

CÂBLES

NORMES / RÉGLEMENTATION

Les câbles métalliques sont régis par de nombreuses normes européennes et internationales afin de préciser les multiples aspects techniques de leur fabrication et de leur utilisation.

Les références normatives les plus utilisées :

- Au niveau international : la norme ISO 2408 (juin 2017)
- Au niveau européen : les normes EN 12385-1 à EN 12385-4+A1

Il est à noter que plusieurs normes complémentaires viennent aborder d'autres câbles métalliques spécifiques :

- La norme EN 12385-5 (décembre 2002) câbles pour ascenseurs
- La norme EN 12385-6 (septembre 2004) câbles d'extraction à torons pour puits de mine
- La norme EN 12385-7 (décembre 2002) câbles clos d'extraction pour puits de mine
- La norme EN 12385-8 (avril 2003) câbles tracteurs et porteurs-tracteurs à torons pour le transport de personnes
- La norme EN 12385-9 (décembre 2002) câbles porteurs clos pour le transport de personnes
- La norme EN 12385-10 (mai 2008) câbles spiroïdaux pour structures

CONSTITUTION D'UN CÂBLE

Un câble métallique se compose d'une âme métallique, textile ou mixte qui est enveloppée de plusieurs torons. Les torons de câbles sont composés de multiples fils.

De manière courante, la composition d'un câble est exprimée par le nombre de torons entourant l'âme fois le nombre de fils composant ces mêmes torons (nombre de torons x nombre de fils d'un toron). D'autres paramètres précisent également la composition d'un câble comme le type d'âme, le sens de câblage, la nuance de l'acier ou encore l'arrangement géométrique des fils dans les torons.

Les compositions de câbles forment des familles et sous-familles.

On trouve deux grandes familles de câbles :

- Câbles non antigiratoires
- Câbles antigiratoires

Il existe une sous-famille dans les câbles non antigiratoires :

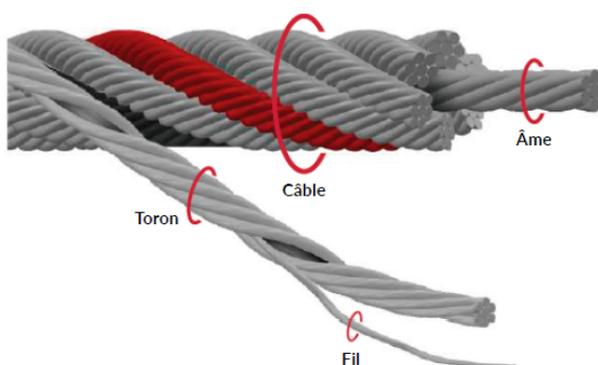
- Câbles monotorons
- Câbles multitorons

L'âme des câbles multitorons peut être de deux types :

- Âme métallique
- Âme textile (fibre naturelle ou synthétique)

Parmi les câbles antigiratoires, on distinguera :

- Les câbles résistant à la rotation (17x7, 18x7, 19x7)
- Les câbles antigiratoires (35x7, 40x7, etc.)



TOLÉRANCE DE FABRICATION ET MESURE

Les normes citées précédemment définissent des tolérances dimensionnelles sur les diamètres des câbles métalliques.

Ces tolérances varient en fonction de la taille du câble concerné, dont voici un rappel :

Diamètre nominal du câble (mm)	Tolérance en tant que pourcentage du diamètre nominal du câble
de 2 à < 4	+8
	0
de 4 à < 6	+7
	0
de 6 à < 8	+6
	0
8 et au-delà	+5
	0

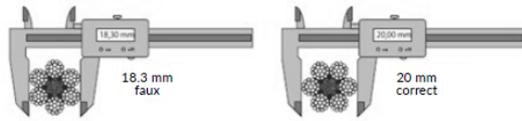
MESURE DU DIAMÈTRE EFFECTIF D'UN CÂBLE

Il est régulièrement utile de mesurer le diamètre d'un câble afin de vérifier la parfaite adéquation quant à son utilisation au sein d'une machine et plus précisément sur le réa des poulies formant cette machine.

La mesure du diamètre se fait à l'aide d'un outil nommé pied à coulisse.

Cette opération consiste à mesurer la dimension du câble au niveau de sa circonférence.

Attention, il faut mesurer le câble dans sa dimension extérieure (c'est-à-dire la dimension la plus grande, idéalement de crête de toron à crête de toron) et ne pas mesurer sur la surface plane qui mettrait le pied à coulisse en appui sur 2 torons voisins. Il est également nécessaire de prendre la mesure du diamètre en 2 orientations du pied à coulisse (dans l'idéal à 90°) et de faire la moyenne des deux valeurs obtenues afin d'obtenir le diamètre moyen du câble.



NUANCES DE L'ACIER

La résistance d'un câble métallique dépend de sa dimension, de la composition, de la nuance d'acier utilisée et du type d'âme.

La nuance d'acier, exprimée en N/mm² (ou MPa), est la résistance minimale que doit avoir l'acier constitutif des fils, câbles et torons à l'effort. Pour un câble en acier de nuance 1770, il signifie que pour un fil d'une section de 1mm², celui-ci devra supporter un effort de 1770N (soit environ 180kg) avant de rompre.

Attention, un acier plus résistant est aussi moins souple et donc souvent moins résistant à la fatigue.

Classes de résistance (communément appelées nuances) des fils tréfilés ronds pour câbles en acier d'usage courant

Tableau de comparaison :

ISO	Métrique	USA	Grande-Bretagne & Canada
2160 N/mm ²	220kg/mm ² (220/240kg/mm ²)	310000/340000Lbs Sq Inch	130/140 Long Tons/ Sq Inch
1960 N/mm ²	200kg/mm ² (200/220kg/mm ²)	Extra Improved Plow Steel (E.I.P.S.) 280000/280000 Lbs/ Sq Inch	Extra Special Improved Plough 120/130 Long Tons/Sq Inch
1770 N/mm ²	180kg/mm ² (180/220kg/mm ²)	Improved Plow Steel (I.P.S.) 240000/280000 Lbs/ Sq Inch Galvanisé : plow steel	Special Improved Plough 110/120 Long Tons/Sq Inch
1570 N/mm ²	160kg/mm ² (160/180kg/mm ²)	Plow Steel 220000/240000 Lbs/ Sq Inch Galvanisé : Improved Plow Steel	Best Plough 100/110 Long Tons/Sq Inch
1420 N/mm ²	145kg/mm ² (140/160/mm ²)	Mild Plow Traction Steel 200000/220000 Lbs/ Sq Inch	Special Improved PATENT89/101 Long Tons/Sq Inch

TRAITEMENT DES FILS D'ACIER

Il existe différents traitements des fils d'acier appelés « galvanisation ». Les galvanisations permettent d'apporter des protections supplémentaires aux fils d'acier en fonction de l'utilisation et de l'environnement dans lesquels seront utilisés les câbles.

La galvanisation à chaud des fils en acier dur pour câbles courants se fait par immersion dans le zinc fondu. Le poids du zinc déposé dépend du Ø du fil et de l'épaisseur désirée.

• Selon l'ISO 2232-1990

Classe B : pour 1570-1770 et 1960 N/mm² - fils diamètre 0,2 à 6mm. Dénomination ZBB - Exemple fils Ø 1 à 1,2mm = 80g par m²

Classe A : pour 1570 N/mm² - fils entre Ø0,4mm et 3,6mm. Dénomination ZAA - Exemple fils Ø1 à 1,2mm = 150g par m²

Classe A/B : pour 1570/1770 N/mm² - fils entre Ø0,4 et 1,89mm. Dénomination ZAB - Exemple fils Ø1 à 1,2mm = 110g par m²

• Selon la norme NFA91 – 1314 – 1962

Revêtement de zinc homogène, continu et adhérent.

Classe A : Galvanisation dite ordinaire – Poids de zinc non défini.

Classe B : Fils surtréfilés après galvanisation. Exemple : fil Ø1 à Ø1,09 = 0,9g par dm²

Classe C : Galvanisation dite épaisse ou double. Fils galvanisés en opération finale. Exemple : fil Ø1 à 1,09 = 1,60g par dm²

Diamètre nominal d (mm) (Diamètre des fils zingués avant enlèvement du revêtement de zinc)	ISO 2232 – 1990 Masse minimale de zinc Grammes par m ²		
	Zingage qualité B	Zingage qualité A	Zingage qualité AB
0,2 ≤ d < 0,25	15	-	-
0,25 ≤ d < 0,4	20	-	-
0,4 ≤ d < 0,5	30	75	60
0,5 ≤ d < 0,6	40	90	70
0,6 ≤ d < 0,7	50	110	85
0,7 ≤ d < 0,8	60	120	95
0,8 ≤ d < 1	70	130	95

Diamètre nominal d (mm) (Diamètre des fils zingués avant enlèvement du revêtement de zinc)	ISO 2232 - 1990 Masse minimale de zinc Grammes par m ²		
	Zingage qualité B	Zingage qualité A	Zingage qualité AB
1 ≤ d < 1,2	80	150	110
1,2 ≤ d < 1,5	90	165	120
1,5 ≤ d < 1,9	100	180	130
1,9 ≤ d < 2,5	110	205	-
2,5 ≤ d < 3,2	125	230	-
3,2 ≤ d < 3,7	135	250	-
3,7 ≤ d < 4	135	-	-
4 ≤ d < 4,5	150	-	-
4,5 ≤ d < 5,5	165	-	-
5,5 ≤ d < 6	180	-	-

GRAISSAGE

La lubrification (également appelée graissage) des câbles est une étape importante de la fabrication des câbles et de leur entretien. Celle-ci doit être répétée tout au long de la durée de vie du câble afin de lui permettre une longévité maximale et ainsi éviter la fragilisation des fils, la friction ou encore la corrosion qui pourraient entraîner une rupture prématurée du câble.

