numéro 3.15 de la version anglaise)

3.44

rapport D/d

diamètre de la gorge sur un tambour ou sur une molette, divisé par le diamètre nominal du câble (voir 3.15.1)
(correspond au numéro 3.14 de la version anglaise)

3.45

résistance à la rupture

voir résistance à la rupture d'un câble (3.46)
(correspond au numéro 3.7 de la version anglaise)

3.46

résistance à la rupture d'un câble

(correspond au numéro 3.46 de la version anglaise)

3.46.1

résistance à la rupture initiale d'un câble

résistance d'un câble neuf, déterminée au moyen d'un essai de rupture approprié
(correspond au numéro 3.46.2 de la version anglaise)

3.46.2

résistance à la rupture nominale d'un câble

résistance à la rupture d'un câble, spécifiée par le fabricant
(correspond au numéro 3.46.3 de la version anglaise)

3.46.3

résistance à la rupture réelle d'un câble

résistance d'un câble déterminée au moyen d'un essai de rupture approprié
(correspond au numéro 3.46.1 de la version anglaise)

3.47

système de freinage

système de freinage d'une machine d'extraction à tambour, comprenant le circuit de régulation, tous les circuits de commande et les composants mécaniques connexes
(correspond au numéro 3.6 de la version anglaise)

3.48

transporteur

cage, skip, cuffat et curseur utilisés dans un puits de mine
(correspond au numéro 3.12 de la version anglaise)

3.49

vitesse au tambour

vitesse linéaire du câble au niveau du tambour
(correspond au numéro 3.18 de la version anglaise)

3.50

vitesse autorisée

vitesse maximale inscrite sur le permis délivré pour la machine d'extraction en conformité avec les exigences de la loi MHS (voir 3.31)
(correspond au numéro 3.32 de la version anglaise)

4 Exigences relatives aux câbles d'acier

4.1 Sélection

On peut utiliser les modèles de câbles suivants :

- a) à torons triangulaires;
- b) à torons circulaires;
- c) antigiratoires;
- d) clos.

4.2 Norme de fabrication

Les câbles d'acier pour machines d'extraction doivent provenir exclusivement de fabricants agréés selon la norme SABS ISO 9001.

4.3 Tolérances

4.3.1 Diamètre de câble

Le diamètre de câble réel doit se trouver dans un intervalle de tolérance de + 5 % à – 1 % du diamètre nominal du câble, la mesure de ce diamètre réel étant effectuée sur un câble soumis à une charge égale à 10 % de sa résistance à la rupture nominale. Cette mesure doit être effectuée dans le cadre des essais réglementaires servant à déterminer la résistance à la rupture initiale du câble.

4.3.2 Masse de câble par unité de longueur

La masse réelle de câble doit être déterminée par pesage d'un échantillon représentatif du câble et doit être prise en compte dans le calcul du facteur de sélection, exigé aux termes de la loi MHS lors de l'installation d'un câble neuf.

4.4 Résistance

La résistance à la rupture initiale du câble doit être établie par essai au moment de la fabrication. Un câble, qui a vieilli pendant l'entreposage à un point tel que sa résistance à la rupture réelle soit inférieure de plus de 7 % à sa résistance à la rupture initiale, ne doit pas être mis en service.

La loi MHS stipule que, lorsqu'une installation d'extraction satisfait aux exigences de cette norme, on doit utiliser le facteur statique suivant :

$$SF \geq 25\,000 / (4\,000 + L)$$

Où :

L est la longueur effective de câble, en mètres.

5 Conception

5.1 Considérations relatives à l'installation des machines d'extraction

5.1.1 Facteurs environnementaux

Lors des études préliminaires à une installation d'extraction, il faut s'assurer que le câble ne sera pas inutilement exposé à la condensation, aux fumées acides, à la chaleur et aux éclaboussures d'eau, lors de l'exploitation normale de la machine d'extraction et lorsque cette dernière est en attente.

5.1.2 Angles de déflexion de tambour

La molette et le tambour de la machine d'extraction doivent être orientés de sorte que l'angle de déflexion de tambour ne dépasse pas 2,0° et ne soit pas inférieur à 0,25°. Le plan de la molette doit passer par le centre du tambour. La figure 1 illustre les angles de déflexion.

NOTE : voir l'article 5.1.4 sur les exigences relatives à l'angle de déflexion pour une poulie de déflexion.

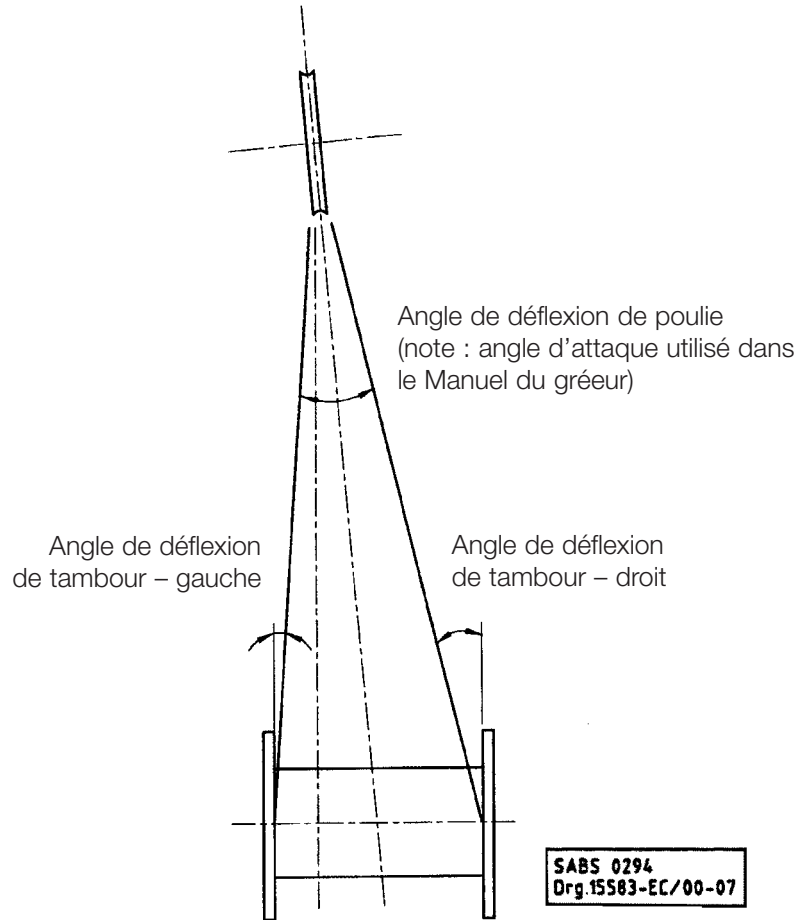


Figure 1 — Angles de déflexion de tambour

5.1.3 Caténaire

Les effets dynamiques induits dans une caténaire, par le phénomène de résonance, sont considérés comme inacceptables lorsqu'ils sont à l'origine d'un mauvais enroulement, d'une sortie du câble de la gorge de molette ou d'une mise en contact du câble avec un objet fixe. Comme il est admis que le phénomène de résonance dans une caténaire ne peut être entièrement évité durant un cycle d'extraction,

- les effets dynamiques sur la caténaire d'une installation d'extraction doivent être analysés pour optimiser la longueur de caténaire et la vitesse de la machine d'extraction et faire en sorte que ces effets ne deviennent pas inacceptables et
- la caténaire doit être conçue de sorte que la résonance (inévitable) ne se produise pas au moment de la transition entre les couches d'enroulement alors que le transporteur monte, afin d'empêcher cette instabilité de nuire à l'enroulement du câble sur le tambour.

5.1.4 Autres considérations sur la conception de l'installation

Le câble ne doit pas entrer en contact avec un objet fixe durant l'extraction normale. Les poulies et les rouleaux intermédiaires ne sont pas permis. On peut utiliser une poulie de déflexion simple lorsque la vitesse de câble est inférieure à 10 m/s. Le rapport D/d relatif aux poulies de déflexion doit être conforme aux exigences de l'article 5.3.1. Une poulie de déflexion doit être alignée avec la molette.

5.2 Tambours

5.2.1 Hauteur des joues

La distance entre le bord extérieur des joues du tambour et le dessus de la dernière couche d'enroulement de câble, lorsque celui-ci est complètement enroulé, doit être au moins égale à 2,5 fois le diamètre du câble.

5.2.2 Rapport D/d

Le rapport D/d (voir 3.44) ne doit pas être inférieur à :

$$D/d = 40 + 4 V$$

Où :

V est la vitesse du câble, en m/s.

Il n'est pas nécessaire d'avoir un rapport D/d supérieur à 140, même si la vitesse du câble est élevée.

NOTE : à l'annexe D, on recommande une limite supérieure pour la pression sur les gorges de tambour.

5.2.3 Enroulement sur plusieurs couches

Ne pas utiliser la machine d'extraction avec plus de cinq couches de câble sur le tambour.

5.2.4 Tolérances dimensionnelles

L'ovalisation des gorges du tambour doit être inférieure à 0,2 % du diamètre du tambour. La dénivellation à un joint de gorge ne doit pas avoir plus de 1 mm de hauteur et cette partie doit se raccorder en pente douce sur une distance totale d'au moins dix fois sa hauteur.

5.2.5 Rigidité du tambour

Le tambour de la machine d'extraction doit avoir une rigidité telle que, lorsque toute la longueur de câble est enroulée et le transporteur chargé, la tension d'une spire de câble quelconque sur le tambour ne soit pas réduite à moins de 15 % de la résistance à la rupture initiale du câble (voir 3.46.2). On peut démontrer que cette exigence est respectée soit par mesurage, soit par calcul. Pour les calculs, on doit utiliser un module d'élasticité de câble de 140 GPa, basé sur l'aire de section métallique. Si des dispositifs d'enroulement ont été installés, négliger l'effet de ceux-ci sur la rigidité du tambour.

5.2.6 Enroulement du câble

La coquille du tambour doit être munie de gorges d'enroulement conçues pour éviter le mauvais enroulement du câble et les dommages qui peuvent en résulter. Les gorges peuvent être usinées directement dans la coquille, une autre solution consistant à équiper la coquille du tambour de dispositifs d'enroulement liés de façon rigide à la coquille du tambour. Les matériaux autres que les métaux ne peuvent pas être utilisés sans une preuve satisfaisante de bon fonctionnement, s'appuyant sur une recherche ou une application pratique (ou les deux).

Les gorges d'enroulement de câble doivent être parallèles aux joues de tambour, avec deux transitions entre les spires par tour. Un tambour qui ne comporte pas plus d'une couche d'enroulement peut être muni d'une surface avec gorge hélicoïdale. L'annexe B donne des directives pour les types de dispositifs d'enroulement des câbles.

On ne doit pas souder de tiges ni de barres de guidage sur le tambour en guise de quincaillerie d'enroulement.

5.3 Molettes et poulies de déflexion

NOTE : les exigences ci-après s'appliquent aux molettes et aux poulies de déflexion, mais pas aux poulies compensatrices installées sur le transporteur, ni aux poulies utilisées pour doubler le câble.

5.3.1 Rapport D/d

Le rapport D/d (voir 3.44) relatif aux molettes et aux poulies de déflexion doit être déterminé de la même façon que pour le tambour (voir 5.2.2).

NOTE : à l'annexe D, on recommande une limite supérieure pour la pression sur les gorges de poulie.

