

GRÉAGE ET LEVAGE

Guide de sécurité



Commission des normes, de l'équité,
de la santé et de la sécurité du travail

cnesst.gouv.qc.ca

CNESST

GRÉAGE ET LEVAGE

Guide de sécurité

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Construction Safety Association of Ontario

Gréage et levage : guide de sécurité

Traduction de : Hoisting and rigging : safety manual.

ISBN 2-551-19740-6

1. Construction – Équipement – Sécurité – Mesures. 2. Levage et transport – Sécurité – Mesures. 3. Appareils de levage – Sécurité – Mesures. 4. Gréement – Sécurité – Mesures. I. Pelletier, Marc. II. Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec. III. Titre.

TH443.C63 2006

690'.22

C2006-941997-3

GRÉAGE ET LEVAGE

Guide de sécurité

Hoisting and Rigging Safety Manual a été publié en anglais par la Construction Safety Association of Ontario, Etobicoke, Ontario en 1995 et mis à jour en 1997.

La Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) a acquis en 2006 les droits de traduction de la version française du document. Elle est seule responsable de la traduction et de ses rééditions.

Ce document est réalisé par la Direction générale de la réglementation, du soutien et de l'expertise en collaboration avec la Direction générale des communications.

L'impression ou la présentation à l'écran de ce document sont autorisées pour un usage personnel ou un usage non commercial dans un contexte de formation ou d'information. Il est interdit de le modifier ou d'en extraire les photographies, les illustrations ou le logo de la CNESST. Pour toute autre situation, veuillez nous écrire à droitdauteur@cnesst.gouv.qc.ca.

© Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail, 2026

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2026

ISBN 978-2-555-03041-1 (PDF)

(publié précédemment par Les Publications du Québec, ISBN 978-2-551-19740-8, 2006)

(Édition originale anglaise : Construction Safety Association of Ontario, ISBN 978-0-919-46570-1, 1995)

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	1
Section 1 Risques liés aux manœuvres de levage et de gréage	3
Méthodes de travail et règles de sécurité	6
Calcul du poids des charges	16
Poids de matériaux courants	19
Section 2 Câbles textiles, nœuds et amarres	21
Caractéristiques des câbles textiles	23
Inspection des câbles textiles	24
Charge maximale d'utilisation (CMU)	25
Entretien, remisage et utilisation	28
Nœuds et amarres	32
Section 3 Gréement, câbles métalliques et élingues	37
Câbles métalliques	40
Inspection des câbles métalliques	42
Méthodes et précautions à prendre avec les câbles métalliques	49
Élingues	50
Configurations des élingues	51
Angles d'élingage	57
Centre de gravité	59
Charge maximale d'utilisation	61
Types d'élingues	68
Accessoires de gréage	82
Conseils pour le levage	93
Section 4 Outils et accessoires de gréage	95
Crics et vérins	98
Cales et piles	101
Galets	102
Plans inclinés	103
Palans à levier (treuils à cliquet)	104
Palans à chaîne	104
Treuils manuels (Tirfor)	106
Palans électriques et ponts roulants	108
Treuils motorisés	110
Points d'ancrage	111
Section 5 Conduite des grues	117
Responsabilités	120
Types et configurations de base	122
Risques propres aux aires de levage	137
Travail à proximité des lignes électriques	141
Travail à proximité des tours de transmission	146
Facteurs influençant la capacité de la grue	147
Sommaire de l'installation de la grue	170
Choix de la grue	171
Signalisation	173

INTRODUCTION

Objet du guide

Le présent guide a été conçu pour permettre aux travailleurs et au personnel de supervision de se familiariser avec les principes fondamentaux des méthodes de gréage et de levage sécuritaires.

L'information qu'il renferme traite non seulement des câbles et des nœuds, mais aussi du matériel de levage – des grues aux palans à chaîne – et des accessoires de gréage – des serre-câbles jusqu'aux poutres d'écartement. Parallèlement aux informations présentées, les méthodes d'inspection, d'entretien et d'utilisation appropriées sont expliquées à chaque point.

La connaissance des outils et des matériaux avec lesquels nous travaillons constitue l'un des facteurs primordiaux de la santé et de la sécurité au travail. Chacun étant conçu pour un usage qui lui est propre, il importe d'en connaître les capacités et les limites afin non seulement d'en améliorer l'efficacité, mais aussi de minimiser les risques d'accident qu'ils présentent.