Dans des cas particuliers d'utilisation de câbles secs, il est possible que la lubrification ne soit pas adaptée. Il convient de choisir des compositions de câbles spécifiques à cet usage.

Consulter un technico-commercial Corderie Dor pour plus d'informations.

Types de graissage d'origine des câbles :

La norme ISO 4346-1977 aborde très généralement les exigences de base d'une lubrification correcte, durable, et stable lors de la fabrication des câbles. Un graissage à cœur du câblage est seul en mesure d'assurer une imprégnation durable par une graisse adhérente. Des graissages extérieurs périodiques d'entretien prolongent notablement la durée d'utilisation des câbles.

Type de lubrification	Méthode de lubrification		Câbles concernés	Apparence (Type de graisse)	Commentaires	
Pas de lubrification	Pas de lubrification		Toron galvanisé Câble galvanisé Câble inox	-	Pas de graisse	
	Sec	Fermeture du câble	Pas de lubrification	-	Transparent (Sec)	Un anticorrosion est appliqué pour la protection durant le transport et le stockage. Non collant au toucher
		Torons	Minimum acceptable pour le process puis essuyer si possible	Câble galvanisé		
Âme	Légèrement plus que pour les torons puis essuyer	-				
A-1	Fermeture du câble	Pas de lubrification	Câble galvanisé	Jaunâtre marron (Pétrole - graisse)	Pour application générale des câbles galvanisés	
	Torons	Minimum acceptable pour le process puis essuyer si possible	Câble clair			
	Âme	Légèrement plus que pour les torons - ne pas essuyer	-			
A-2	Fermeture du câble	Pas de lubrification	Câble galvanisé	Jaunâtre marron (Pétrole - graisse)	Pour application générale des câbles galvanisés. Légèrement collant au toucher	
	Torons	Application légère par projection de goutte de graisse sur les fils puis essuyer	Câble clair			
	Âme	Plus importante que sur les torons - ne pas essuyer	-			
A-3	Fermeture du câble	Pas de lubrification	Câble galvanisé	Jaunâtre marron (Pétrole - graisse)	Pour application générale des câbles galvanisés et câbles clairs. Légèrement collant au toucher	
	Torons	Application par projection de goutte de graisse sur les fils puis le toron est plongé dans un bain de lubrifiant	Câble clair			
	Âme	Forte application de lubrifiant - ne pas essuyer	-			
B	Fermeture du câble	Pas de lubrification	-	Noir (Asphaltum - graisse)	Pour application spéciale et/ou le stockage longue durée quand la protection maximum contre la corrosion est nécessaire	
	Torons	Application par projection de goutte de graisse sur la partie interne des torons puis essuyer	Câble clair			
	Âme	Plus importante que sur les torons - ne pas essuyer	-			

Type de lubrification	Méthode de lubrification		Câbles concernés	Apparence (Type de graisse)	Commentaires
C	Fermure du câble	Pas de lubrification	Câble clair	Noir (Asphaltum - graisse)	Mise en place d'une lubrification semi dure : idéale pour les applications type gisement de pétrole
	Torons	Application par projection de goutte de graisse sur les fils lors du toronnage puis le toron est plongé dans un bain de lubrifiant			
	Âme	Forte application de lubrifiant - ne pas essuyer			
D	Fermure du câble	Forte application de lubrifiant - ne pas essuyer après le bain de lubrifiant	Câble clair	Noir (Asphaltum - graisse)	L'espace entre les torons est rempli de graisse. Pour les câbles clairs qui nécessitent une protection maximum contre la corrosion
	Torons	Application par projection de goutte de graisse sur les fils lors du toronnage puis le toron est plongé dans un bain de lubrifiant			
	Âme	Forte application de lubrifiant - ne pas essuyer			
Non collant (C&D)	Graisse spéciale non collante appliquée de la même manière que les lubrifications C & D		Câble clair	Noir (Asphaltum - graisse)	Pour application spéciale en zone tropicale et zone humide. Toucher non collant

Types de lubrification. Source : CELIK HALAT

ALLONGEMENT DES CÂBLES ACIER (MODULE D'ÉLASTICITÉ)

En fonction de l'utilisation du câble, il peut être important de connaître son allongement. L'allongement du câble est une augmentation de sa longueur nominale, consécutive à deux phénomènes :

1 Un allongement initial du câble neuf permanent et définitif, dû au tassement des éléments du câble en début de service.

Pour une mise en tension au 1/5 de la rupture du câble, on peut estimer cet allongement initial pour les compositions classiques en 6 torons :
 À 6‰ pour un câble à âme textile
 À 3‰ pour un câble à âme métallique

Cet allongement permanent augmentera plus ou moins rapidement selon le travail au cours de la vie du câble pour atteindre 5 à 8‰, ou même plus à la dépose. Les câbles haute performance disposent d'un allongement initial moindre.

2 Un allongement élastique en charge dû à l'élasticité de l'acier et à la structure hélicoïdale du câble. Cet allongement disparaît lorsque l'effort sur le câble cesse.

2.1 Formules théoriques de calcul de l'allongement élastique

2.1.1 Allongement en mm

$$\Delta l = \frac{F \cdot L}{S \cdot E}$$

où :

F : Force dans le câble en daN

L : Longueur initiale en mm

S : Section métallique du câble en mm²

E : Module d'élasticité en daN/mm²

Effort dans le brin en daN x longueur initiale en mm = Allongement en mm

Section métallique en mm² x Module d'élasticité daN/mm²

2.1.2 Allongement en %

$$\Delta l = \frac{C \cdot k_r}{E \cdot k_s}$$

où :

C : Classe des fils en N/mm² (ou MPa)

K_r : Coefficient de perte au câblage

E : Module d'élasticité en N/mm² (ou MPa)

K_s : Coefficient de sécurité

Classe des fils en N/mm² x coefficient de perte au câblage = Pourcentage d'allongement

Module d'élasticité en Mpa x Coefficient de sécurité

Module d'élasticité : Allongement élastique.

Le module d'élasticité E est la tendance d'un fil, d'un toron ou d'un câble à s'allonger pour un effort donné. Plus le module est élevé pour une même charge, moins le matériau va s'allonger.

Le tableau ci-dessous donne des valeurs indicatives et moyennes de E pour des câbles neufs. Ces valeurs sont différentes pour chaque composition de câble. Également, pour un même câble, ces valeurs varient selon le pas de toronnage et le pas de câblage. Les nuances d'acier peuvent également affecter ces valeurs.

Composition	daN/mm ²	Mpa
Fil d'acier	20 000	200 000
Monoton de 7 fils	18 000	180 000
Monoton de 19 fils	16 000	160 000
6x7 fils + AM	12 500	125 000
6x19 fils + AM	11 000	110 000
6x36 fils + AM	10 500	105 000
6x19 fils + AT	10 000	100 000
6x36 fils + AT	9 200	92 000
8 torons + AT	12 000	12 000
Nuflex : AT	12 000	120 000

On peut admettre pour simplifier que $1 \text{ daN/mm}^2 = 1 \text{ kg/mm}^2 = 10 \text{ Mpa}$.
Les valeurs exactes sont à obtenir de la câblerie pour chaque câble.

3 L'allongement plastique ou déformation à la fatigue

Lorsqu'il est sur-sollicité, un câble peut entrer dans une zone de travail où l'allongement qu'il va subir va devenir permanent. L'allongement plastique survient lorsque la limite d'allongement élastique est atteinte.

Important : À 60% de la charge de rupture du câble, la limite des fils élastiques est atteinte. Au-delà, le taux d'élongation dépasse le taux d'élasticité. Le câble n'a plus aucune valeur et l'application d'une charge continue quelconque est susceptible d'entraîner la rupture à plus ou moins longue échéance.

DANGER : Déposer le câble si la limite élastique est dépassée.

4 Variation de longueur suivant température

Par °C en + ou - coefficient de variation 1250×10^{-6} soit : $0,0000125 \times \text{longueur initiale } L \times \text{variations en } ^\circ\text{C} + \text{ou } -$

Exemple : soit un câble de diamètre 22mm 6x36 âme métallique neuf, n'ayant jamais été utilisé.
Fils de 160/180 kg/mm², soit 1770 n/mm²
Rupture du câble 30t
Section métallique 223mm²
Longueur du câble 1000m
Température initiale 10°C
Perte au câblage 0,80

Utilisation au 1/5 de sa rupture, soit 6 tonnes (5886 daN) à une température de 10°C atteignant 20°C en fin d'opération.