5.3.2 Inertie

Les molettes, les poulies de déflexion et leurs surfaces de contact avec le câble doivent être conçues de sorte qu'il n'y ait aucun glissement relatif entre le câble et ces surfaces, lors d'un freinage d'urgence, indépendamment du fait que le transporteur soit vide ou plein, de sa position dans le puits et du sens de son déplacement.

5.3.3 Rayon, profil et tolérances des gorges

Les gorges des molettes et des poulies de déflexion peuvent être usinées pour dégager les joues ou formées de garnitures non d'acier. Lorsque les joues sont usinées, la rugosité de la surface de la gorge doit être inférieure à 12,6 microns (μm) (R_a de 12,6 selon ISO 1302), cette valeur étant déterminée visuellement après usinage au moyen d'un comparateur étalonné. Il ne doit y avoir ni dénivellation, ni épaulement à la jonction entre la gorge et les rebords.

Les dimensions de gorge de poulie doivent être celles indiquées à la figure 2.

L'épaisseur minimale des joues et l'usure maximale admissible de gorge doivent être spécifiées par le fabricant.

5.3.4 Ovalisation et excentricité

La gorge d'une poulie doit avoir une ovalisation inférieure à 0,1 % du diamètre de la poulie. Le voile latéral du centre de la gorge d'une poulie ne doit pas dépasser 0,1 % du diamètre de la poulie.

5.4 Variateur (entraînement) électrique

Lorsque la puissance nominale du moteur d'une machine d'extraction dépasse 160 % de celle exigée pour le cycle normal, une analyse des modes de défaillance doit être faite pour démontrer, par calcul, que les charges exercées sur le câble ne dépasseront pas 60 % de la résistance à la rupture initiale du câble, lors d'une défaillance de l'un des éléments du variateur électrique. Les responsables de la mine doivent être en possession des notes de calcul correspondantes.

NOTE : des directives sur la conception des variateurs électriques et le système de contrôle figurent à l'annexe E.

Légende :

- A = angle d'évasement, non inférieur à 38°, 45° étant recommandé
- R = rayon de courbure du fond de gorge (0,525 d à 0,55 d)
- H = hauteur minimale de gorge (2,5 d)
- B = usure maximale admissible de gorge
- D = diamètre nominal de câble

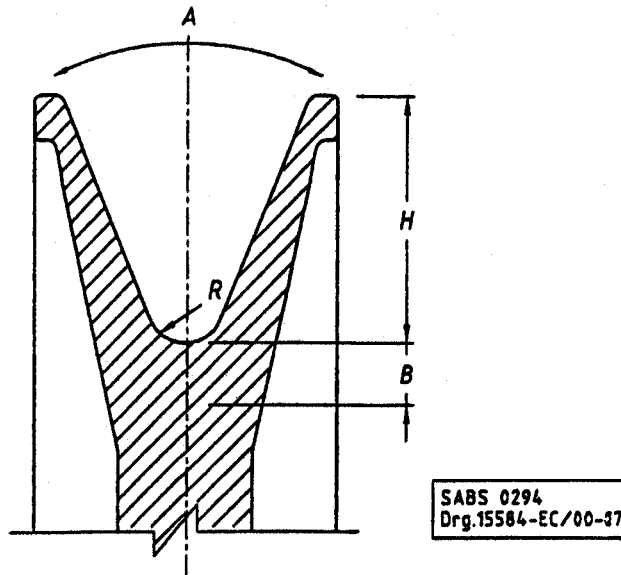


Figure 2 — Dimensions de gorge de poulie

5.5 Moyens de freinage

5.5.1 Redondance

Prévoir au moins deux systèmes de freinage séparés et à commande indépendante sur une machine d'extraction et sur chaque tambour d'une machine Blair multicâble couplée électriquement.

5.5.2 Analyse des modes de défaillance

5.5.2.1 Une analyse des modes de défaillance de l'ensemble du système de freinage doit être faite pour démontrer, par calcul, que les charges exercées sur le câble ne dépasseront pas 60 % de la résistance à la rupture initiale du câble et qu'il n'y aura pas de relâchement de ce dernier en cas de défaillance d'un quelconque composant avec freinage non régularisé ou un moyen de freinage défectueux. La décélération la plus élevée d'un tambour de machine d'extraction, lors du freinage non régularisé, doit être calculée en se basant sur :

- a) le genre de défaillance en cours d'analyse,
- b) le degré de redondance,
- c) la variation du coefficient de frottement entre la garniture de frein et la surface de freinage,
- d) la vitesse d'enroulement au moment de la défaillance,
- e) la charge utile dans le transporteur et
- f) la position du transporteur dans le puits.

5.5.2.2 Le calcul de la force dynamique de pointe qui s'exerce sur le câble durant une perte de maîtrise du freinage doit être basé sur deux fois la valeur de la plus grande décélération de la machine d'extraction, établie en 5.5.2.1 pour tenir compte de la réponse dynamique du système, comme suit :

$$F_p = (g + 2a_b) \times (M_r + M_c + M_p)$$

Où :

F_p = force dynamique sur le câble, en newtons;

g = accélération de la pesanteur, en mètres par seconde au carré;

a_b = décélération de tambour calculée, en mètres par seconde au carré;

M_r = masse de câble, en kilogrammes;

M_c = masse de transporteur, en kilogrammes;

M_p = charge utile, en kilogrammes;

5.5.2.3 Comme solution de rechange, on peut aussi calculer la force dynamique en utilisant un modèle mathématique reconnu, capable de simuler la réponse dynamique réelle. Les responsables de la mine doivent être en possession des notes de calcul correspondantes.

5.6 Attaches de câbles d'acier

L'attache de câble au transporteur doit être telle que l'extrémité du câble ne puisse pas tourner librement durant l'opération d'extraction. L'attache de câble au transporteur doit correspondre à l'une de celles qui suivent :

- a) **Épissures à la main** : on peut utiliser les épissures dites « Liverpool » ou « Admiralty », à condition qu'elles soient préparées par une personne compétente.

NOTE : l'annexe C donne une description détaillée des épissures dites « Liverpool » ou « Admiralty ».

Au moins sept passes (tucks) doivent être prévues pour un câble à six torons circulaires ou triangulaires. Neuf passes sont nécessaires pour un câble antigiratoire.

- b) **Poules compensatrices installées sur le transporteur** : les spécifications de ce genre d'attache de câble sont données à l'article 5.7.2.
- c) **Attache de type à coin** : on peut utiliser des attaches à coin. Les directives d'assemblage et d'entretien données par le fabricant doivent être rigoureusement suivies. La figure C.1 illustre un exemple d'une attache de type à coin.
- d) **Douilles coniques fermées** : les douilles coniques fermées utilisées doivent être conçues par un ingénieur professionnel. La figure C.2 illustre un exemple d'une douille conique fermée sur un câble d'extraction.

5.7 Machines d'extraction Blair multicâbles : systèmes d'équilibrage de charge de câbles

5.7.1 Généralités

L'équilibrage des tensions des câbles d'une machine d'extraction Blair multicâble peut être réalisé soit au moyen d'un dispositif de compensation sur le transporteur, soit à l'aide d'un système de molettes flottantes. Le degré de compensation doit tenir compte de la différence de longueur de câble due à un mauvais enroulement, ainsi que des effets des différences de rigidité de câble, de diamètre de câble et de diamètre de tambour, sans oublier les décalages de départ, comme les différences de longueur de câble au moment de l'installation.

6.7.2 Dispositif de compensation monté sur le transporteur

Un dispositif de compensation monté sur le transporteur doit comprendre une poulie à gorge hélicoïdale qui peut tourner librement sur un axe. À l'endroit de son raccordement à la poulie compensatrice, chaque câble doit être enroulé d'au moins un tour et demi, même après que la poulie se soit déplacée pour réaliser l'équilibrage. Le diamètre de la poulie compensatrice doit être d'au moins 25 fois le diamètre nominal du câble. Le dispositif compensateur doit être conçu pour permettre l'examen quotidien exigé à l'article 9.4.1. Le câble sur la poulie compensatrice doit être protégé contre la chute d'objets.

5.7.3 Dispositif de compensation monté dans le chevalement

Un dispositif de compensation monté dans le chevalement doit être conçu de telle sorte qu'il n'atteigne pas sa limite de compensation (course) avant l'arrêt de la machine d'extraction par suite de l'ouverture du circuit de sécurité due à un mauvais enroulement de câble. Lorsque le dispositif de compensation est à commande hydraulique, des dispositions doivent être prévues pour limiter la force dynamique exercée sur le câble, en cas de chute brutale de la pression hydraulique.

5.8 Systèmes de guidage des transporteurs

5.8.1 Tolérances sur l'alignement des rails-guides et le gabarit d'écartement

Les tolérances sur l'alignement des rails-guides et les jeux entre les rails-guides et les transporteurs doivent être tels que les transporteurs ne puissent pas dérailler ou se coincer dans les rails-guides. Les responsables de la mine doivent être en possession des documents définissant ces tolérances de conception.

5.8.1 Câbles-guides

Les responsables de la mine doivent être en possession d'un registre des paramètres de conception des câbles-guides : diamètre, entraxe, tension et jeu minimal de fonctionnement avec le transporteur, diamètre des douilles de guidage.

5.8.2 Dispositions en vue du réalignement

Lorsqu'on peut s'attendre à un défaut d'alignement du puits causé par des instabilités géologiques, comme un mouvement de terrain ou l'attaque du massif de protection de puits, des dispositions appropriées doivent être prises pour compenser ce défaut et rester en conformité avec les exigences énoncées en 5.8.1 et 5.8.2.

5.9 Transporteurs

Les dimensions des transporteurs doivent être conformes aux tolérances indiquées en 5.8.1.

Chaque transporteur doit être muni d'une plaque signalétique apposée bien en vue. Cette plaque doit indiquer un numéro de série unique, la masse et la date de pesage, la charge utile calculée et le numéro de dessin, et doit aussi indiquer si la masse comprend celle des attaches ou non. La plaque doit être accessible et lisible à partir d'un endroit sûr. Lorsqu'un transporteur comprend un attelage et un skip ou une cage détachable, chaque composant principal doit porter une plaque signalétique séparée. Ces plaques doivent être mises à jour chaque fois qu'un transporteur est réparé ou remis à neuf.

5.10 Trémie de chargement des transporteurs

Tout dispositif de retenue de transporteur doit être conçu de sorte qu'il n'y ait pas de mou dans le câble d'extraction. Un système de chargement de skips doit être construit de sorte que le minerai ne puisse pas venir en contact avec le câble d'extraction ainsi que l'attelage.

6 Systèmes de commande et de surveillance

6.1 Surveillance des performances de la machine d'extraction

6.1.1 Mesure de la charge dans un câble

Une machine d'extraction doit être munie d'un système de surveillance de la charge dans les câbles. Cette charge doit être mesurée soit à l'attache du transporteur, soit à la molette. L'erreur de mesurage dans le cas de la charge d'un câble doit être inférieure à 1 % de la résistance à la rupture initiale de ce câble.

Le système de surveillance de la charge dans les câbles doit effectuer une mesure de poids au moins dix fois par seconde ou, dans le cas d'un système analogique, la réponse en fréquence minimale doit être de 3 Hz. Le système de surveillance de la charge dans les câbles doit être équipé d'un système d'alimentation sans coupure.