Le guide répertorie notamment les risques fondamentaux associés aux manœuvres de gréage et de levage, explique les précautions à prendre pour contenir ou éliminer ces risques et énonce diverses autres exigences essentielles en matière de sécurité.

Les entrepreneurs, les superviseurs, les opérateurs, les gréeurs et toutes les personnes appelées à dispenser ou recevoir des instructions sur les manœuvres de gréage et de levage sécuritaires sont invités à utiliser l'information présentée dans ces pages en complément de la réglementation pertinente.

Législation sur la santé et la sécurité

En ce qui a trait à la sécurité en général dans le domaine de la construction, l'Ontario a adopté la *Loi sur la santé et la sécurité au travail*, qui est entrée en vigueur le 1^{er} octobre 1979. Celle-ci a pour but de protéger les travailleurs contre les risques pour la santé et la sécurité au travail.

La *Loi sur la santé et la sécurité au travail* s'appuie sur la notion de « responsabilisation à l'interne » des dirigeants et des travailleurs. Cette notion encourage les deux groupes à mettre au point des solutions conjointes aux problèmes de santé et de sécurité, avec l'encadrement du ministère du Travail de l'Ontario.

La *Loi* fournit en outre le cadre et les outils nécessaires pour assurer la sécurité et la salubrité du lieu de travail. Elle énonce les droits et les obligations de toutes les parties en présence, établit des méthodes permettant d'aborder les risques en milieu de travail et prévoit des mesures visant à la faire appliquer lorsque l'on ne s'y conforme pas volontairement.

La *Loi* a été révisée au fil des années afin de répondre à l'évolution des besoins du milieu de travail ontarien.

Réglementation

La *Loi* ontarienne s'accompagne d'un certain nombre de règlements d'application, notamment dans le secteur de la construction.

Le règlement ayant la portée la plus large est le *Règlement concernant les chantiers de construction* (règlement de l'Ontario n° 213/91). Il existe également des règlements particuliers qui traitent notamment des produits contrôlés en vertu du Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT) et des substances désignées comme l'amiante.

En règle générale, les règlements qui régissent le secteur de la construction répondent à des problèmes de santé et de sécurité qui se sont présentés de façon récurrente au fil des années. Dans de nombreux cas, ces règlements ont fait l'objet d'une proposition conjointe de la direction des entreprises et des associations syndicales dans le but de contenir ou d'éliminer les problèmes ayant entraîné des pertes de vie, des blessures avec arrêt de travail et des maladies professionnelles.

Le *Règlement concernant les chantiers de construction* a fait l'objet de révisions périodiques au fil des années.

Nous recommandons au lecteur de se familiariser avec la loi et le règlement précités ainsi qu'avec les autres règlements pertinents en matière de santé et de sécurité au travail, afin qu'il sache clairement ce qu'il doit attendre des autres sur le lieu de travail... et ce que les autres attendent de lui.

Section 1

Risques liés aux manœuvres de levage et de gréage

- ☐ Méthodes de travail et règles de sécurité
- ☐ Calcul du poids des charges
- ☐ Poids de matériaux courants

RISQUES LIÉS AUX MANŒUVRES DE LEVAGE ET DE GRÉAGE

Trop souvent apprenons-nous dans la presse qu'un accident mettant en cause une grue ou un équipement de gréage a entraîné des pertes de vies humaines ou des dégâts matériels considérables.

Pourtant, la plupart de ces accidents auraient pu être évités si les travailleurs avaient observé les principes fondamentaux de sécurité qui régissent le travail avec des équipements de levage et de gréage.

Dans les opérations de levage et de gréage, la toute première précaution à prendre consiste à déterminer le poids de la charge avant de tenter de la lever.

Tant les travailleurs que les employeurs ont la responsabilité de veiller à la sécurité de toutes les parties engagées dans des opérations de levage et de gréage. Les grandes manœuvres de gréage doivent être planifiées et supervisées par du personnel compétent afin de s'assurer que les meilleures méthodes et les équipements les mieux adaptés aux travaux sont utilisés.

Toutes les personnes qui sont appelées à préparer, à utiliser ou à travailler avec de l'équipement de levage doivent impérativement suivre une formation appropriée sur la conduite de ces équipements et sur les consignes de sécurité à leur égard. Par ailleurs, seules des personnes formées à cette fin doivent être autorisées à manœuvrer des appareils de levage.