B1 Allongement en mm

$$\frac{5886 \text{ daN} \times 1000000 \text{ mm}}{223 \text{ mm}^2 \times 10500 \text{ daN/mm}^2} = \frac{5886}{2.3415} = 2513 \text{ mm environ soit } 2,5 \text{ m environ.}$$

B2 Allongement en pourcentage

$$\frac{1770 \text{ n/mm}^2 \times 0.80}{105000 \text{ Mpa} \times 5} = \frac{1416}{525000} = 0.002697 = 1000 \text{ m} = 2.697 \text{ m}$$

Ce qui signifie qu'un tel câble, sous l'effet du coefficient d'utilisation de 5, s'allonge pour 1000 mètres d'approximativement 2,605 mètres (moyenne de B1 + B2)

Effet de la température variant de 10°C à 20°C : $0,0000125 \times 1000 \text{ mètres} \times 10^\circ\text{C} = 0,125 \text{ mètre soit } 125 \text{ mm}$.

L'allongement total est l'addition initiale permanent A + allongement élastique B + allongement dû à la variation de température °C.

ANGLE DE DÉFLECTION

L'angle de déflexion est un paramètre important dans la durée de vie du câble. Au-delà des frottements qui peuvent être générés avec les éléments de l'environnement (qui sont particulièrement néfastes aux câbles), la déflexion entraîne une torsion dans la structure du câble pouvant amener à :

- Une usure prématurée
- L'apparition de dégradations spécifiques et l'atteinte de critères de dépose
- Des complications techniques, autant à l'utilisation qu'aux opérations d'entretiens, de montage et de démontage.

Il diffère selon les familles de câble (et donc compositions) :

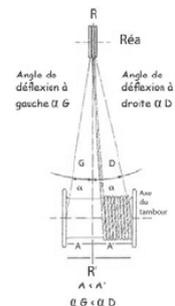
Câble antigiratoire = $\pm 2^\circ$
(suivant EN 16 625)
Distance : poulie / tambour = 14:1
(suivant EN 16 625)



Câble antigiratoire = $\pm 4^\circ$
Distance : poulie / tambour = 7:1



Si l'axe RR' ne coupe pas le milieu de la largeur du tambour, tout en lui étant perpendiculaire; c'est-à-dire : si α droit et α gauche ne sont pas égaux, tenir compte de l'angle α le plus important.



Attaque dissymétrique

Angle de déflexion trop important

Un angle de déflexion α trop marqué entraîne :

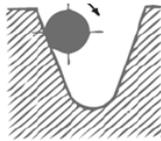


- Une rotation du câble dans le réa, avec usure des fils et risque de destruction
- Une usure de la gorge
- Un enroulement trop serré sur le tambour avec risque d'accumulation d'une flasque

Les enroulements sans angle de déflexion ne sont pas sans danger, il convient de surveiller l'absence de chevauchement du câble sur lui-même.



Usure du réa



Usure du câble

MONTAGE DES CÂBLES DE LEVAGE SUR TREUILS & MACHINES

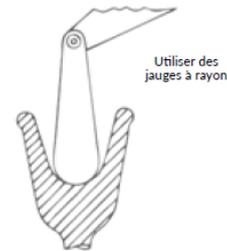
Le montage d'un câble est une opération délicate qui détermine en grande partie sa longévité. Il est nécessaire d'observer les règles énoncées ci-dessous.

1 Contrôler le chemin du câble

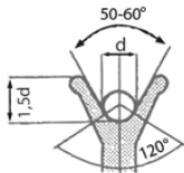
1.1 Les réas et le tambour doivent être inspectés avant montage.

Voici les précautions d'usage :

- Déceler les empreintes négatives ou les déformations de la géométrie de la gorge (creusements provoqués par le câble usagé sur les gorges des réas et sur celles du tambour).
- De même, rechercher les empreintes, arrachements, éclats ou fissures sur les flancs des gorges.
- Vérifier et éviter les surplus de graisse sur les organes de passage ou dans l'environnement immédiat. Tout comme un câble sec a une durée de vie réduite, un graissage trop abondant risque de masquer les dégradations du câble.
- Vérifier l'usure des bagues et des axes des réas.
- Vérifier leur bon alignement.
- Vérifier que les réas tournent librement sans freinage, sur des axes en très bon état.
- Mêmes précautions en ce qui concerne les tambours, l'état de leur surface (lisse ou rainurée).
- La présence de défauts commande obligatoirement la réparation ou le remplacement des pièces.
- Apporter toutes les corrections nécessaires avant le montage du câble neuf.



1.2 Calibrer exactement le diamètre effectif du câble neuf au pied à coulisse sur le sommet des torons. Contrôler l'adaptation câble/gorge des réas et du tambour à l'aide d'une jauge.



Le câble doit reposer sur un arc de 120° à fond de gorge et le diamètre de la gorge doit être entre 5 à 10% supérieur au diamètre nominal du câble (ISO 16625)
L'angle d'écartement des flancs de la gorge des réas doit être entre 50° et 60° et la profondeur de la gorge d'un réa de 1,5 de diamètre du câble.

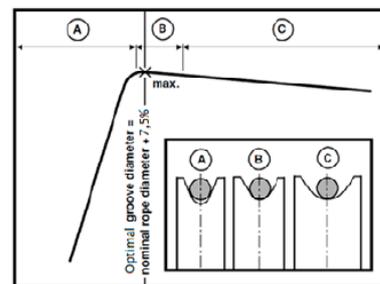
Dimensions des gorges : 3 valeurs à respecter, suivant la norme ISO (2013)

Les gorges des poulies et tambours doivent mesurer :

Au minimum 5% de plus que le diamètre nominal du câble ($r = 0,525d$)

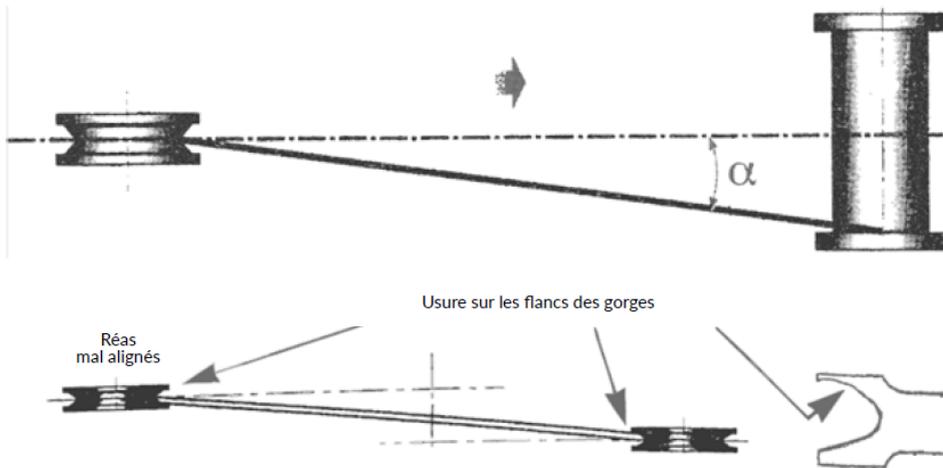
En optimum 7,5% de plus que le diamètre nominal du câble ($r = 0,5375d$)

Au maximum 10% de plus que le diamètre nominal du câble ($r = 0,55d$)



Diamètre de fond de gorge optimal (B)

1.3 Contrôle de l'angle de déflexion α : angle d'attaque de la gorge d'une poulie, ou du tambour par le câble. De part et d'autre du plan de la gorge du réa ou de la perpendiculaire au tambour, l'angle de déflexion doit rester dans les valeurs ci-dessous (voir page « angle de déflexion »).



1.4 Vérifier l'alignement des réas qui doivent être strictement dans un même plan. Toute déviation entraîne la rotation du câble sur son axe : usure et déstructuration du câble et usure de la gorge du réa.

2 Le montage du câble

Le montage ne doit créer aucune contrainte, même minimale au câble neuf.

Ne jamais oublier que toutes les contraintes imposées au câble sont susceptibles d'entraîner des déformations et dégradations qui apparaissent plus ou moins rapidement en service.

2.1 Si le câble neuf n'est pas inerte au déroulement, il doit être allongé entièrement en ligne, pour éliminer toute torsion et tension. Dans ce cas, il doit reposer sur des rouleaux en nombre suffisant pour ne pas subir de nouvelles contraintes au montage.

2.2 Lorsqu'un appareil est démonté puis remonté – en particulier une grue – il n'est pas conseillé de l'équiper avec le câble déposé. Ceci est également valable même lorsque celui-ci semble en bon état. Ce câble a subi des contraintes dues à son service et aux manipulations, contraintes dont les conséquences sont imprévisibles après un nouveau montage.