6.1.2 Vitesse et position du tambour

La vitesse et la position du tambour doivent faire l'objet d'une surveillance continue. La position du transporteur peut être établie à partir du nombre de tours de tambour et de la position de celui-ci; la vitesse de câble peut être déterminée à partir de la vitesse circonférentielle du tambour. La précision de la mesure de vitesse du tambour doit être en deçà de 0,5 m/s. La position du transporteur doit être déterminée avec la précision exigée à l'annexe A.

6.1.3 Surveillance de l'étendue de charge

L'étendue de charge doit faire l'objet d'une surveillance par l'une des méthodes indiquées à l'annexe A.

6.2 Dispositif de protection et de contrôle du variateur (entraînement) électrique

Le contrôle du variateur électrique et les dispositifs de protection de la machine d'extraction doivent comprendre au moins les catégories suivantes, la liste n'étant pas exhaustive :

- a) ouverture de l'alimentation principale;
- b) ouverture du circuit de sécurité (freinage d'urgence);

SABS 0294 – 2000

- c) arrêt par le moteur avec un taux de décélération contrôlé;
- d) réduction de vitesse imposée : le moteur ne doit pas pouvoir dépasser une vitesse prédéterminée;
- e) verrouillage à la fin du parcours : la machine d'extraction ne doit plus pouvoir bouger de la fin du parcours; et
- f) système permettant uniquement à **une personne désignée aux termes de la loi MHS** de neutraliser la réduction de vitesse imposée et le verrouillage à la fin du parcours.

NOTE : l'annexe E fournit des directives sur les variateurs électriques et le système de contrôle.

6.3 Commande des moyens de freinage

6.3.1 Exigences relatives à la commande des moyens de freinage

Les moyens de freinage de la machine d'extraction doivent être équipés de l'appareillage de commande nécessaire pour respecter les critères de performance énoncés en 7.2.

6.3.2 Systèmes de surveillance de la commande des moyens de freinage

Les systèmes de surveillance de la commande des moyens de freinage, y compris les composants connexes, doivent suivre le système de commande de sorte qu'ils puissent en détecter le mauvais fonctionnement, lorsque ce dernier pourrait entraîner un freinage non régularisé.

6.4 Dispositions spéciales pour les machines d'extraction Blair multicâbles

Toute machine d'extraction Blair doit être équipée d'un dispositif de surveillance permettant de détecter si le système a atteint une limite au-delà de laquelle il n'est plus possible d'assurer une tension égale dans les câbles avant que la machine d'extraction soit mise à l'arrêt par suite de l'ouverture du circuit de sécurité sur un mauvais enroulement.

6.5 Mesure de la charge utile

Lors de l'extraction de matériaux rocheux, l'installation doit être équipée de dispositifs afin de déterminer la charge utile moyenne sur 20 cycles d'extraction et amorcer un verrouillage à la fin du parcours si cette moyenne dépasse la charge utile autorisée (voir aussi 7.1.4).

7 Performances

7.1 Système de surveillance du fonctionnement de la machine d'extraction

7.1.1 Extraction normale

L'étendue de charge sur toute section du câble d'extraction doit faire l'objet d'une surveillance à chaque cycle d'extraction, en conformité avec l'article 6.1.3. L'étendue de charge ne doit pas dépasser 15 % de la résistance à la rupture initiale du câble durant plus d'un cycle sur dix. Lorsque l'étendue de charge dépasse celle qui est autorisée, le système de surveillance doit l'enregistrer.

7.1.2 Événements anormaux (ouverture du circuit de sécurité)

Le système de surveillance doit enregistrer tout événement anormal (en d'autres termes les ouvertures du circuit de sécurité), ainsi que la position de la machine d'extraction, la force dynamique de pointe sur le câble et la vitesse de la machine à ce moment-là.

Le système de surveillance doit réduire le couple du moteur à moins de 5 % du couple nominal en moins de 200 ms après l'ouverture du circuit de sécurité.

7.1.3 Réduction de vitesse imposée

La vitesse maximale du câble doit être limitée à 2 m/s :

- a) lorsqu'un défaut de fonctionnement, selon l'article 6.3.2, est détecté dans le système de commande de frein; ou
- b) lorsque la charge dans le câble dépasse 40 % de la résistance à la rupture initiale de câble.

7.1.4 Verrouillage à la fin du parcours

Il doit y avoir verrouillage à la fin du parcours lorsque :

- a) l'étendue de charge a dépassé 15 % de la résistance à la rupture initiale du câble durant plus d'un cycle d'enroulement sur dix cycles successifs; ou
- b) la moyenne des mesures de la charge utile dans un transporteur, calculée sur 20 cycles successifs, dépasse la charge utile autorisée; ou
- c) le signal de mesure de la charge sur le câble (selon l'article 6.1.1) est interrompu; ou
- d) la charge dans le câble a dépassé 40 % de la résistance à la rupture initiale du câble.

Si le système de commande ne possède pas de dispositif de comptage du nombre de cycles effectués après dépassement de l'étendue de charge ou de la charge utile, il doit y avoir verrouillage à la fin du parcours du cycle d'enroulement au cours duquel l'événement s'est produit.

L'article 8.1.1 donne la marche à suivre sous la forme d'une procédure à utiliser en cas de verrouillage à la fin du parcours.

7.1.5 Câble mou et câble tendu

Il doit y avoir arrêt de la machine d'extraction par ouverture du circuit de sécurité lorsque la force sur le câble au transporteur (c'est-à-dire la force à la molette moins la force correspondant au poids du câble suspendu) est devenue inférieure à 60 % du poids du transporteur vide. L'opérateur doit avoir à sa disposition un dispositif lui permettant de réarmer la machine sans délai et de reprendre le mou du câble.

Il doit y avoir arrêt de la machine d'extraction par ouverture du circuit de sécurité lorsque la force sur le câble au transporteur dépasse la charge statique maximale sur le câble plus une charge correspondant à 10 % de la résistance à la rupture initiale du câble.

7.1.6 Arrêt électrique

Lorsque la machine d'extraction est arrêtée par le biais du variateur électrique, la décélération doit être telle que les charges engendrées dans le câble ne dépassent pas 40 % de la résistance à la rupture initiale du câble. À titre indicatif, la décélération moyenne doit être limitée à :

$$a = (2 \times SF) - 5$$

Où :

a = décélération moyenne du tambour, en mètres par seconde au carré;

SF = facteur statique.

SABS 0294 – 2000

Par exemple :

$$\text{Si } SF = 3,5$$

$$\begin{aligned}\text{Alors } a &= (2 \times 3,5) - 5 \\ &= 2 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

7.2 Système de surveillance des moyens de freinage

La décélération de la machine d'extraction doit être telle que les couples de freinage électrique et mécanique combinés n'engendrent pas de mou dans le câble, ni de charge dans celui-ci qui soit supérieure à 40 % de la résistance à la rupture initiale du câble, aussi bien en freinage d'urgence que lorsque le levier de commande de vitesse est au point mort et que l'on serre les freins manuellement au même moment.

8 Exploitation de la machine d'extraction

8.1 Dispositions spéciales

8.1.1 Procédures à suivre à la suite de l'ouverture du circuit de sécurité de la machine d'extraction

Les responsables de la mine doivent être en possession d'une procédure approuvée par un ingénieur désigné; cette procédure doit être suivie après un arrêt de la machine d'extraction, dû à l'une des causes énumérées en 7.1.

8.1.2 Étendue de charge excessive

Lorsque l'étendue de charge agissant sur une partie quelconque du câble dépasse 15 % de la résistance à la rupture du câble durant plus d'un cycle d'extraction sur dix cycles successifs, la machine doit être immobilisée (selon l'article 7.1) et la cause de l'arrêt (charge excessive ou excès de vitesse ou chargement du transporteur trop important) doit être rectifiée.

8.1.3 Surcharge de la charge utile

Si, lors du levage de matériaux rocheux, la moyenne des mesures de la charge utile dans un transporteur, calculée sur 20 cycles successifs, dépasse la charge utile autorisée selon le permis accompagnant la machine, cette dernière doit être immobilisée (selon l'article 6.5) et la cause de l'arrêt doit être rectifiée.

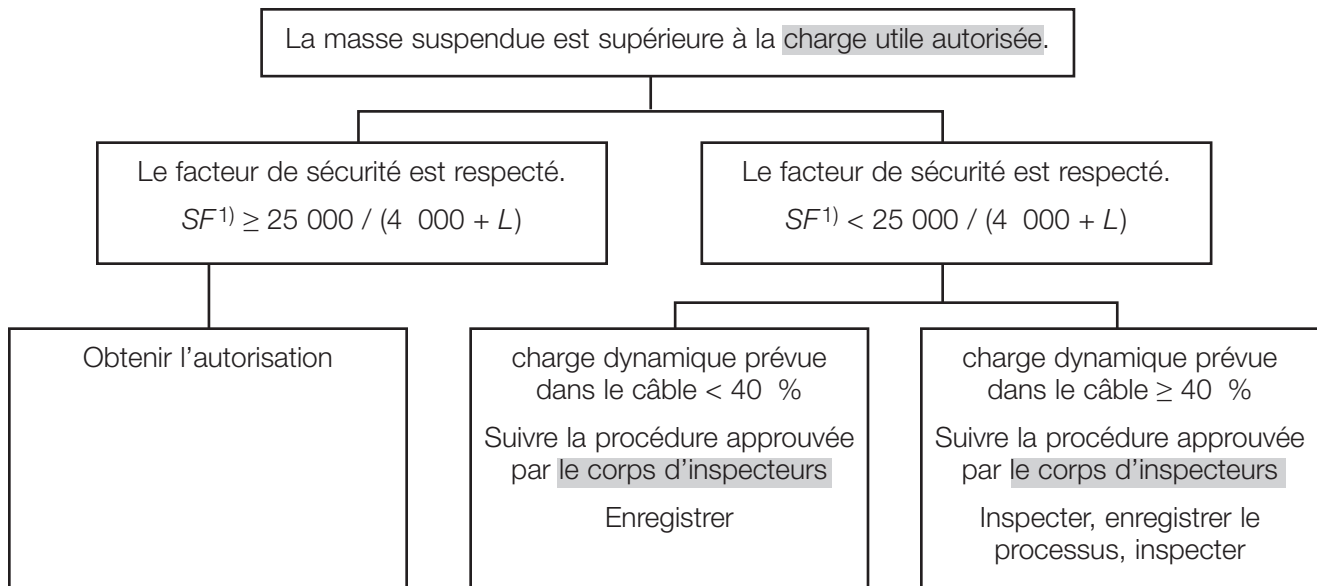
8.1.4 Pointe de forces excessives

Lorsque la charge dans le câble a dépassé 40 % de la résistance à la rupture initiale du câble, la machine d'extraction ne peut plus être utilisée tant que l'état du câble n'a pas été évalué selon les dispositions de la norme SABS 0293.

8.2 Levage de lourdes charges

8.2.1 Exceptions

Occasionnellement, il peut être nécessaire d'utiliser le tambour de la machine à une charge utile supérieure à celle qui est autorisée. Dans ce cas, se servir de l'arbre de décision suivant :



1) SF est le facteur statique (ou de sécurité).