La présente section :

- répertorie les risques et les causes courantes d'accidents dans le cadre de manœuvres de levage et de gréage ;
- énonce les méthodes et les précautions nécessaires au gréage, au levage et à la manutention sécuritaires des charges ;
- explique les méthodes de calcul du poids des charges ;
- présente des tableaux des poids des matériaux de construction courants.

Méthodes de travail et règles de sécurité

Rappel : Dans les opérations de levage et de gréage, la toute première précaution à prendre consiste à déterminer le poids de la charge avant de tenter de la lever.

Le gréeur doit en outre :

- déterminer la capacité de l'équipement utilisé ;
- fixer la charge de manière à en assurer la stabilité (si son centre de gravité ne se trouve pas sous le crochet, la charge risque de glisser) ;
- prévoir une marge de manœuvre suffisante pour les facteurs imprévus.

Le gréeur doit également connaître les risques courants associés à son travail, les facteurs susceptibles de diminuer la capacité de l'équipement, les méthodes d'inspection et d'utilisation des élingues et les pratiques sécuritaires de gréage, de levage et de manutention des charges.

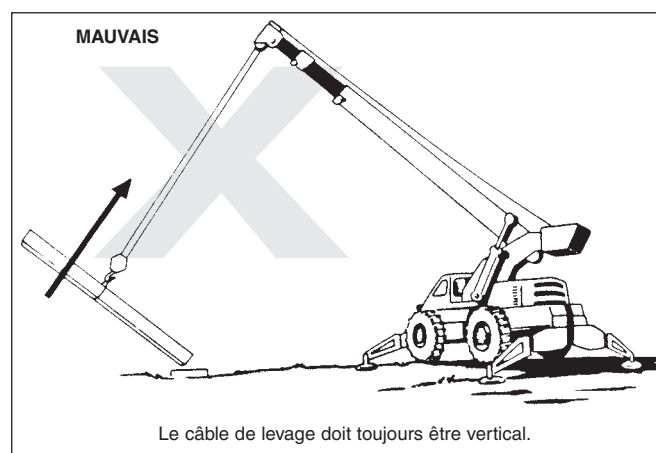
Risques courants

- **CMU inconnue** – Il importe de connaître la charge maximale d'utilisation de l'équipement et du palan que l'on utilise et de ne jamais la dépasser.
- **Accessoires défectueux** – Il convient d'examiner au préalable les accessoires, l'équipement, le palan et les élingues que l'on se propose d'utiliser et de détruire les éléments qui sont défectueux. Un élément défectueux qui est simplement mis de côté pourrait être utilisé par une personne qui n'est pas au courant de son état.
- **Équipement dangereux** – Une personne qui a un motif raisonnable de croire qu'un équipement est dangereux ou inadéquat ne doit pas s'en servir avant d'avoir signalé la défectuosité à un membre du personnel de supervision, reçu confirmation que l'équipement est de nouveau sécuritaire et reçu l'autorisation de procéder par une personne ayant autorité, qui assume alors la responsabilité de la sécurité de toutes les personnes affectées aux manœuvres.
- **Conditions de vent dangereuses** – Ne jamais effectuer de manœuvres de levage ou de gréage lorsque le vent risque de mettre en danger le personnel et le public ou de causer des dommages à l'équipement. Par grand vent, on doit tenir compte de la dimension et de la forme des charges afin de déterminer si elles peuvent être levées sans danger. Il faut éviter tout particulièrement les charges qui présentent une grande surface exposée au vent, car même si l'équipement est normalement capable de lever des charges de ce poids, la force du vent ou une rafale pourrait faire perdre la maîtrise de la manœuvre au grutier. La force du vent est un facteur crucial dans la détermination de la méthode de gréage, de levage et de manutention, car la sécurité du personnel en dépend. Lorsque le vent souffle entre 40 et 50 km/h, on doit songer à restreindre les manœuvres de levage.
- **Conditions climatiques dangereuses** – Lorsque la visibilité des gréeurs ou de l'équipe de levage est restreinte par la neige, le brouillard, la pluie, l'obscurité ou la poussière, il importe de surveiller étroitement les manœuvres et de les interrompre au besoin. Lorsque la température est sous le point de congélation, le personnel de supervision doit veiller à ce qu'aucun élément de l'appareil de levage ou du palan ne soit soumis à des tensions brusques ou ne heurte un obstacle, car cela pourrait occasionner une rupture fragile de l'acier.