2.3 Le touret ou la bobine de câble neuf doivent tourner sans difficulté, mais lentement sur un axe horizontal, avec un système de freinage pour éviter qu'il ne s'emballe. Ce système de freinage doit être appliqué sur la bobine ou le touret, mais jamais sur le câble lui-même.

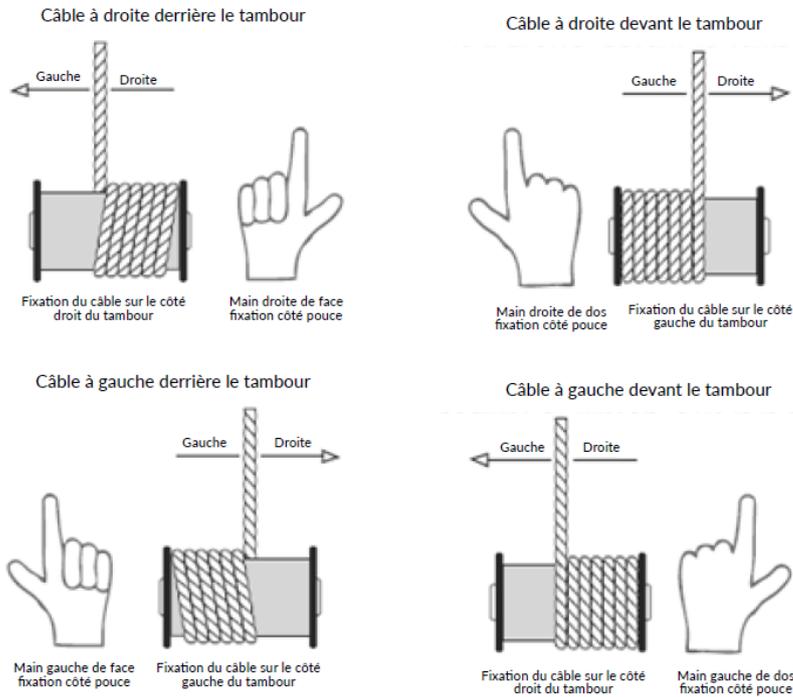


2.4 Éviter toute inversion du sens d'enroulement, le câble accumulerait de la torsion interne et serait donc inutilisable avant la première opération.

2.5 Enroulement sur tambour

2.5.1 Tambour lisse

Selon le sens de câblage du câble droite ou gauche (selon ISO 4308)



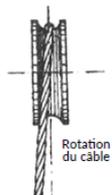
Pour un tambour qui reçoit plusieurs couches de câble, choisir un sens de câblage en fonction de la couche la plus sollicitée, ou bien en fonction du sens d'enroulement dans le mouflage. Lors de l'enroulement sur le tambour en multicouches, il convient d'appliquer un effort de freinage sur la bobine ou le touret de déroulage de manière à faire subir au câble une tension de 5% de sa charge de rupture.

2.5.2 Tambour rainuré

Déterminer le sens de l'hélice gravée sur le tambour

Hélice à gauche – câble à droite

Hélice à droite – câble à gauche



2.6 Le touret du câble à monter doit être disposé à une distance suffisante de l'appareil à équiper et dans l'axe convenable de façon à éviter un angle de déflexion trop important, pouvant provoquer une rotation du câble selon son axe, rotation qui peut entraîner sa déformation en service. La distance minimum peut être estimée pour un enroulement direct sur un tambour à 25 ou 30 fois la largeur de ce tambour.



2.7 Pour la même raison, il est essentiel de veiller à ce que le touret du câble neuf soit orienté de façon à éliminer un angle de déflexion sur les réas de la machine à équiper (chariot de grue ou tête de flèche). Il convient également de veiller à ce que la moufle de levage déposée à terre soit convenablement orientée et toujours dans ce même plan.

2.8 Pendant le montage, le câble doit être maintenu sous tension (un quart de sa charge nominale) afin d'obtenir un enroulement régulier sur le treuil, sans relâchement sur le trajet de montage pour éviter les boucles, les à-coups et déraillements. Un câble monté sans tension sur un tambour multicouche risquerait de passer au travers des couches inférieures et resterait bloqué. La tension permet d'homogénéiser les couches inférieures et de rendre le câble plus compact avec une forme arrondie pour un bon enroulement. A contrario, un câble sans tension aurait tendance à s'ovaliser et lancer de l'espace entre les différents tours d'enroulement sur le tambour avec un risque de coincement.

2.9 L'enroulement sur le treuil de la machine doit se faire lentement, dans le sens approprié avec une tension régulière. Les spires doivent se placer régulièrement en surveillant particulièrement le passage d'une couche sur l'autre. Il faut absolument éviter les creux ou les vallées).

3 Guidage du câble neuf

Ne pas souder l'extrémité du câble neuf à celle du câble à remplacer. En effet, toutes les contraintes accumulées par le câble pourraient, par cette soudure, de transmettre au câble neuf et entraîner des déformations soit immédiates soit, le plus souvent, après un temps de service.

Montage des câbles de levage sur treuils et machines

3.1 Une première solution peut consister à équiper les extrémités du câble neuf et du câble ancien à relier avec une chaussette tire-câble longue chacun, les boucles des chaussettes étant reliées par une ligne souple (nylon ou câblette en acier à deux brins) d'une longueur suffisante pour absorber les torsions sans les transmettre.

La longueur de la ligne souple doit être d'environ 1% de la longueur du câble à mettre en place, au minimum elle devra mesurer 1 mètre. La ligne souple fait office d'émerillon et permet d'évacuer la torsion présente dans le câble à déposer.

Note : une torsion excessive de la câblette (formation de multiples coques) peut être révélatrice de défauts de la machine et d'une présence de facteurs de torsion trop conséquente.



L'idéal est d'utiliser un anneau de montage brasé sur toute la section du câble (de l'âme aux torons extérieurs) pour répartir l'effort sur l'ensemble des torons et éviter tout glissement.



3.2 L'utilisation d'un seul tire-câble manchon, maintenant à lui seul les deux câbles, est aussi préjudiciable que la soudure bout à bout. Ne pas utiliser des chaussettes manchon, mais utiliser une paire de chaussettes.

3.3 Dans le cas où il n'est pas possible d'utiliser le câble usagé pour tirer en place le câble neuf, le remplacer par une ligne textile de diamètre comparable qui suit le même trajet et qui est entraînée par le treuil de la machine. Cette ligne souple s'attache à l'œil de la chaussette ou à l'anneau de montage placé à l'extrémité du câble neuf qu'elle guide sans lui imposer de contraintes.

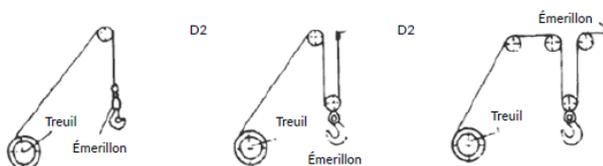
4 Fixation de l'extrémité du câble

Deux catégories de câbles sont à considérer :

- D'une part, les câbles à 6 ou 8 torons, et de manière générale tous les câbles dont tous les torons, sont câblés dans le même sens suivant la même spirale.
- D'autre part, les câbles dits antigiratoires ou Nuflex, à couches de torons câblés dans des sens différents, suivant des spirales opposées.

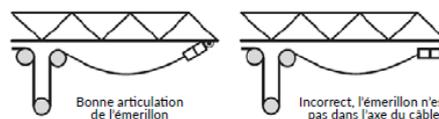
4.1 Les câbles à 6 torons et à 8 torons, préformés ou non, âme textile ou métallique, doivent être maintenus à leur point fixe pendant leur période de rodage sur la machine par une boîte à coin, ou un axe, ou une attache qui les empêchent de tourner sur eux-mêmes, de façon à ne pas libérer la spirale de leur câblage, ce qui entraînerait leur destruction. Ne pas les fixer sur un émerillon même quand ils travaillent sur un brin.

4.2 Les câbles antigiratoires, Nuflex, à couches opposées, doivent au contraire être reliés à leur point fixe pendant le rodage par un émerillon très sensible tournant en charge à la moindre sollicitation, pour permettre à leurs couches opposées de s'équilibrer constamment en fonction des sollicitations dues à la charge, à la hauteur du levage, à la vitesse de défilement du câble, etc. Cet émerillon est à bloquer après la période de rodage.



Seuls ces câbles dits antigiratoires doivent être munis d'un émerillon à leur extrémité, émerillon à débloquer en période de rodage. Les émerillons restent libres pendant l'utilisation du câble antigiratoire et leur libre rotation doit faire l'objet d'une surveillance minutieuse.

4.2.1 Pour les grues à tour, cet émerillon doit être monté sur un axe pivotant, articulé de façon à toujours pouvoir rester en ligne avec le câble. Cet émerillon n'est pas une partie de la structure de la grue, mais fait partie du mouflage lui-même. Cet émerillon doit pouvoir fonctionner pendant la période de rodage. Les émerillons restent libres pendant l'utilisation du câble antigiratoire et leur libre rotation doit faire l'objet d'une surveillance minutieuse.