8.2.2 Facteur de sécurité conforme à la loi MHS

Si on doit effectuer une opération de levage avec une masse suspendue dont la valeur dépasse celle autorisée selon les prescriptions du permis, et que le facteur statique (SF), calculé avec une telle masse suspendue, dépasse le minimum exigé selon la loi MHS [$SF > 25\,000 / (4\,000 + L)$], commencer par obtenir la permission de l'inspecteur principal avant d'effectuer le levage.

8.2.3 Facteur de sécurité inférieur à celui prescrit par la loi MHS

Si on doit effectuer une opération de levage avec une masse suspendue dont la valeur dépasse celle autorisée selon les prescriptions du permis, et que le facteur statique (SF) est inférieur à celui préconisé aux termes de la loi MHS, une procédure doit être établie de manière à assurer un facteur dynamique minimal de 2,5. On peut y parvenir en limitant la vitesse de levage, de manière à limiter également les forces dynamiques exercées sur le câble. La procédure doit avoir été approuvée en conformité avec la loi MHS avant que l'on puisse débuter l'opération de levage. La procédure doit indiquer toutes les opérations effectuées et doit exiger l'enregistrement des forces sur le câble durant les opérations de levage.

Si le facteur statique est inférieur à celui autorisé selon la loi MHS et que l'on prévoit aussi ne pas pouvoir respecter la valeur du facteur dynamique, une procédure doit être établie et ensuite approuvée par l'inspecteur principal, avant que l'on puisse débuter l'opération de levage. La procédure doit inclure l'évaluation de la condition du câble selon la norme SABS 0293, avant et après l'opération de levage.

8.3 Paramètres essentiels de réglage des moyens de freinage

Lors de l'installation ou de toute modification d'un système de freinage, les paramètres essentiels de réglage des moyens de freinage, assurant qu'ils sont conformes aux exigences de l'article 7.2, doivent être établis par des essais. Les valeurs des paramètres de réglage doivent être inscrites dans le registre accompagnant la machine (selon la loi MHS) et affichées dans la salle de la machine d'extraction. Les paramètres essentiels de réglage doivent normalement comprendre, sans que la liste en soit exhaustive :

a) réglages du système de commande de décélération,

SABS 0294 – 2000

- b) courses de l'actionneur du frein et durée d'application des moyens de freinage,
- c) pressions aux freins et
- d) intensité du courant du moteur électrique nécessaire pour retenir le moyen de freinage, exigé selon la loi MHS.

Durant l'essai du moyen de freinage portant sur l'effort au frein, la force dynamique maximale admissible sur le câble, calculée selon l'exemple en annexe F, doit être indiquée avec les paramètres essentiels de réglage.

8.4 Installation des câbles d'acier

Les gorges de molettes et de poulies de déflexion doivent être réusinées avant l'installation d'un câble neuf. (Voir l'article 9.13 pour les exigences relatives à l'entretien des gorges.) Lors de l'installation d'un câble, s'assurer que la procédure utilisée ne fait pas perdre ni n'ajoute de torsion non prévue dans le câble.

Une fois le câble enroulé sur le tambour de la machine d'extraction, les spires « mortes » doivent être mises sous tension, sauf si aucun enroulement de spires « actives » n'est effectué par-dessus les spires « mortes ». Si la mise en tension s'effectue en doublant le câble jusqu'en bas du puits, le transporteur doit être chargé au moins à son maximum et les poulies de doublage, ainsi que les poulies de déflexion temporaires utilisées, doivent avoir un rapport D/d de 20 au minimum.

Si la mise sous tension des spires « mortes » s'effectue autrement, la force utilisée pour appliquer une tension sur le câble doit être au moins égale à la tension de câble que l'on aurait obtenue par doublage.

8.5 Détection d'un mauvais enroulement de câble sur une machine d'extraction Blair multicâble

La machine d'extraction doit être immobilisée automatiquement sur détection d'un mauvais enroulement. L'extraction peut reprendre une fois les problèmes d'enroulement résolus. Tout événement de ce genre doit faire l'objet d'un enregistrement.

8.6 Détection d'un mauvais fonctionnement du compensateur de chevalement pour machines d'extraction Blair multicâbles

La machine d'extraction doit être immobilisée automatiquement sur détection d'un mauvais fonctionnement du compensateur à la molette d'une machine d'extraction Blair multicâble. L'extraction peut reprendre une fois les problèmes résolus. Toute anomalie de fonctionnement du compensateur à la molette doit faire l'objet d'un enregistrement.

9 Inspection, essais et entretien

9.1 Généralités

En plus des inspections rendues obligatoires par la loi MHS, les inspections suivantes sont exigées.

Les responsables de la mine doivent posséder un programme d'inspection, d'essais et d'entretien, ainsi que des rapports complets sur les inspections, essais et interventions d'entretien effectués sur la machine. (Voir aussi l'article 10.)

9.2 Câbles d'acier

9.2.1 Inspection quotidienne

Les câbles doivent être inspectés quotidiennement, selon la loi MHS. En outre, la structure du câble sur toute sa longueur, y compris les spires « mortes » sur le tambour, doit être examinée, à la recherche des anomalies suivantes :

- a) endommagement de la structure du câble, sous la forme de déformation due à une chute d'objet, de séparation des fils ou des torons du câble pour une raison quelconque ou de toute autre anomalie importante; ou
- b) concentration observable de fils cassés; dans ce cas, les fils fracturés doivent être enlevés.

En cas de découverte de l'une des anomalies ci-dessus, le câble doit être nettoyé et examiné à l'endroit de l'anomalie, en vue de déterminer l'ampleur des dommages. L'ingénieur ou la personne responsable doit être prévenu aussitôt que possible de l'existence de l'anomalie, afin qu'une décision soit prise sur le rejet éventuel du câble.

9.2.2 Entreposage

Les câbles doivent être entreposés dans un endroit sec et les dispositions voulues doivent être prises pour éviter tout contact de ces câbles avec le plancher. Les câbles ne doivent pas être entreposés sur un plancher recouvert de scories ou de cendres et l'environnement ne doit présenter aucun risque d'endommagement par des vapeurs corrosives ou autres. Les câbles doivent être entreposés à l'abri des intempéries et de la lumière solaire directe; la température des câbles ne doit en aucun cas dépasser la température ambiante. Durant l'entreposage, une rotation du rouleau doit être effectuée tous les six mois.

9.2.3 Coupe de l'extrémité arrière (au tambour)

Une longueur adéquate de câble doit être coupée de l'extrémité arrière, afin d'empêcher toute usure excessive aux points de transition entre les couches et les spires. On doit effectuer cette opération à intervalles ne dépassant pas 10 000 cycles d'extraction et chaque fois qu'on l'estime nécessaire après examen de l'état du câble. Les spires « mortes » sur le tambour doivent être tensionnées selon les prescriptions de l'article 8.4.

9.2.4 Coupe de l'extrémité avant et réparation de l'attache

La loi MHS exige que l'on coupe une partie du câble d'extraction à intervalles réguliers ne dépassant pas six mois, en vue d'essais destructifs et de refaire l'attache. Pour la partie d'un câble raccordée à une poulie compensatrice sur un transporteur, l'intervalle ci-dessus ne doit pas dépasser trois mois.

Les attaches doivent être refaites aux intervalles ci-dessus ou à des intervalles plus courts, en fonction des conditions de service de la machine d'extraction ou des exigences indiquées en 9.3.

9.3 Attaches de câbles d'acier

9.3.1 Attaches au tambour

Une attache au tambour doit faire l'objet d'une inspection quotidienne, à la recherche de défauts visibles, et doit être soigneusement examinée une fois par semaine. Les raisons suivantes justifient la réparation d'une attache :

- a) glissement du câble dans les colliers ou les dispositifs de retenue constituant l'attache; et
- b) fils cassés au voisinage de l'attache ou à la sortie du câble dans le tambour.

SABS 0294 – 2000

9.3.2 Épissures à la main

Une épissure à la main doit faire l'objet d'une inspection quotidienne, à la recherche de défauts visibles, et doit être soigneusement examinée une fois par semaine. Les raisons suivantes justifient la réfection d'une épissure :

- a) tout fil cassé dans le collet ou à la fourche de l'épissure;
- b) tout indice de déplacement relatif entre les passes (*tucks*);
- c) corrosion plus prononcée dans l'épissure que dans la partie adjacente du câble;
- d) câble non serré autour de la cosse.

Une épissure doit être adéquatement protégée contre la corrosion.

9.3.3 Douilles coniques fermées

Cet article sur l'inspection, les essais et l'entretien des attaches avec douilles coniques fermées s'applique aux deux types de douilles : avec remplissage à la résine et avec remplissage au métal blanc. Les attaches avec douilles coniques fermées doivent être inspectées quotidiennement, à la recherche de défauts visibles et doivent faire l'objet d'un examen soigneux une fois par semaine. Les raisons suivantes justifient la réfection d'une douille conique fermée :

- a) fils cassés à moins d'un pas de toron de l'attache; ou
- b) déplacement apparent des fils par rapport au matériau de remplissage.

Le câble doit être adéquatement protégé contre la corrosion au niveau de l'attache à douille conique fermée.

9.3.4 Attache de type à coin

Les attaches de type à coin doivent faire l'objet d'une inspection quotidienne et une attention particulière doit être apportée aux points suivants :

- a) les anneaux doivent être bien serrés et se trouver dans les positions dans lesquelles ils ont été assemblés. Tout indice de déplacement des anneaux, des branches ou des coins, ou entre le bloc de sécurité et les coins doit justifier une réfection de l'attache; et
- b) l'attache doit aussi être refaite s'il y a des fils cassés à l'endroit où le câble sort de l'attache.

Le câble doit être adéquatement protégé contre la corrosion au niveau de l'attache.

9.4 Machines d'extraction Blair multicâbles : systèmes d'équilibrage de la charge entre les câbles

9.4.1 Compensateur installé sur le transporteur

Le système d'équilibrage de la charge entre les câbles doit faire l'objet d'une inspection quotidienne, à la recherche de défauts visibles, et doit être soigneusement examiné une fois par semaine. Une attache doit être refaite s'il y a des fils cassés au point de contact entre le câble et la poulie compensatrice. Chaque fois qu'une attache est refaite, les points suivants doivent être vérifiés et les corrections apportées le cas échéant :

- a) rayure sur la gorge de la poulie;
- b) déplacement des brides ou de la came; et
- c) rotation libre de la jante de poulie sur son axe.

Les câbles et la poulie du système d'équilibrage doivent être adéquatement protégés contre la chute d'objets.

9.4.2 Compensateur installé à la molette

Les dispositifs de détection d'anomalies doivent être vérifiés quotidiennement.

9.5 Machines d'extraction Blair multicâbles : détecteur de mauvais enroulement des câbles

Le dispositif de sécurité doit être vérifié une fois par semaine.

9.6 Moyens de freinage

9.6.1 Procédure

Une procédure pour les inspections, les essais et les entretiens réguliers du système de freinage doit être élaborée pour chaque installation d'extraction. Cette procédure doit porter sur les aspects traités aux articles 9.6.2 à 9.6.6 (inclusivement), sans que la liste en soit exhaustive.

9.6.2 Réglages des moyens de freinage

Les paramètres essentiels relatifs au fonctionnement des moyens de freinage doivent être réglés, le cas échéant, et leurs valeurs conservées, une fois terminées les inspections exigées selon l'article 8.3.