- **Contact avec une ligne électrique** – La cause la plus fréquente d'accident mortel chez les gréeurs est l'électrocution par suite du contact de l'appareil de levage, du câble de levage ou de la charge avec une ligne électrique sous tension. Lorsque l'on travaille à proximité d'une grue ou que l'on conduit une grue située à moins d'une longueur de flèche d'une ligne électrique, il faut s'assurer qu'un signaleur compétent est constamment placé à la vue du grutier pour l'avertir lorsqu'une partie de l'appareil ou de la charge approche de la distance minimale de sécurité stipulée dans le *Règlement concernant les chantiers de construction*.

Tension nominale de la ligne électrique	Distance minimale
De 750 à 150 000 volts	3 mètres
De 150 001 à 250 000 volts	4,5 mètres
Plus de 250 000 volts	6 mètres

Il importe de faire preuve de grande vigilance lorsqu'on travaille à proximité d'une ligne électrique ayant une longue portée entre les pylônes. Le vent a tendance à faire balancer la ligne latéralement et à augmenter ainsi les risques de contact accidentel. L'illustration de la page suivante récapitule les exigences en la matière.

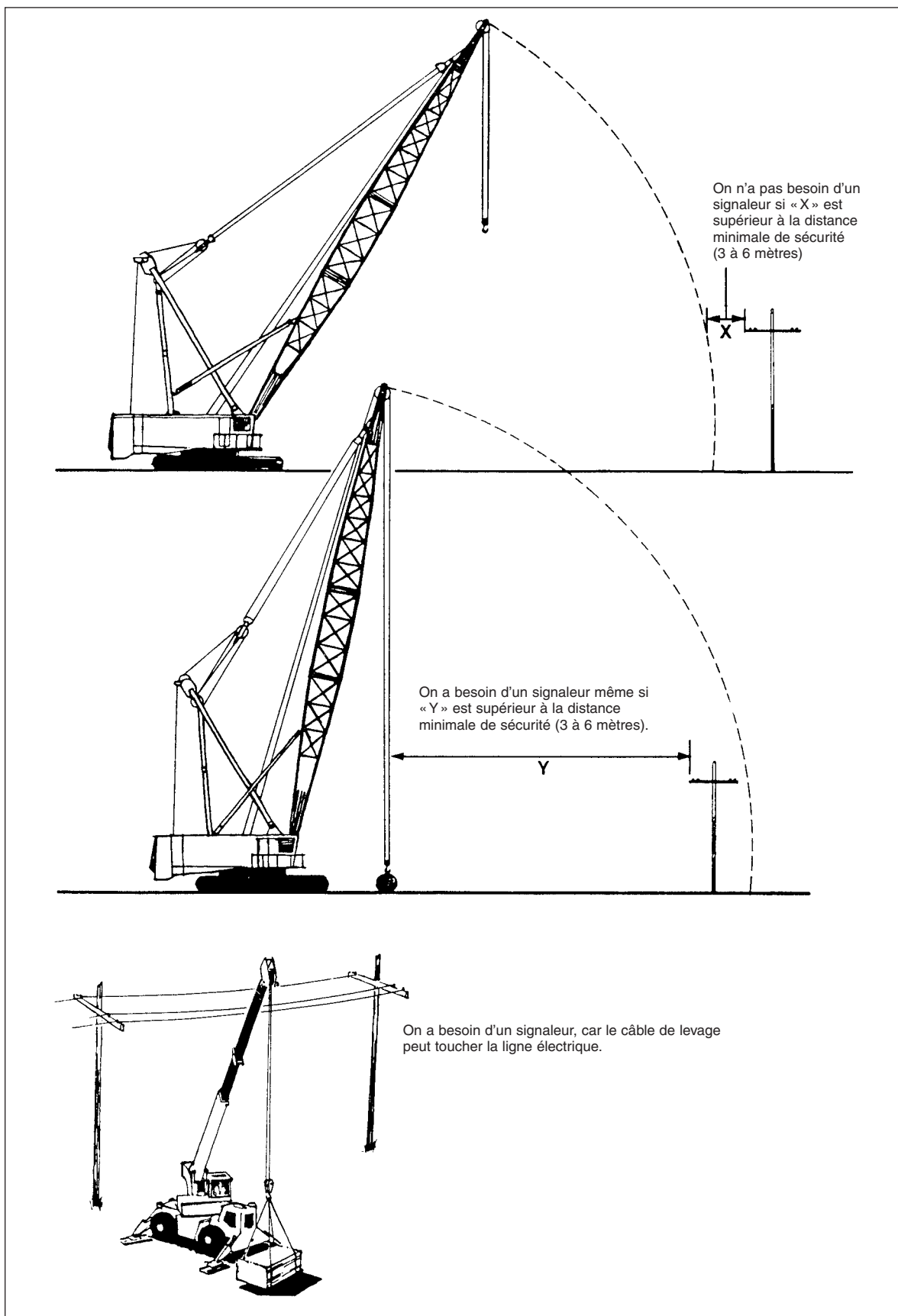


Facteurs qui restreignent la capacité de l'équipement

La charge maximale d'utilisation (CMU) des équipements de levage et de gréage est établie sur des conditions quasi idéales que l'on trouve rarement sur le terrain. Aussi les gréeurs doivent être en mesure de reconnaître les facteurs susceptibles de restreindre la capacité de l'équipement.

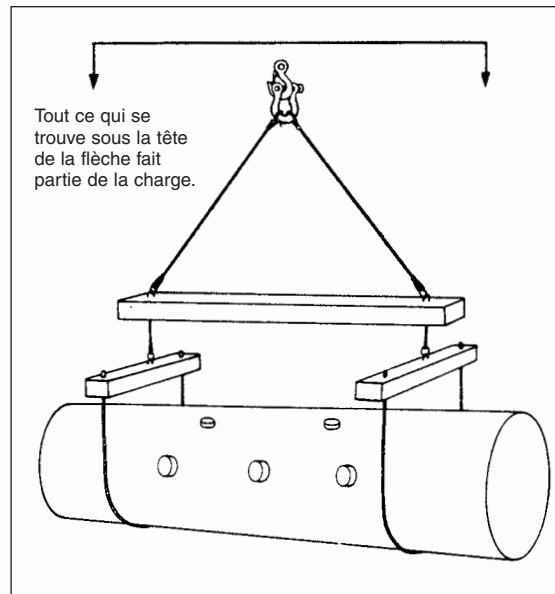
- **Câble de levage non vertical** – La charge maximale d'utilisation d'un équipement de levage ne s'applique qu'à des charges suspendues librement à des câbles de levage verticaux. Si le câble de levage n'est pas vertical pendant la manœuvre, la tension latérale qui est créée risque de déstabiliser l'équipement et de provoquer une défaillance structurale soudaine de celui-ci.