4.2.2 Câbles antigiratoires

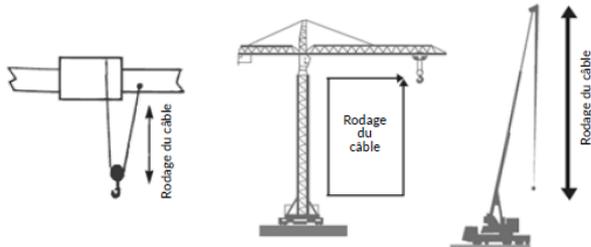
Par effet d'un angle de déflexion maximum aux extrémités du tambour, le câble a tendance à tourner en abordant le premier réa de son chemin. Cette torsion doit être évacuée, ce qui n'est possible uniquement si elle peut voyager tout au long, par toutes les poulies, jusqu'à l'émerillon en bout de câble. Si la torsion est bloquée par un réa qui ne tourne jamais ou très peu, elle s'accumule et l'on constate alors une rotation caractéristique de la moufle mobile lorsqu'elle est déchargée.

Pour évacuer cette torsion, déplacer le chariot sur toute la longueur de la flèche, avec des mouvements de montée et de descente, autant de fois que nécessaire, pour que le câble fasse fonctionner tous les réas. Tous ces mouvements doivent se faire à vitesse réduite. Les émerillons restent libres pendant l'utilisation du câble antigiratoire et leur libre rotation doit faire l'objet d'une surveillance minutieuse.

5 Rodage des câbles

5.1 Un câble mis en place, l'appareil doit être manœuvré à vitesse réduite et dans toute l'amplitude des mouvements possibles, d'abord avec une charge légère, à augmenter ensuite jusqu'à la charge de service après plusieurs manœuvres. Ceci permet aux éléments du câble de se placer progressivement. Ne pas travailler en surcharge pour ce rodage. Il peut être nécessaire de débrancher du point fixe l'extrémité cossée ou avec une boîte à coin et de la laisser tourner pour éliminer une surtorsion éventuelle, à la suite de ces mouvements de rodage du câble. Cette opération peut être répétée à plusieurs reprises. Si des surtorsions persistent, vérifier les alignements et contrôler les angles de déflexion.

5.2 Si le câble présente des nodosités, des boursouflures, des segments sinueux ou des étranglements, le câble a subi des contraintes au montage : pliures, boucles sur lesquelles on a tiré, d'où amorce de coque. Le câble est à déposer et à changer. (ISO 4309)



6 Conduite des câbles

6.1 Ne pas travailler en aveugle. Risque de boucles et coques, et de déraillement de câble entre les réas et les guides.

6.2 Si le treuil ne suit pas les mouvements latéraux de la flèche de l'appareil, ne pas faire de rotation de plus d'un tour dans le même sens (grue à tour)

6.3 Ne pas poser le moufle ou le croc de levage à terre pour éviter un renversement avec risque de coincement ou de pincement du câble à la reprise.

6.4 Toujours laisser le câble en acier avec une certaine tension. Le poids de la moufle doit être suffisant pour que cette tension évite les boucles ou les déraillements du câble au démarrage. Également le poids de la moufle doit être suffisant pour assurer sa descente à vide et obtenir cette tension.

6.5 Le câble doit être bien fixé sur le tambour. Le câble étant déroulé au maximum en condition de travail, il doit rester au moins trois tours sur le tambour.

6.6 Éviter les manœuvres brusques, les accélérations excessives et les à-coups.

6.7 Si la distance entre un réa et le tambour du treuil, ou entre des réas, est trop importante, le câble peut se mettre à battre et à vibrer. Pour éviter ce phénomène qui entraîne des ruptures de fils et peut détruire le câble, installer un réa intermédiaire.



6.8 Graissages réguliers, inspections périodiques : voir maintenance, et critères de dépose.

ANGLE DE DÉFLECTION

1 Mouflage

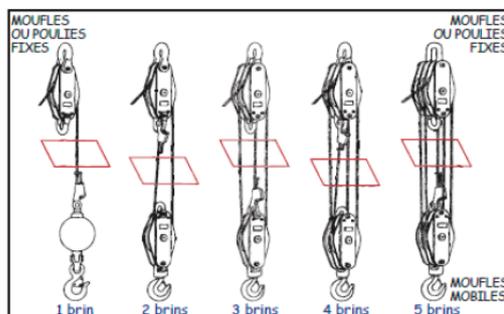
Un mouflage est un système de hissage permettant de réduire l'effort nécessaire pour soulever une charge. L'avantage mécanique obtenu est basé sur la théorie de l'effet poulie. Le levage de la charge se fait par plusieurs brins de câble, afin de démultiplier l'effort de traction.

1.1 Nombre de brins ou garants d'un mouflage

Ne considérer que le nombre de brins inscrits dans les cadres.

Le brin tirant vers le treuil n'est pas compris dans ce nombre.

Le brin tirant est le brin moteur, mais il ne participe pas à l'effort de mouflage entre les moufles.



1.2 Recherche du nombre de brins suffisants :

$$\frac{\text{Charge en kg}}{\text{Effort au brin en kg}} = \text{Coefficient} \rightarrow \text{Nombre guide (voir Tableau 1)}$$

Exemple : $36000\text{kg}/4000\text{kg} = 9$

Le coefficient 9 est à rapprocher du nombre guide le plus voisin du tableau.

Sur réa BB -> 9,11 = 12 brins

Sur réa RB -> 8,98 = 10 brins

Le brin tirant (treuil) n'est pas compris dans le décompte des brins de mouflage.

1.3 Effort au brin tirant (treuil)

L'effort au brin tirant est celui du brin qui va au treuil.

Charge en kg = 36 000kg/6 brins : nombre guide

Réa BB $36000/5,16 = 6,976$ kg soit 7t

Réa RB $36000/5,60 = 6,428$ kg soit 6,5t

1.4 Capacité de levage

Nombre de brins -> nombre guide x effort au brin tirant (treuil) en kg

Exemple : 4 brins pour 5000 kg

Réa BB $5000 \times 3,59 = 17950$ kg

Réa RB $5000 \times 4,71 = 23550$ kg

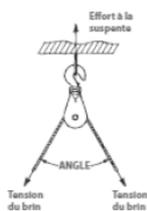
Nombre guide / brins

Le brin tirant vers le treuil n'est pas compris dans ce nombre.

Réas bague bronze BB nombre guide	Réas s/roulement RB nombre guide	Nombre brins de câble
0,96	0,98	1
1,87	1,94	1
2,75	2,88	3
3,59	3,81	4
4,39	4,71	5
5,16	5,60	6
5,90	6,47	7
6,60	7,32	8
7,27	8,16	9
7,91	8,98	10
8,52	9,79	11
9,11	10,6	12
9,68	11,4	13
10,2	12,1	14
10,7	12,9	15
11,2	13,6	16
11,7	14,3	17
12,2	15,0	18
12,5	15,7	19
13,0	16,4	20

Nombre guide / brins

2 Effort à la suspenste d'une poulie à un réa



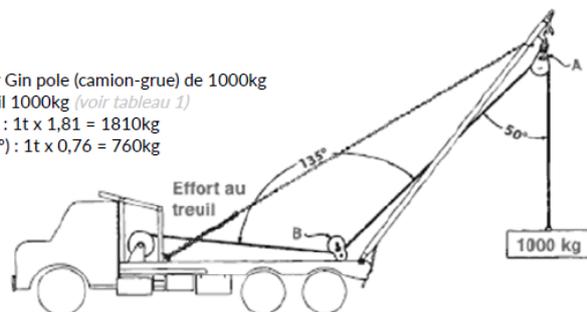
L'effort maximal applicable à la suspenste est en fonction de la charge et de l'angle formé entre le brin de câble soumis à la charge et le brin soumis à l'effort exercé.

Exemple pour Gin pole (camion-grue) de 1000kg

Effort au treuil 1000kg (voir tableau 1)

Poulie A (50°) : $1\text{t} \times 1,81 = 1810\text{kg}$

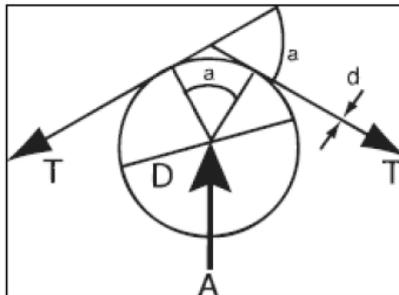
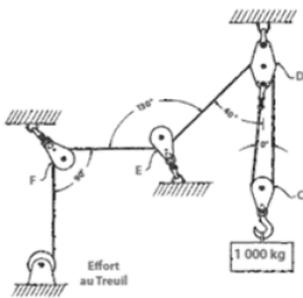
Poulie B (135°) : $1\text{t} \times 0,76 = 760\text{kg}$



Angle	Coefficient
0°	2,00
10°	1,99
20°	1,97
30°	1,93
40°	1,87
45°	1,84
50°	1,81
60°	1,73
70°	1,64
80°	1,53
90°	1,41
100°	1,29
110°	1,15
120°	1,00
130°	0,84
135°	0,76
140°	0,68
150°	0,52
160°	0,35
170°	0,17
180°	0,00

Effort à la suspente

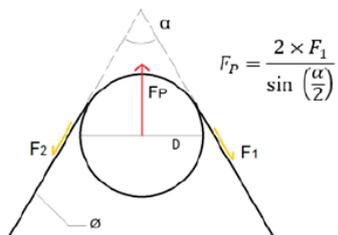
Exemple pour système de levage 1000kg
 Effort du câble 1t / 2 brins = 500kg
 C : 500kg x 2 = 1000kg
 D : 500kg x 1,87 = +500kg brin fixe = 1,435kg
 E : 500kg x 0,84 = 420kg
 F : 500kg x 1,41 = 705 kg



3 Passage des câbles sur réas

Pour les rapports de diamètre poulie/câble, se référer à l'ISO 16625.