9.6.3 Entretien hebdomadaire

Les paramètres essentiels de fonctionnement doivent être mesurés et enregistrés toutes les semaines, puis comparés à ceux qui sont affichés dans la salle de la machine d'extraction. Le cas échéant, les valeurs des paramètres doivent être ramenées aux valeurs affichées.

9.6.4 Entretien mensuel

L'entretien mensuel doit comprendre les activités suivantes :

- a) Trois essais du circuit de sécurité lors d'un enroulement normal sur double tambour, avec enregistrement des distances d'arrêt, des temps d'arrêt et des charges dynamiques maximales dans les câbles, les transporteurs étant vides. Ces essais doivent être effectués selon la séquence ci-après :
 - 1) sur un transporteur descendant au tiers de la vitesse maximale autorisée, selon le permis relatif à l'installation, et dans une position correspondant aux trois quarts de la profondeur du puits;
 - 2) sur un transporteur montant à la vitesse maximale autorisée, selon le permis relatif à l'installation, et dans une position correspondant aux trois quarts de la profondeur du puits; et
 - 3) sur un transporteur descendant à la vitesse maximale autorisée, selon le permis relatif à l'installation, et dans une position correspondant aux trois quarts de la profondeur du puits.

Les valeurs des paramètres relatifs aux fonctions essentielles des moyens de freinage doivent être comparées aux réglages établis selon l'article 8.3. Si la performance indique que les exigences de la section 7.2 pourraient ne pas être atteintes, un examen complet doit être effectué, en vue de déterminer la cause et de la corriger.

- b) Une revue des rapports d'essais hebdomadaires pour déterminer si certains réglages ont besoin d'être repris. Si c'est le cas, la cause doit être recherchée et des mesures correctives mises en place.

SABS 0294 – 2000

9.6.5 Entretien annuel

Le but des essais annuels est de passer en revue les valeurs des paramètres essentiels et de déterminer les performances globales des moyens de freinage. Ces essais doivent être effectués par un organisme approuvé par le **Department of Minerals and Energy**.

Une série d'essais doit être effectuée pour vérifier les réglages essentiels établis lors des essais initiaux exigés selon l'article 8.3. Les essais doivent comprendre au moins une ouverture du circuit de sécurité sur un transporteur chargé descendant **à la vitesse maximale autorisée**, à une position correspondant aux trois quarts de la profondeur du puits, et sur l'autre transporteur vide remontant. Lors de cet essai, la vitesse et (ou) la charge dans le câble, et (ou) l'accélération du transporteur doivent être enregistrées. Le facteur dynamique doit être déterminé selon une des méthodes indiquées comme exemples à l'annexe F.

9.6.6 Tenue des registres

Les résultats obtenus lors des essais des moyens de freinage doivent être inscrits dans le registre de la machine d'extraction.

9.7 Systèmes de surveillance de la charge des câbles

Les systèmes de surveillance de la charge des câbles doivent être constamment opérationnels. L'étalonnage de ces systèmes doit être vérifié mensuellement.

9.8 Variateur (entraînement) électrique et systèmes de contrôle

Une vérification mensuelle de fonctionnement doit être effectuée sur tous les dispositifs de sécurité essentiels et les systèmes d'interverrouillage électrique.

9.9 Systèmes de guidage des transporteurs

9.9.1 Rails-guides

Des mesures complètes d'alignement des rails-guides doivent être effectuées lors de la mise en service du puits et à la suite de toute perturbation géologique ou de tout accident dans le puits. Les résultats de ces mesures doivent être conservés. L'alignement des rails-guides doit être conforme aux exigences spécifiées à l'article 5.8.1. Si nécessaire, les rails-guides doivent être réalignés.

L'écartement et l'alignement des rails-guides doivent être vérifiés une fois par an et à des intervalles ne dépassant pas 18 mois. Si nécessaire, les rails-guides doivent être réalignés.

9.9.2 Câbles-guides et câbles de glissement

Les câbles-guides et les câbles de glissement doivent être inspectés selon les exigences de **la loi MHS**, en portant une attention particulière à l'usure, la corrosion et la lubrification aux points d'attache et aux douilles-guides de transporteur.

9.10 Transporteurs

Un transporteur ne peut être mis en service que si ses dimensions respectent les tolérances prescrites à l'article 5.8.1. Les dimensions mesurées, le numéro de série indiqué sur la plaque signalétique spécifiée à l'article 5.9, ainsi que les tolérances admissibles doivent être enregistrés et conservés. Un cycle complet de descente et de remontée dans le puits doit être effectué lors de la première mise en service d'un transporteur et après toute modification ultérieure.

9.11 Trémie de chargement des transporteurs

La traçabilité de l'étalonnage du système de mesure de la masse prescrit à l'article 6.5 doit être assurée. Le système doit satisfaire aux exigences de l'article 5.10.

9.12 Angles de déflexion et molettes

Les angles de déflexion entre le tambour de la machine d'extraction et la molette, ainsi qu'entre les molettes et les poulies de déflexion, doivent être déterminés à l'installation de la machine d'extraction et du chevalement, lorsque l'installation d'extraction a été modifiée pour mise en conformité avec ce code de pratique, lorsque des modifications ont été effectuées sur les molettes ou poulies de déflexion ou leurs supports, ainsi qu'à la suite de toute réparation pouvant affecter ces angles.

9.13 Gorges des molettes

Les dimensions des gorges des molettes et des poulies de déflexion doivent être mesurées et enregistrées tous les trois mois et à chaque remplacement de câble. Les gorges doivent être réusinées si les tolérances admissibles sont dépassées; une molette ou une poulie de déflexion doit être mise au rebut si l'usure de la gorge dépasse la valeur admissible. L'article 8.4 exige un réusinage de la gorge d'une molette ou d'une poulie de déflexion avant l'installation d'un câble neuf.

On peut utiliser un outil d'usinage circulaire lorsque le diamètre de gorge est devenu inférieur au diamètre maximal de câble mesuré. Lorsque l'angle d'évasement est inférieur à 38°, le profil de la gorge doit être repris pour satisfaire aux exigences prescrites en 5.3.3.

9.14 Tambours de la machine d'extraction

Les anneaux de remplissage (*filler*) et de montée (*raiser*) au chevauchement entre les couches doivent faire l'objet d'une inspection hebdomadaire, dans le but de s'assurer qu'ils sont toujours solidement fixés au tambour ou à la bague d'assemblage. Les points d'usure anormale et les points hauts sur les anneaux de remplissage (*filler*) et de montée (*raiser*) doivent être pris en considération avant d'entreprendre l'extraction.

Les boulons, écrous, vis de fixation des fausses joues et la quincaillerie d'enroulement du tambour doivent être inspectés hebdomadairement en les frappant pour s'assurer qu'ils sont bien serrés. Le couple de serrage doit être vérifié à des intervalles ne dépassant pas six mois.

Pour s'assurer de l'intégrité du système d'enroulement, chaque fois que l'on coupe l'extrémité du câble reliée au tambour ou que l'on remplace le câble, il faut prendre les précautions suivantes :

- a) le trou pour le passage du câble dans le tambour doit être inspecté visuellement;
- b) l'écart entre les garnitures et l'alignement des gorges (pour les manchons d'enroulement installés séparément) doivent être mesurés;
- c) les anneaux de remplissage prévus aux extrémités (*end filler*) et les anneaux de montée (*raiser*) doivent être inspectés visuellement, à la recherche d'usure, de protubérances et pour voir s'ils sont complets; et
- d) les fixations au tambour doivent être inspectées visuellement, à la recherche d'usure, de protubérances et pour voir si elles sont complètes.

10 Documentation et rapports

En plus de la documentation exigée aux termes de la loi MHS, les articles de ce code de pratique exigent que les responsables de la mine soient en possession des documents suivants :

Article	Document exigé
5.1.3	Analyse des effets dynamiques sur la caténaire
5.2.5	Calcul de rigidité du tambour
5.4	Analyse des modes de défaillance du variateur électrique (lorsque la puissance nominale du moteur dépasse 160 % de celle qui est exigée pour le cycle normal)
5.5.2	Analyse des modes de défaillance du système de freinage
5.8.1	Tolérances relatives aux dimensions des transporteurs et à l'alignement des rails-guides
5.8.2	Paramètres de conception des câbles-guides
6.1.3	Calcul d'étendue de charge en vue de définir les exigences de mesure d'étendue de charge
8.1.1	Procédure à utiliser à la suite d'une ouverture du circuit de sécurité de la machine d'extraction
8.1.4	Rapport sur la fréquence d'apparition de charge de pointe de forces excessives dans le câble et mesures correctives prises chaque fois
8.2	Autorisation accordée par l'inspecteur principal pour le levage de lourdes charges
8.3	Paramètres essentiels de réglage des moyens de freinage (registre accompagnant la machine)
9.1	Calendrier et inscription aux registres des inspections, essais et interventions d'entretien sur la machine d'extraction
9.6.1	Procédure d'inspection, essais et entretien du système de freinage
9.6.6	Résultats d'essais des moyens de freinage (registre accompagnant la machine)
9.9.1	Résultats des mesures d'alignement des rails-guides
9.13	Dimensions des gorges de poulies

Annexe A (normative)

Calcul de l'étendue de charge

On peut utiliser les méthodes suivantes pour calculer l'étendue de charge :

A.1 Évaluation de l'étendue de charge

La formule suivante donne une approximation de l'étendue de charge ΔT agissant sur un câble de machine d'extraction à tambour :

$$\Delta T = M_p (g + 2a_p) + 3a_p (M_c + M_r)$$

Où :

a_p = accélération de pointe du tambour, en mètres par seconde au carré;

g = accélération gravitationnelle, en mètres par seconde au carré;

M_c = masse du transporteur, en kilogrammes;

M_p = charge utile, en kilogrammes;

M_r = masse maximale de câble suspendu, en kilogrammes.

L'étendue de charge agissant sur un câble ne doit pas dépasser 15 % de la charge correspondant à la résistance à la rupture du câble, lorsque la charge utile est limitée à :

$$M_p (\text{max all}) = [0,15 BF - 3a_p (M_c + M_r)] / (g + 2a_p)$$

Où :

BF = résistance du câble, en newtons.

Si on utilise l'étendue de charge calculée, le système de surveillance doit enregistrer l'accélération de pointe du tambour et la charge utile. Le système de commande doit enregistrer l'étendue de charge ayant dépassé la valeur admissible, chaque fois que l'accélération de pointe dépasse celle utilisée dans les calculs ci-dessus et chaque fois que la charge utile dépasse la valeur maximale calculée ci-dessus.

Si l'entraînement est muni d'un système de commande en boucle fermée (voir article E.2) et qu'il peut être démontré que les accélérations et décélérations cycliques maximales n'excéderont pas la valeur indiquée dans les calculs ci-dessus, seule la charge utile doit être contrôlée.

Exemple

Une machine d'extraction est conçue pour fonctionner sur un puits de 2 000 m, avec des câbles de 54 mm, à 1900 mPa (masse de câble de 12,47 kg/m, résistance à la rupture de 2 290 kN) et des skips de 12 tonnes avec une charge utile de 19 tonnes. L'accélération cyclique de pointe de la machine d'extraction est de 0,8 m/s².

SABS 0294 – 2000

Le facteur statique minimal est de : $25\ 000 / (4\ 000 + 2\ 000) = 4,17$

Le facteur statique réel est de : $(2\ 290 \times 103) / [9,81 (2\ 000 \times 12,47 + 12\ 000 + 19\ 000)] = 4,17$

L'étendue de charge peut être calculée comme étant :

$$\Delta T / BF = [19\ 000 (9,81 + 2 \times 0,8) + 3 \times 0,8 (12\ 000 + 12,47 \times 2\ 000)] / (2\ 290 \times 10^3) = 13,3 \%$$

Dans ces conditions, l'étendue de charge admissible sera maintenue si la charge utile n'excède pas :

$$[0,15 \times 2\ 290 \times 10^3 - 3 \times 0,8 (12\ 000 + 2\ 000 \times 12,47)] / (9,81 + 2 \times 0,8) = 22\ 355 \text{ kg}$$

A.2 Charge sur le câble mesurée à la molette

La charge sur le câble, mesurée à la molette, est la force totale agissant sur l'extrémité du câble reliée au tambour. Cette charge comprend le poids du transporteur, la charge utile et le poids du câble suspendu, plus les composantes des forces dynamiques agissant sur le câble. Avec cette méthode, on déduit le poids du câble suspendu du total. Le poids du câble suspendu est déterminé d'après la position du transporteur (voir 4.3.2 et l'article A.4).

On entre la charge sur le câble ainsi obtenue dans un système de surveillance capable de mémoriser les valeurs maximales et les valeurs minimales. Au début de chaque cycle d'extraction, ces valeurs sont initialisées. À la fin du cycle, l'étendue de charge est calculée en soustrayant la valeur minimale de la valeur maximale. Si cette valeur dépasse de 15 % la résistance à la rupture initiale du câble, un compteur, tel que requis à l'article 7.1.4 doit être mis en fonction.

A.3 Autres méthodes

On peut utiliser toute autre méthode efficace pour mesurer et calculer l'étendue de charge.

A.4 Position du transporteur

La position du transporteur peut être déterminée à partir du nombre de tours du tambour et de la position de ce dernier. La position du transporteur doit être déterminée avec une précision de moins de $\pm 0,1 \%$ de la profondeur du puits.

Annexe B

(à titre d'information)

Directives pour l'enroulement des câbles

NOTE : cette annexe donne des directives sur les formes et les dimensions relatives à l'enroulement d'un câble sur une surface de tambour.

B.1 Gorges pour câble

Les dimensions des gorges, exprimées en fraction du diamètre de câble, devraient être les suivantes :

- Rayon : 0,53 à 0,54
- Profondeur : 0,30 à 0,31
- Pas : 1,055 à 1,070

La rugosité de la surface d'une gorge après usinage doit correspondre à une valeur inférieure ou égale à 7 micromètres. La rugosité de la surface se détermine au moyen d'un comparateur à cadran. La figure B.1 illustre des gorges pour câble.

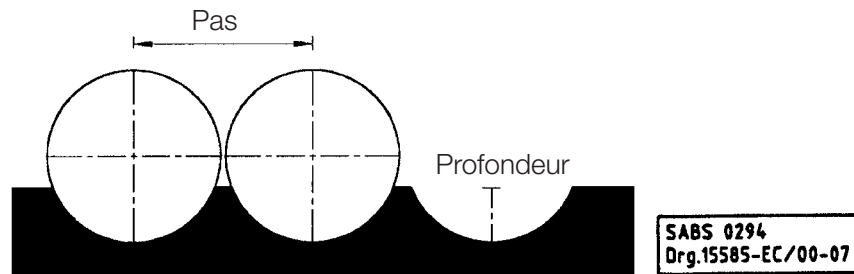


Figure B.1 — Gorges pour câble

B.2 Chevauchements aux demi-tours

Les chevauchements aux demi-tours doivent avoir une longueur de 12 fois le diamètre nominal du câble. Le rayon de transition doit être de 120 fois le diamètre nominal du câble. La figure B.2 illustre des chevauchements aux demi-tours.

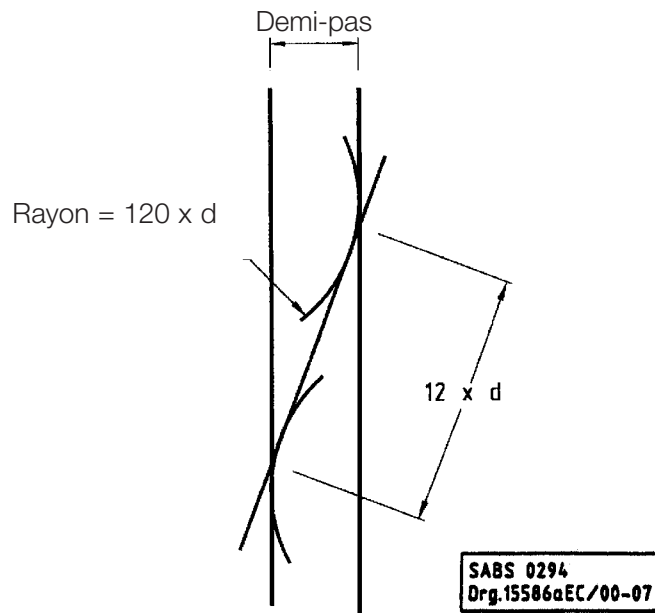


Figure B.2 — Chevauchements aux demi-tours

B.3 Jeu aux joints de demi-garnitures

Lors de l'installation définitive des garnitures fabriquées séparément, le jeu aux deux joints des demi-garnitures doit être de 6 mm à 10 mm. Les extrémités de gorges doivent être usinées à un rayon de 3 mm.

B.4 Alignement des gorges

Lors de l'installation définitive des garnitures fabriquées séparément, les gorges d'enroulement de câble doivent être alignées dans le sens radial et dans le sens axial à ± 1 mm près.

B.5 Anneaux à section en relief et en creux

Le profil des anneaux de remplissage (*filler*) et de montée (*raiser*) doit être usiné avec précision pour s'ajuster convenablement aux garnitures et fournir un support continu au câble. Les soudures nécessaires à la fixation des anneaux de remplissage (*filler*) et de montée (*raiser*) doivent être usinées et dressées de sorte qu'elles n'empiètent pas sur l'espace réservé au câble. Prendre note que la conception d'un anneau de remplissage (*filler*) exige une attention particulière lorsque le rapport entre les diamètres de tambour et de câble augmente, de manière à éliminer le claquement entre le câble et tout ou partie de l'anneau pendant l'enroulement.

B.6 Trou de passage de câble

Le rayon de courbure de la gorge au point de contact du câble à son passage dans le manchon ou la coquille du tambour doit être continu et lisse et avoir au moins 15 fois le diamètre nominal du câble. La surface d'appui du câble à l'intérieur du tambour doit se prolonger au-delà de la tangente à l'arbre du tambour ou du moyeu, selon le cas.

B.7 Fixation de la quincaillerie d'enroulement

Les éléments en saillie dans la zone d'appui du câble entraîneront une détérioration rapide de celui-ci et, par conséquent, résulteront en une situation non sécuritaire. Les vis, boulons, écrous et autres éléments nécessaires à la fixation de la quincaillerie d'enroulement aux tambours doivent par conséquent être placés de manière à pouvoir être inspectés régulièrement pour s'assurer qu'ils ne se sont pas desserrés. La conception doit aussi être telle que les attaches de fixation soient accessibles pour le serrage. Une fois installées, les têtes de vis doivent être au moins à 2 mm sous la surface d'enroulement du câble.

Annexe C

(à titre d'information)

Attaches de câbles d'acier

NOTE : cette annexe donne des exemples d'épissures de câble, d'attache de type à coin et de douilles servant d'attaches de câbles.

C.1 Types d'attaches de câbles

C.1.1 Généralités

Une épissure est un type d'attache de câble dans laquelle l'extrémité du câble est fixée par entrelacement des torons dans le câble.

C.1.2 Épissure « Liverpool »

Une épissure « Liverpool » est réalisée en épissant sur un pas. Elle est aussi connue sous le nom plus évocateur « d'épissure en tournant ». L'article 5.6 (a) exige au moins sept passes pour une épissure sur un câble à six torons ronds ou en triangle et au moins neuf passes pour une épissure sur un câble antigiratoire.

Après la première série de passes, chaque bout (ou toron mort) est entortillé autour d'un même toron dans le corps principal du câble (toron vivant) et ainsi de suite pour toute l'épissure.

Dans le cas d'un câble à six torons, une fois l'épissure terminée, chaque toron vivant du câble aura un toron mort entortillé autour de lui sur toute la longueur de l'épissure, maintenant ainsi le commettage du câble. Une épissure « Liverpool » est épissée de façon à ce que les torons vivants soient indépendants les uns des autres (ces torons ne sont donc pas bloqués les uns sur les autres), même si chaque toron vivant est enveloppé par un toron mort. Si le câble est décommis (détordu), la partie épissée le sera aussi, ce qui réduira le frottement entre les torons vivants et les torons morts, avec possibilité de sortie des torons morts.

ATTENTION – les épissures « Liverpool » ou les épissures selon le pas du câble ne doivent jamais être utilisées lorsque l'extrémité du câble est libre de tourner.

C.1.3 Épissure « Admiralty »

Une épissure « Admiralty » est réalisée en épissant en sens inverse du pas; elle est aussi connue sous le nom « d'épissure à pas inverse » ou « d'épissure à contre-pas ». L'article 5.6 (a) exige au moins sept passes pour une épissure sur un câble à six torons ronds ou en triangle et au moins neuf passes pour une épissure sur un câble antigiratoire.

SABS 0294 – 2000

Après la première série de passes, chaque bout (ou toron mort) est passé autour d'un même toron vivant (dans le corps principal du câble), puis sous un toron vivant adjacent en sens inverse du pas du câble, et ainsi de suite sur toute l'épissure. Par conséquent, un toron mort d'un câble à six torons ne sera de nouveau enroulé autour du même toron vivant qu'à toutes les six passes. De cette façon, chaque toron mort aura été entrelacé avec les six torons vivants d'un câble à six torons à la septième passe de l'épissure.

Les torons morts se déplacent dans l'épissure d'un toron vivant au suivant et ne suivent pas le pas du câble, d'où l'expression « épissure à contre-pas ». Cette méthode permet d'entrelacer les torons vivants et de former une épissure compacte. Si le câble est décomposé, les torons vivants ne sont pas affectés et l'épissure ne se trouve pas affaiblie.

NOTE : les épissures « Admiralty » ou les épissures à contre-pas peuvent être utilisées lorsque l'extrémité du câble est libre de tourner.

C.2 Attache de type à coin

La figure C.1 illustre un attache de type à coin. Cette attache de type à coin serre un câble « non ouvert » entre deux coins coniques, en assurant un autoverrouillage. Les bandes du manchon compriment les deux lèvres du corps contre les coins. L'extrémité du câble est munie d'un bloc de sécurité, qui ramène les coins dans le corps en cas de glissement du câble.

C.3 Douille conique fermée de câble

La figure C.2 illustre une terminaison utilisant une douille conique fermée. La cavité conique de la douille peut recevoir l'extrémité de câble en brosse ou détortillée; on la remplit généralement de résine ou de métal blanc.