3.1 Effort à l'axe en kg



3.2 Tension de flexion dans un câble

Lorsqu'un câble passe sur un réa, il subit une tension supplémentaire due à l'enroulement.

$$F = \frac{Ec \times S \times d}{D}$$

F : Tension en flexion kg

Ec : module d'élasticité kg/mm²

S : Section métallique mm²

d : Diamètre fil couche extérieure en mm

D : Diamètre d'enroulement mm (D réa)

Il est à remarquer que le module d'élasticité Ec augmente quand le câble a travaillé un certain temps. Prendre la valeur de Ec augmentée de 20%.

3.3 Pression p sur la gorge en kg par mm²

La pression dépend de la tension du câble T1 et T2 (kg), du diamètre du réa à fond de gorge D (mm) et du diamètre du câble d (mm).

$$P = \frac{T1+T2}{Dmm \times dmm}$$

p est indépendant de l'arc de contact. En fait, ce sont les fils extérieurs qui sont au contact du réa.

3.4 Influence de la capacité de résistance du câble

(Attention, il s'agit de câbles de treuil, et non de câbles dormants – voir tableau Capacité de résistance par rapport à la charge de rupture)

Exemple : 1 câble de diamètre 18mm – Charge rupture 20,6t

- Sur un réa Diamètre 396mm = 396/18 = 22 soit indice 0,91

Rupture résiduelle 20,6t x 0,91 = 18,746t

- Sur un réa Diamètre 180mm = 180/18 = 10 soit indice 0,86

Rupture résiduelle 20,6t x 0,86 = 17,716t

Ratio B	Indice CR x par
30	10,0
25	6,6
22	5,0
20	3,8
18	2,9
16	2,1
14	1,5
12	1,1
2	0,65
1	0,50

Capacité de résistance par rapport à la charge de rupture

Ratio A	Indice CR x par
40	0,95
30	0,93
22	0,91
15	0,89
10	0,86
8	0,83
6	0,79
4	0,75
2	0,65
1	0,50

Capacité de résistance par rapport à la charge de rupture

3.5 Fatigue d'un câble

Pour déterminer le capital fatigue d'un câble, une étape de mesure doit être menée au cours de laquelle l'effort normal de traction dans le câble et l'effort de flexion dans le câble sont mesurés de façon synchronisée.

Diamètre du réa mm D = ratio B

Diamètre du câble d mm

Un indice 10 n'a pas d'influence sur la vie du câble.

Un indice 1,1 a une influence sévère sur la vie du câble

Exemple d'incidence de diamètre du réa sur la durée de vie d'un câble :

1 câble de Diamètre 18 sur un réa :

• Diamètre 360/18 = B = 20 soit indice de 3,8

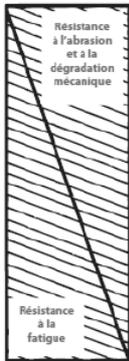
• Diamètre 540/18 = B = 30 soit indice de 10

Résultat : La durée relative d'utilisation dans les mêmes conditions de travail d'un câble de diamètre 18mm avec un réa de 540mm au lieu de 360mm, peut être de 10/3,8 = 2,63 fois plus importante.

3.6 Adaptation des câbles en fonction des gorges de réas et de tambours :

La classification des câbles se fait en fonction de la résistance à la fatigue ou de la résistance à l'abrasion et à la dégradation mécanique. En somme, si le choix se porte sur une forte résistance à l'abrasion, la résistance à la fatigue sera réduite.

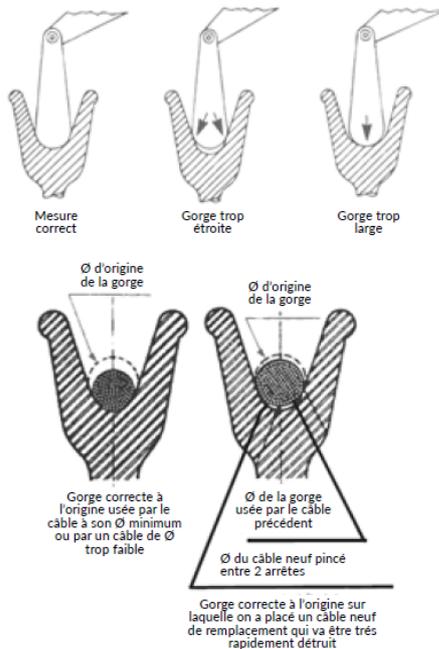
Au contraire, si le câble témoigne d'une bonne résistance à la fatigue, une dégradation à la résistance à l'abrasion sera observée.



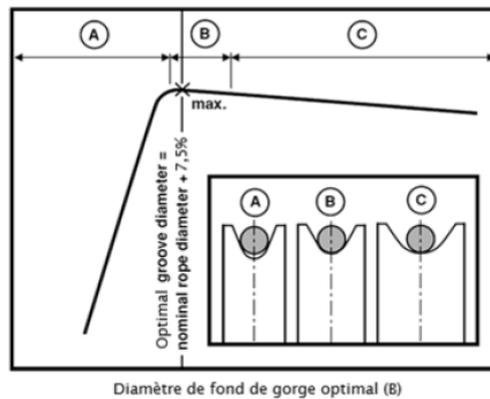
- 6x7 fils (forte résistance à l'abrasion)
- 6x19 seale
- 6x21 Filler(F)
- 6x19 Warrington
- 6x25 Filler(F)
- 6x26 Warrington/Seale
- 8x19 seale
- 6x31 Warrington/Seale
- 8x25 Filler(F)
- 8x26 Warrington/Seale
- 6x36 Warrington/Seale
- 6x41 Warrington/Seale
- 8x31 Warrington/Seale
- 8x36 Warrington/Seale
- 8x41 Warrington/Seale

3.7 Comment établir une mesure d'une gorge à la jauge :

Callibrage d'une gorge à la jauge



Courbe d'usure du câble en fonction du diamètre de fond de gorge



Rappel dimension des gorges.
 ISO 4309 (2010) et EN16625 (2013)
 Minimum : 5% du diamètre nominal du câble ($v=0,525d$)
 Optimum : 7,5% du diamètre nominal du câble ($v=0,5375d$)
 Maximum : 10% du diamètre nominal du câble ($v=0,55d$)

Critères de choix d'un câble acier :

1. Usage auquel est destiné le câble : levage, tirage - type de machine
2. Diamètres des poulies et tambours sur lesquels il passe ou s'enroule avec schéma de leurs positions relatives. Mesure des gorges des réas et tambour
3. Présence ou absence de rainures du tambour
4. Charge réellement supportée, en indiquant de quelle façon et sur combien de brins s'il y a mouflage; dans le cas d'un levage; hauteur maximale de levée.
5. Sens d'enroulement sur le tambour du treuil
6. L'enroulement sur le tambour se fait-il en une ou en plusieurs nappes
7. Fréquence des manœuvres
8. Vitesse de travail
9. Conditions du travail (corrosion, usure, chocs, température)
10. Observations particulières : Dans le cas où la satisfaction a été obtenue avec des câbles précédemment affectés au même service, il est recommandé d'en préciser les caractéristiques ou, mieux encore, d'en adresser un tronçon de 0,20m environ, prélevé dans une partie quelconque, même usagée.