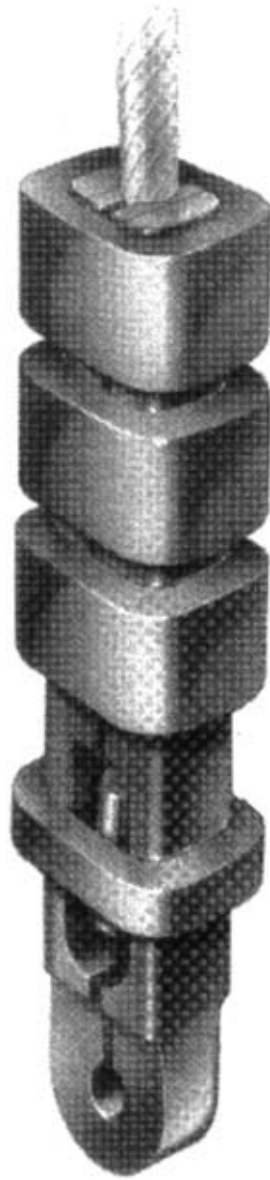


Figure C.1 — Attache de type à coin

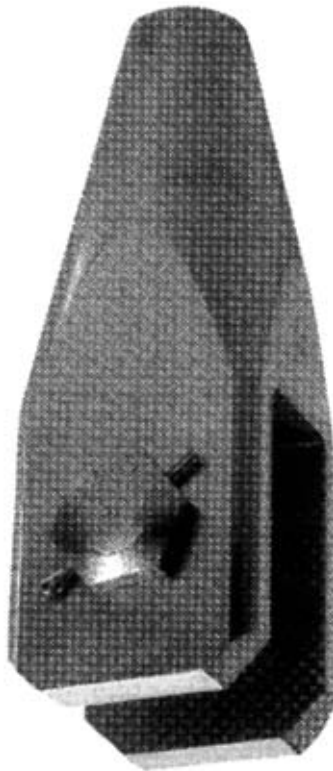


Figure C.2 — Attache avec douille conique fermée

Annexe D (à titre d'information)

Pression recommandée sur les gorges

La pression sur les gorges d'un tambour ou d'une poulie se définit comme suit :

$$P_t = 2F / (d \times D)$$

Où :

P_t = pression sur les gorges, en pascals;

F = tension statique maximale dans le câble, en newtons;

d = diamètre du câble, en mètres;

D = diamètre de gorge de tambour ou de poulie, en mètres.

Aucune limite supérieure n'est prescrite pour la pression sur les gorges, mais on recommande de ne pas dépasser une valeur de 3,5 MPa.

Annexe E

(à titre d'information)

Directives sur les variateurs (entraînements) électriques et les systèmes de contrôle

E.1 Introduction

Le comportement du variateur et du système de contrôle d'une machine d'extraction peut avoir une influence déterminante sur les charges dynamiques dans les câbles. Durant chaque cycle d'extraction, un câble est soumis de façon répétée aux charges dynamiques normales engendrées par l'accélération, la décélération et l'arrêt. Ces contraintes ont une influence sur l'étendue de charge imposée au câble et, par le fait même, sur la détérioration du câble. Occasionnellement, un câble peut être soumis à des charges dynamiques relativement importantes, par suite d'événements imprévus, comme une défaillance du moteur électrique. De telles charges ont un effet direct sur la sécurité du câble. La qualité de l'équipement sélectionné et la conception de l'ensemble du système ont un effet direct sur les contraintes qui seront engendrées dans les câbles.

Cette annexe fournit des informations sur les caractéristiques des équipements électriques et montre comment celles-ci influencent les charges dynamiques dans les câbles d'extraction.

E.2 Systèmes de commande en boucle fermée (régulation du variateur) et de commande des moyens de freinage

E.2.1 Généralités

Pendant l'extraction normale, les charges dynamiques dans les câbles peuvent être réduites en maîtrisant convenablement l'amplitude et le taux de variation du couple appliqué à la machine d'extraction.

Lorsque, en extraction normale, les pointes d'accélération au tambour dépassent 1 m/s^2 , des dispositions particulières doivent être prises dans le système de commande pour réduire les charges dynamiques dans les câbles à des valeurs acceptables. La commande en boucle fermée du variateur électrique, ou la régulation, doit assurer un contrôle de puissance par le biais du convertisseur électronique, de sorte que le taux de variation du couple minimise les charges dynamiques dans les câbles. De même, la commande des moyens de freinage doit assurer une régulation du couple de freinage lors d'un arrêt d'urgence.

E.2.2 Systèmes de commande analogique en boucle fermée

Des systèmes de commande analogique en boucle fermée, dotés de structures très sophistiquées, sont mis en œuvre. Cependant, en ce qui a trait à la précision de la commande, ils présentent les inconvénients suivants :

- a) Stabilité à long terme : les composants comme les résistances et les condensateurs, utilisés pour régler les paramètres de boucle, vieillissent et voient leurs caractéristiques changer avec le temps. Cela exige des réglages périodiques.
- b) Adaptation dynamique : bien que des fonctions comme la variation de l'accélération puissent être incorporées dans un système de commande analogique, il est pratiquement impossible d'adapter de manière dynamique le taux de variation de cette accélération avec le temps, en fonction de la profondeur ou de la charge utile.

E.2.3 Systèmes de commande numérique en boucle fermée

Les systèmes modernes de commande numérique en boucle fermée possèdent les caractéristiques nécessaires à une commande précise du contrôle des variateurs. Du fait que ces systèmes sont mis en place avec des algorithmes de programmation, il est possible d'assurer la stabilité à long terme et une adaptation dynamique des boucles de commande. En outre, ces systèmes étant généralement dotés d'un grand nombre de fonctions de vérification et de surveillance internes, ils peuvent détecter les défauts de fonctionnement dès leur apparition.

E.3 Groupe de variateurs

E.3.1 Type de variateur

La commande précise de l'amplitude et du taux de variation du couple appliqué au tambour de la machine durant l'extraction normale est une condition préalable à la réduction des charges dynamiques dans les câbles. Bien qu'il ne soit pas possible d'avoir cette précision avec tous les groupes de variateurs, nombre d'entre eux, parmi lesquels on trouve des installations à CC ou des convertisseurs, peuvent offrir la précision de commande désirée.

Dans certains groupes de variateurs, on ne peut obtenir la précision de commande nécessaire à cause de la mauvaise qualité inhérente à la régulation du couple. Parmi ces systèmes, on trouve ceux comprenant un moteur à rotor bobiné (bague ouverte) dans lequel le couple est commandé en commutant des résistances de rotor ou par contrôleurs à liquide, avec inversion de phase sur le stator et freinage CC ou à basse fréquence.

E.3.2 Conception du moteur de la machine d'extraction liée aux circuits de puissance

Les différents types de moteurs ont des caractéristiques de couple de court-circuit différentes. Dans ce cas, les caractéristiques importantes sont l'amplitude et la durée du couple de court-circuit. Il est naturellement avantageux d'avoir une courte durée et une faible amplitude, ainsi qu'une fréquence d'apparition des courts-circuits la plus faible possible.

Quand les éléments du circuit d'armature sont exposés (par exemple les collecteurs ouverts des moteurs à CC), le risque de court-circuit est évidemment plus élevé que sur une machine à CA dans laquelle les connexions sont moins accessibles. La conception d'un moteur donné a aussi un effet important sur la valeur de pointe et le taux d'accroissement du couple de court-circuit.

Tous les éléments d'un circuit de puissance, y compris les redresseurs rotatifs ou à semi-conducteurs, les disjoncteurs et les fusibles, ainsi que le réseau d'alimentation, peuvent affecter le comportement d'un variateur en cas de défaillance. Il ne faut pas non plus compter sur les dispositifs de protection, comme les disjoncteurs de boucle, pour réduire les charges dynamiques dans les câbles.

L'emplacement des défauts potentiels et leurs dispositifs de protection déterminent les conséquences d'un court-circuit. Par exemple, un disjoncteur de boucle ne peut éliminer un court-circuit aux bornes d'un moteur. Il va simplement couper le courant d'alimentation et le défaut dans le moteur va subsister jusqu'à l'arrêt. Le temps de réaction des dispositifs de protection peut aussi être crucial. En effet, à moins qu'un disjoncteur de boucle ne soit adéquatement entretenu, sa durée d'ouverture effective après quelques années de service sera très différente de celle qui est indiquée dans les spécifications du fabricant.

E.3.3 Spécifications du moteur de la machine d'extraction

Bien que la valeur de pointe relative du couple de court-circuit (un multiple du couple nominal) puisse être semblable pour différents moteurs, la valeur absolue demeure essentielle en ce qui a trait aux charges de pointe dans les câbles. Un moteur surdimensionné, par rapport à la puissance exigée par une machine d'extraction à tambour donnée, peut produire un couple de court-circuit trop élevé, tandis qu'un moteur correctement dimensionné en fonction de la machine d'extraction en question produira des contraintes moins importantes dans les câbles, en cas de défaillance.

E.4 Systèmes électriques

E.4.1 Généralités

Lors d'un freinage d'urgence, les charges dynamiques dans les câbles sont déterminées par le couple de freinage. Cependant, en cas de défaillance nécessitant un freinage d'urgence, il y a un délai entre le moment où le circuit de sécurité s'ouvre pour couper l'alimentation au moteur et le moment où le système de freinage prend la relève. Durant cette période de transition, le couple à la machine d'extraction ne fait l'objet d'aucun contrôle et des charges dynamiques importantes peuvent alors être générées dans les câbles. Il est donc préférable de minimiser les ouvertures du circuit de sécurité de la machine d'extraction provoquant ainsi l'application des moyens de freinage d'urgence.

Un ouverture du circuit de sécurité dépend des éléments traités aux articles E.4.2 à E.4.5 (inclusivement).

E.4.2 Fiabilité des équipements

Les systèmes électriques doivent être fiables puisque leurs défaillances ou pannes entraîneront de fréquentes ouvertures du circuit de sécurité ou le dépassement des charges maximales admissibles dans les câbles.

E.4.3 Fiabilité du réseau d'alimentation

Les systèmes électriques devraient, autant que possible, être capables de « surmonter » les fluctuations de la tension d'alimentation et être à l'abri des baisses et des pointes de tension. En plus de la limitation de sur-tension, on peut aussi prévoir une alimentation de secours par batterie pour la commande en boucle fermée et l'automate programmable (« PES »), afin d'assurer un arrêt systématique et ordonné en cas de panne de courant, plutôt que de laisser se produire des événements aléatoires néfastes pour l'ensemble du système.

E.4.4 Distinction entre différents types de défaillances

L'application du système de freinage d'urgence, qui devrait être faite uniquement lorsque c'est inévitable, s'obtient par l'arrangement des signaux de défaillance et le déclenchement du circuit de sécurité sous différentes catégories. Ces catégories comprennent l'application des moyens de freinage, le freinage électrique rapide, la décélération électrique, l'extraction à vitesse réduite imposée et le verrouillage à la fin du parcours.

E.4.5 Détection rapide et précise des défaillances

Il y a avantage à ce que l'origine d'une défaillance puisse être identifiée aussi rapidement et précisément que possible. Par exemple, la surveillance des valeurs réelles et des valeurs de référence du régulateur de vitesse va permettre de détecter une anomalie de fonctionnement et de prendre les mesures correctives nécessaires avant que la machine d'extraction soit en survitesse et ouvre le circuit de sécurité.