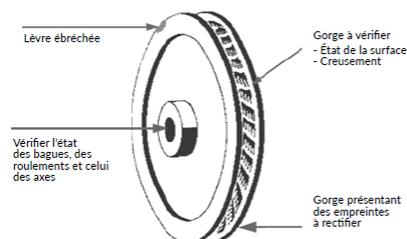
ADAPTATION CÂBLE RÉAS ET TAMBOURS

1. Il est indispensable de vérifier périodiquement la géométrie des gorges des réas ou des tambours rainurés à l'aide de jauges à rayon et leur état. Toujours jauger la gorge avant de placer un câble neuf (1) pour vérifier la bonne adaptation (2). Une gorge trop étroite, pince le câble (3). Une gorge trop large le laisse s'écraser (4). Le diamètre du câble diminue à l'usage, et creuse la gorge suivant le diamètre minimum. Si l'on place un câble neuf sur une gorge creusée sans la rectifier, ce câble est pincé entre deux mors latéraux qui provoquent très rapidement la rupture de ses fils (5).
2. Les gorges de poulies fortement chargées, ou de treuils, peuvent présenter une empreinte des torons (empreinte négative) et même une empreinte des fils du câble usagé. Si l'on place sur ces empreintes un câble neuf, il repose sur une série d'arêtes qui provoquent une usure accélérée (5). De même, la surface des tambours lisses doit être surveillée fréquemment pour éviter que des altérations ne blessent le câble neuf.
3. Dans le cas où l'entraînement du câble est assuré par des moufles à plusieurs réas, veiller très soigneusement aux diamètres des réas à fond de gorge. Lorsqu'une gorge s'use plus vite que les autres, il se produit un effet de treuil différentiel qui soumet le câble à des efforts considérables entraînant la rupture. Sur les dispositifs de mouflage, ne monter que des réas aux diamètres à fond de gorge absolument identiques.
4. L'acier des réas et des tambours doit être adapté à la nuance d'acier du câble (à titre d'exemple, la dureté de fond de gorge d'un réa est d'environ la moitié de la dureté du câble). Les réas en polyamide ou matériaux similaires peuvent présenter certains avantages, car ils usent moins les câbles et n'ont pas d'inertie notable au démarrage des mouvements. Il est indispensable de vérifier très souvent l'état des gorges et de prêter attention à ce que la poulie de tête soit en acier pour user un minimum les fils extérieurs du câble (critère de dépose - ISO 4309). Sans usure des fils extérieurs, il est conseillé d'effectuer des contrôles magnétiques dans le but de vérifier l'état interne du câble.

Pour la réglementation en termes de diamètres de tambours et poulies, se référer à l'ISO 16625.

Cette réglementation ne concerne pas tous les secteurs d'activité bien qu'elle couvre un très large champ d'applications.

Pour d'autres applications que le levage, et pour des vitesses de rotation plus faibles, on peut admettre d'autres rapports Diamètre réa/ Diamètre câble. En fonction de la classe FEM de la machine, les rapports d'enroulement sont à adapter.



ÉMERILLONS

L'usage des émerillons sur butée tournant, librement en charge au point de la fixation du câble est à déconseiller d'une façon générale, sauf en ce qui concerne les câbles antigiratoires, câbles pour lesquels l'utilisation d'un émerillon peut être utile en période de rodage du câble.

Les émerillons restent libres pendant l'utilisation du câble antigiratoire et leur libre rotation doit faire l'objet d'une surveillance minutieuse. Dans le cadre de l'utilisation d'un câble non antigiratoire, l'utilisation d'un émerillon est à proscrire.

QUELQUES EXEMPLES D'INCIDENTS SUR CÂBLES ACIER

Il convient de rechercher la cause de la détérioration du câble pour une mise en place d'action corrective. Attention, un câble abîmé ne doit pas être maintenu en service - ISO 4309 (2018)

Incidents	Causes possibles (non-limitatif)	Corrections
Brûlure - Echauffement	Réa trop lourd / Galets grippés	Remplacer par réa plus léger Graisser ou remplacer
Brûlure ou abrasion	Réas grippés	Lubrifier les réas Regraisser et rectifier les gorges
Brûlure ou écrasement	Câble raguant sur un obstacle	Dégager le chemin de câble
Âme textile brûlée et rompue	Chaleur excessive	Utiliser un câble à âme métallique

Corrosion	Vapeurs acides, soufrées, ou atmosphère salines	Graisser fréquemment
Corrosion et rouille	Câbles secs non graissés	Lubrifier plus fréquemment
Câbles ondulés avec usure	Réas trop tendres Galets et tambours trop tendres	Utiliser des réas, galets et tambours plus durs
Ecrasement	Croisement du câble sur le tambour Tambour trop plein	Reprendre l'enroulement sur le tambour avec un câble de diamètre adapté Utiliser un câble plus court ou de diamètre inférieur ou un tambour de plus grande capacité
Ecrasement et entaille	Câble endommagé par un impact	Manœuvrer avec plus de précautions
Détorsion	Extrémité du câble mal coupée Réa à gorge trop large Emerillon sur câble non-antigiratoire	Ligaturer correctement avant de couper Remplacer les réas ou utiliser un câble de diamètre approprié Vérifier l'angle de déflexion
Fatigue, déformation ou fils cassés	Réa qui oscille	Remplacer les portes usées Remplacer les axes
Fatigue prématurée avec rupture de fils	Flexions alternées trop rapprochées	Augmenter les distances entre les réas Utiliser des réas de diamètre plus important
Fatigue et rupture de fils	Réas et tambours trop petits	Réas et tambours de diamètre plus important
Fatigue et rupture de fils	A-coups aux démarrages, arrêts brusques ou coups de fouet	Contrôler la manœuvre
Fatigue et rupture de fils	Roulements du tambour défectueux Réas défectueux Embrayage coincé	Entretien correct du mécanisme du treuil
Pincement, écrasement et brûlures	Gorge des réas trop étroite	Remplacer ou retailler les réas
Rupture du câble	Surcharge - Très souvent mauvaise utilisation	Vérifier l'utilisation
Câble grignoté	Galets trop petits	Mettre des galets plus grands
Le câble saute ou casse	Lèvres des gorges ébréchées	Remplacer immédiatement les réas
Torons extérieurs qui s'écartent	Embouts mal sertis - Vérifier les angles de déflexion Ligature insuffisante	Fixer correctement les accessoires d'extrémité Vérifier le trajet du câble
Durée trop brève du câble	Mauvais choix du diamètre, de la construction, ou de la résistance du câble	Mettre un câble approprié Vérifier l'angle de déflexion
Détoronnage du câble	Emerillon en extrémité de câble Lang (sauf antigiratoire) ou extrémité non-fixée	Modifier la fixation ou utiliser un câble préformé ou à plastification interne
Détoronnage ou resserrement du câble	Le câble se coince contre un obstacle fixe	Libérer le chemin du câble
Usure excessive	Gravier et sable	Nettoyage et lubrification fréquents
Usure excessive du câble et des réas	Réas non-alignés Réas et câble non-adaptés	Réaligner les réas correctement

EXEMPLES DE RUPTURE DE FILS



COQUES

Éviter les coques formées en tirant sur les boucles.
Déformation des fils et des torons et disparition de l'équilibre du câble.



Le câble est ruiné

SURVEILLANCE DES CÂBLES EN ACIER ET CRITÈRES DE DÉPOSE

Le tableau indique les défauts pouvant se produire ainsi que les critères de dépose correspondants. Les Figures D.1 à D.20 illustrent un exemple type de chacun des défauts.

Figure	Défauts se produisant sur un câble	Paragraphe dans la présente Norme internationale
D.1	Extrusion de fils	3.5.11.5
D.2	Extrusion de l'âme, câble monotoron	3.5.11.4
D.3	Diminution locale du diamètre du câble (toron creux)	3.5.7
D.4	Extrusion de torons	3.5.11.4
D.5	Aplatissement	3.5.11.7
D.6	Coque (positive)	3.5.11.8
D.7	Coque (négative)	3.5.11.8
D.8	Déformation en tire-bouchon	3.5.11.2
D.9	Déformation en panier	3.5.11.3
D.10	Usure externe	3.5.8
D.11	Agrandissement (figure D.10)	3.5.8
D.12	Corrosion externe	3.5.10.2
D.13	Agrandissement (figure D.12)	3.5.10.2
D.14	Fils cassés au niveau des « parures »	3.5.2
D.15	Fils cassés au niveau des « sillons » (parfois appelés goussets ou interstices)	3.5.2
D.16	Extrusion du câblage intérieur d'un câble antigiratoire	3.5.11.4
D.17	Augmentation locale du diamètre du câble due à l'extrusion de l'âme	3.5.11.6
D.18	Coque	3.5.11.8
D.19	Aplatissement	3.5.11.7
D.20	Corrosion interne	3.5.10.3



Figure D.1 - Extrusion de fils



Figure D.4 - Extrusion de torons



Figure D.2 - Extrusion de l'âme, câble monotoron



Figure D.4 - Extrusion de torons



Figure D.3 - Diminution locale du diamètre du câble (toron creux)



Figure D.6 - Coque (positive)



Figure D.7 - Coque (négative)



Figure D.12 - Corrosion externe



Figure D.8 - Déformation en tire-bouchon



Figure D.13 - Agrandissement de la figure D.12



Figure D.9 - Déformation en panier



Figure D.14 - Fils cassés au niveau des parures



Figure D.10 - Usure externe



Figure D.11 - Agrandissement de la figure D.10



Figure D.15 - Fils cassés au niveau des sillons
(parfois appelés goussets ou interstices)



Figure D.16 - Extrusion du câblage intérieur d'un câble antigiratoire



Figure D.19 - Partie aplatie



Figure D.17 - Augmentation locale du diamètre du câble due à l'extrusion de l'âme

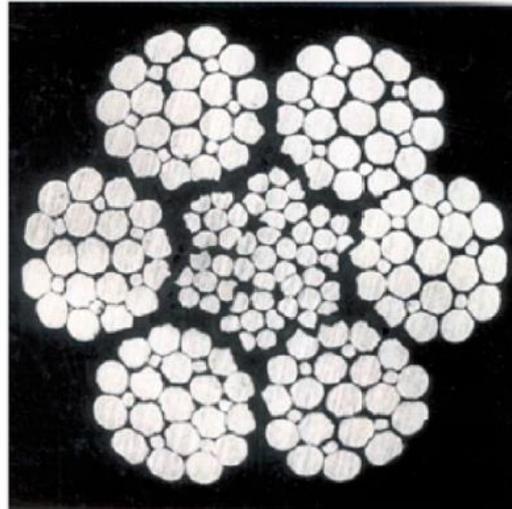


Figure D.20 - Corrosion interne

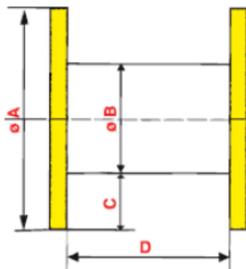


Figure D.18 - Coque

MAINTENANCE DES CÂBLES EN ACIER

1 Transport et stockage

Il est indispensable de transporter et/ou stocker les câbles à l'abri des intempéries et de la poussière, au sec à l'écart de toute substance corrosive ou oxydante



Capacité des bobines

ØA, ØB, C et D : dimensions de la bobine en mm

d : diamètre du câble en mm

L : Longueur du câble

$$\text{Capacité bobine } L = (C \times D \times (B + C) \times \pi \times 0,9) / d^2$$

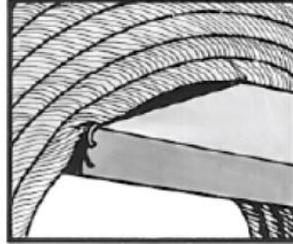
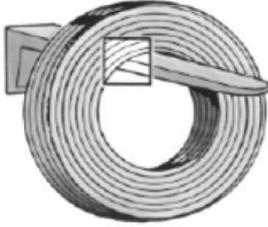
Exemple :

Bobine : A= 100cm. B= 50cm. C= 25cm. D= 50cm. Diamètre du câble : 16mm.

$$L = (25 \times 50 \times (50 + 25)) / 16^2 \times 3,14 \times 0,9 = 1035 \text{ mètres.}$$

Attention :

- Ne jamais remplir complètement la côte A pour protéger le câble.
- Attention aux fourches des chariots élévateurs
- Ragage sur les flancs des rouleaux de câble
- Marquage par les arêtes sur les couronnes
- Il ne faut pas blesser le câble lors de son transport. Il faut notamment éviter que les fourches des chariots élévateurs (angles vifs) soient en contact direct avec les câbles.



- Il est préférable de transporter les bobines de câble en les reprenant par leurs axes ou, plus simplement en les transportant sur des palettes.
- Il est conseillé de stocker les câbles suivant la méthode FIFO (First In - First Out) pour ne pas garder en stock les câbles les plus anciens.
- Dans le cas où les câbles seraient stockés en extérieur, il est préférable de les couvrir avec une bâche de protection afin qu'ils ne soient pas exposés aux aléas climatiques.

Nota : l'air doit circuler entre les câbles et le produit qui les couvrirait, afin d'éviter tout risque de condensation sous la couverture.

2 Coupe

Une coupe se fait entre deux ligatures en fil d'acier de chacune de 1,5 à 3mm minimum de longueur, à spires serrées, jointives, sous tension, à enrouler dans le sens opposé au sens de câblage du câble, espacées d'un demi-diamètre du point de coupe à réaliser au disque.

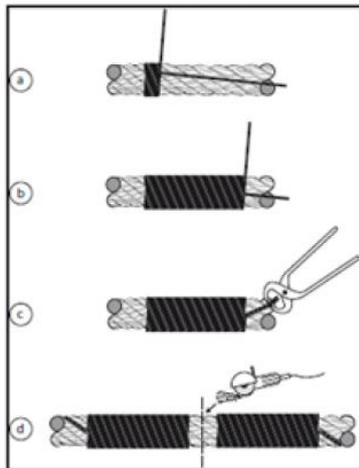
Une bonne ligature est toujours indispensable.

Pour les câbles à structure complexe (par exemple : antigiratoires), ou à gros fils, et pour les câbles de diamètre important, prévoir 3 ou 4 ligatures de chaque côté de la coupe à pratiquer, espacées de 1 Ø

Ø câble	Ø fil de ligature
12	0,5 - 0,8
13-20	1 - 1,5
21-30	1,5 - 2,2
31-40	1,8 - 3
41-50	2,2 - 3,2
51 et +	2,2 - 3,2

Fils de ligature en acier recuit

Étape de réalisation de ligature sur un câble :



3 Graissage

La qualité du graissage à la fabrication est capitale. Il doit être effectué à cœur. Le graissage réduit les frictions internes des éléments constitutifs, fils et torons, lors des mises en tension et lors des flexions, et les frictions externes sur réas, tambours et guides. Il assure en outre une protection contre la corrosion. À la fabrication, ses qualités et caractéristiques peuvent être choisies suivant la destination du câble.

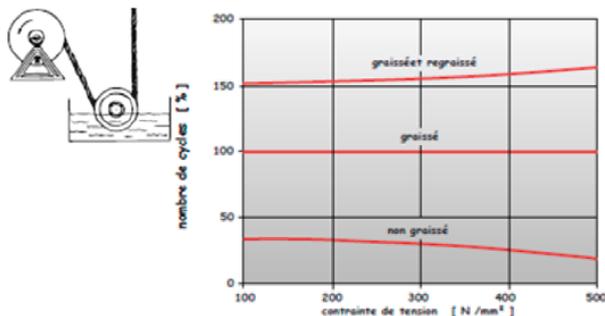
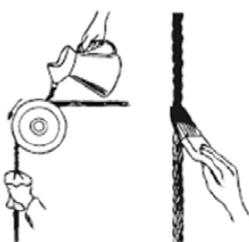
Le graissage d'origine doit être complété dès la mise en service et ensuite périodiquement en fonction du travail du câble, et en particulier sur les secteurs à des flexions.

La fréquence des graissages est une question d'appréciation, il convient d'éviter que le câble ne devienne « sec ». Pour un câble de mouflage, un graissage régulier et correct peut prolonger la durée de vie de 50% et la doubler par rapport à un câble « sec ».

Corderie Dor est en mesure de fournir des produits de graissage efficaces et hydrofuges, qui pénètrent dans la structure du câble telle que la graisse CE-PLATTYN.

Le graissage peut se faire :

Soit par contact



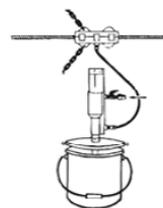
Soit par machine de graissage sous pression air comprimé (et spray)

Les joints doivent toujours être adaptés aux câbles à graisser (attention, les câbles antigiratoires et non antigiratoires utiliser des joints), afin d'obtenir un maximum d'étanchéité au serrage de l'appareil.

L'approvisionnement en air de la pompe doit être adapté à la vitesse de graissage. Le système complet comprend une pompe haute pression, un ou deux raccords (si option refoulement surplus de graisse ou non), et l'appareil de graissage avec ses joints (adaptés par diamètre et type de câble) ainsi que deux sangles ou chaîne d'arrimage (selon modèle).

Un jeu de joints peut lubrifier jusqu'à 7000 mètres de câble (variable selon l'état du câble)

Note : Le graissage ne doit jamais recouvrir totalement les fils extérieurs sous peine de ne plus pouvoir les contrôler (ISO 4309). Un surgraissage peut aussi modifier la géométrie du câble.



Un jeu de joints peut lubrifier jusqu'à 7000 mètres de câble (variable selon l'état du câble)

Note : Le graissage ne doit jamais recouvrir totalement les fils extérieurs sous peine de ne plus pouvoir les contrôler (ISO 4309). Un surgraissage peut aussi modifier la géométrie du câble.

4 Nettoyage

Il est indispensable d'effectuer un nettoyage si le câble est souillé, reçoit des particules abrasives, ou des agressions chimiques. Il doit être fait par brassage et ensuite regraissage.



5 Cas du fil cassé isolé sur le câble neuf

Un fil cassé isolé peut se trouver sur un câble neuf ou apparaître sur un câble en début de service, avant toute usure ou fatigue. Il s'agit d'un fil non brasé à la fabrication. Il est possible de l'enlever par flexions alternées avec les doigts ou une pince plate, mais jamais avec une pince coupante, ni en tirant sur le fil.

6 Rodage

Un câble qui vient d'être mis en place doit être stabilisé par plusieurs manœuvres du cycle normal avec une charge légère, correspondant au quart de la charge normale.

7 Filage et retournement des câbles

Permet de déplacer les segments soumis à l'usure, en coupant ou non. Consulter un technico-commercial Corderie Dor.

8 Inspection - Vérification et critères de dépose

Voir la section consacrée à ce sujet, ainsi que l'ISO 4309 (2018) disponible en ligne sur le site de l'AFNOR.