Annexe F
(à titre d'information)

**Calcul de la force dynamique dans un câble pour
les essais du système de freinage**

F.1 Symboles

Les symboles suivants sont utilisés dans cette annexe :

ρ = masse du câble par unité de longueur;

a_p = accélération de pointe du transporteur;

DF = facteur dynamique;

F_a = résistance initiale à la rupture du câble;

F_d = force dynamique sur le câble;

F_s = force statique sur le câble;

L = longueur maximale de câble suspendu;

g = accélération gravitationnelle = 9,81 m/sec²;

M_c = masse du transporteur;

M_p = masse correspondant à la charge utile;

M_t = masse totale du câble = $\rho \times L$;

SF = facteur statique;

z = profondeur à laquelle le transporteur s'arrête après un essai de freinage.

F.2 Équations à utiliser pour les calculs

F.2.1 Force dynamique maximale permise

Par définition, le facteur statique vaut :

$$SF = F_a / F_{s(max)}$$

Où :

$$F_{s(max)} = (M_c + M_p + M_t) g$$

et, par définition, le facteur dynamique vaut :

$$DF = F_a / F_{d(\max)}$$

Où :

$$F_{d(\max)} = F_a / DF$$

F.2.2 Calcul du facteur dynamique à partir d'essais de freinage

F.2.2.1 Le facteur dynamique pour un câble de machine d'extraction doit être déterminé au moment de l'installation et à la suite de toute modification de l'installation d'extraction. Il est laissé à la discrétion des personnes responsables des essais d'enregistrer les forces dans le câble, soit à la molette, soit au transporteur, ou encore d'enregistrer les accélérations au transporteur. Cette annexe fournit les équations nécessaires aux calculs à partir de l'une ou l'autre de ces mesures.

F.2.2.2 Un essai de freinage consiste à ouvrir le circuit de sécurité alors que le transporteur chargé au maximum descend aux trois quarts de la profondeur du puits. Pour obtenir une valeur du facteur dynamique réel, il est admis que le rapport entre la force dynamique et la force statique à cette profondeur correspond à celui obtenu pour une position du transporteur chargé à une plus grande profondeur. Que l'on mesure les forces sur le câble à l'extrémité avant ou les accélérations au transporteur, il est admis que le rapport entre les forces dynamique et statique est constant sur toute la longueur du câble.

F.2.2.3 À partir des forces sur le câble, mesurées à l'extrémité arrière,

$$DF = SF \times F_s / F_d$$

Où :

F_d = force dynamique de pointe dans le câble, mesurée à la molette;

F_s = force statique dans le câble, à l'extrémité arrière, mesurée à la molette après l'essai ou calculée à partir de l'équation : $F_s = g \times (\rho z + M_c + M_p)$.

F.2.2.4 À partir des forces dans le câble mesurées à l'extrémité avant,

$$DF = SF \times F_s / F_d$$

Où :

F_d = force dynamique dans le câble, mesurée à l'extrémité avant;

F_s = force statique dans le câble, à l'extrémité avant, mesurée après l'essai ou calculée à partir de l'équation : $F_s = g \times (M_c + M_p)$.

SABS 0294 – 2000

F.2.2.5 À partir de l'accélération du transporteur, mesurée :

$$DF = SF \times g / (a_p + g)$$

Où :

a_p = accélération de pointe mesurée au transporteur.

F.3 Exemples

F.3.1 Calcul de la force dynamique maximale admissible dans un câble

Une machine d'extraction est conçue pour fonctionner avec une longueur maximale de câble suspendu de 3 500 m. Selon la loi MHS, le facteur statique vaut :

$$SF = 25\,000 / (4\,000 + L)$$

Où :

L = longueur maximale de câble suspendu.

Pour la machine d'extraction considérée dans l'exemple, le facteur statique vaut :

$$\begin{aligned} SF &= 25\,000 / (4\,000 + 3\,500) \\ &= 3,33 \end{aligned}$$

Les paramètres de base suivants peuvent s'utiliser pour une telle conception :

$$F_a = 3\,400 \text{ kN}$$

$$\rho = 20 \text{ kg/m}$$

$$M_c = 14\,000 \text{ kg}$$

$$M_p = 20\,000 \text{ kg}$$

Le facteur statique correspondant aux paramètres ci-dessus est de :

$$\begin{aligned} SF &= F_a / [g \times (\rho L + M_c + M_p)] \\ &= 3\,400 \times 103 / [9,81 \times (20 \times 3\,500 + 14\,000 + 20\,000)] \\ &= 3,35 \end{aligned}$$

Pour assurer un facteur dynamique d'au moins 2,5, la force dynamique sur le câble doit être limitée à :

$$\begin{aligned} F_{d(\max)} &= F_a / DF \\ &= 3\,400 / 2,5 \\ &= 1\,360 \text{ kN} \end{aligned}$$

F.3.2 Calcul du facteur dynamique à partir des résultats d'essais de freinage

F.3.2.1 La figure F.1 donne un ensemble d'accélération et de forces sur un câble, enregistrées lors d'un essai de freinage sur une machine d'extraction, avec les paramètres suivants :

$$\begin{aligned} L &= 2\,039 \text{ m} \\ z &= 1\,635 \text{ m} \\ F_a &= 1\,980 \text{ kN} \\ \rho &= 10,7 \text{ kg/m} \\ M_c + M_p &= 14\,487 \text{ kg} \end{aligned}$$

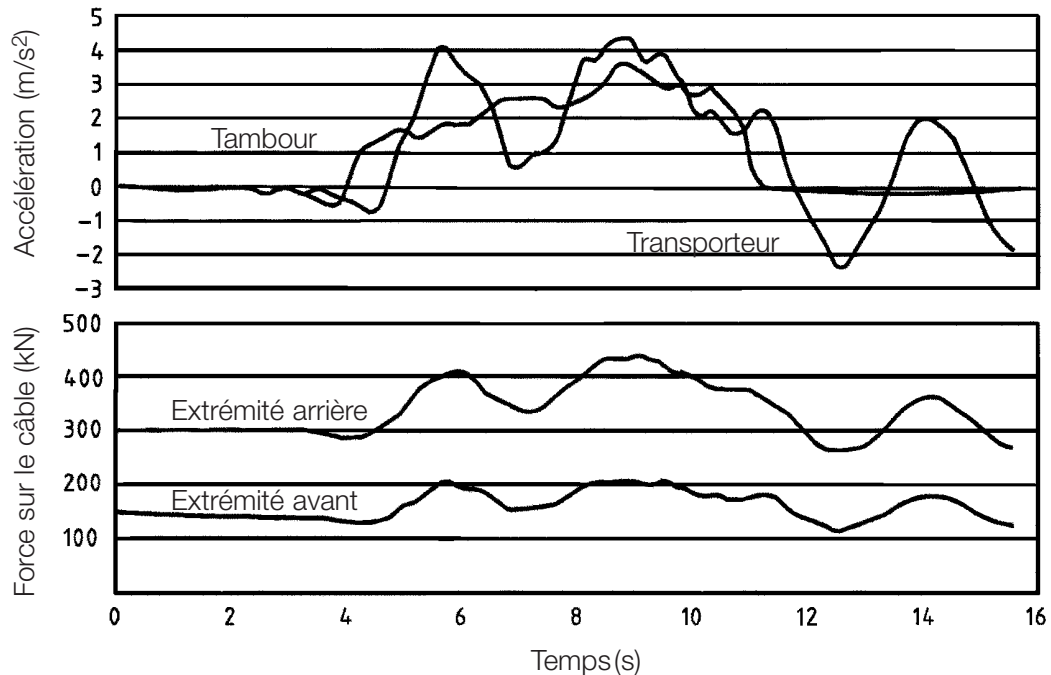
Bien que la machine d'extraction ait ouvert le circuit de sécurité alors que le transporteur se trouvait à une profondeur de 1 530 m, ce transporteur ne s'est arrêté qu'à 1 635 m de profondeur.

La figure F.1 donne toutes les mesures possibles. Il suffit cependant d'une seule de ces mesures pour calculer le facteur dynamique. (Le calcul du facteur dynamique à partir de la courbe d'accélération au tambour n'entre pas dans le cadre de cette annexe et n'est donc pas traité ici.) Les autres mesures peuvent être utilisées comme suit, pour le calcul du facteur statique (SF) :

$$\begin{aligned} \text{Masse du câble : } M_t &= \rho \times L \\ &= 10,7 \times 2\,039 \\ &= 21\,817 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Facteur statique : } SF &= F_a / [g \times (M_t + M_c + M_p)] \\ &= 1\,980 \times 103 / [9,81 \times (21\,817 + 14\,487)] \\ &= 5,57 \end{aligned}$$

Les articles F.3.2.2 et F.3.2.3 montrent comment les équations peuvent être utilisées pour déterminer le facteur dynamique à partir des résultats d'essais. La plus grande valeur du facteur dynamique s'obtient en utilisant pour le calcul les forces dans le câble mesurées à la molette. On obtient des valeurs plus faibles lorsqu'on utilise l'accélération au transporteur ou les forces dans le câble au transporteur; autrement dit, le premier calcul permet d'avoir une valeur conservatrice du facteur dynamique.



SABS 0294
Drg.15589-EC/00-07

NOTE : pour l'extrémité avant $F_s = 205$ kN et, pour l'extrémité arrière, $F_d = 441$ kN. D'après la courbe d'accélération on a $a_p = 4,3$ m/s².

Figure F.1 — Accélérations et forces mesurées à l'extrémité avant et à l'extrémité arrière d'un câble, lors d'un essai dynamique effectué en vue des calculs ci-dessous, à partir des graphiques de forces dans le câble ci-dessus.

F.3.2.2 À partir des forces mesurées à l'extrémité arrière du câble, on peut calculer la force statique à l'extrémité arrière du câble de la façon suivante :

$$\begin{aligned}
 F_s &= g \times (\rho z + M_c + M_p) \\
 &= 9,81 \times (10,7 \times 1\,635 + 14\,487) \\
 &= 314 \times 103 \text{ N}
 \end{aligned}$$

La force statique à l'extrémité arrière du câble aurait aussi pu être mesurée après l'essai.

D'après la figure F.1, la force dynamique de pointe sur le câble à la molette est de $F_d = 441$ kN.

Le facteur dynamique est donc de :

$$\begin{aligned}
 DF &= SF \times F_s / F_d \\
 &= 5,56 \times 314 / 441 \\
 &= 3,96
 \end{aligned}$$

F.3.2.3 À partir des forces mesurées à l'extrémité avant du câble, on peut calculer la force statique à l'extrémité avant du câble de la façon suivante :

$$\begin{aligned} F_s &= g \times (M_c + M_p) \\ &= 9,81 \times 14\,487 \\ &= 142 \times 103 \text{ N} \end{aligned}$$

La force statique à l'extrémité avant du câble aurait aussi pu être mesurée après l'essai.

D'après la figure F.1, la force dynamique de pointe à l'extrémité avant du câble est de $F_d = 205 \text{ kN}$.

Le facteur dynamique est donc de :

$$\begin{aligned} DF &= SF \times F_s / F_d \\ &= 5,56 \times 142 / 205 \\ &= 3,85 \end{aligned}$$

F.3.2.4 À partir des accélérations mesurées au transporteur:

D'après la figure F.1, l'accélération de pointe au transporteur est de $a_p = 4,3 \text{ m/s}^2$.

Le facteur dynamique est donc de :

$$\begin{aligned} DF &= SF \times g / (a_p + g) \\ &= 5,56 \times 9,81 / (4,3 + 9,81) \\ &= 3,87 \end{aligned}$$