Exigences lorsqu'on travaille près d'une ligne électrique sous tension



- **Rotation** – La rotation rapide d'une charge suspendue impose à l'équipement des contraintes additionnelles qui peuvent le faire basculer. La force du mouvement de rotation éloigne la charge de l'équipement, ce qui accentue le rayon de levage et les contraintes latérales qui s'exercent sur l'équipement. La charge doit toujours se trouver directement sous la tête de la flèche ou le moufle supérieur.
- **État de l'équipement** – Les charges maximales d'utilisation spécifiées ne s'appliquent qu'aux équipements et aux accessoires en bon état. Un équipement qui est endommagé pendant le service doit être mis hors service et réparé ou détruit.
- **Forces dynamiques** – Les charges maximales d'utilisation de la plupart des équipements de gréage et de levage sont calculées à partir des charges statiques, auxquelles le facteur de sécurité approprié est appliqué afin de tenir compte des mouvements dynamiques de la charge et de l'équipement. Afin de veiller à ce que la charge maximale d'utilisation ne soit pas dépassée pendant les manœuvres, il est de bonne pratique de prévoir une marge de sécurité qui tient compte des effets du vent et des forces dynamiques engendrées par les mouvements normaux de l'appareil et de la charge. Il importe en outre d'éviter tout mouvement brusque dans les manœuvres de levage, de rotation et d'immobilisation des charges suspendues, car une accélération ou une décélération rapide ne peut qu'augmenter les contraintes qui s'exercent sur l'appareil et le palan.
- **Poids du palan** – Les charges nominales de la plupart des appareils de levage ne tiennent généralement pas compte du poids des poulies, des crochets, des élingues, des palonniers et des autres accessoires. Leur poids combiné doit être soustrait de la capacité de levage de l'équipement afin de déterminer la charge de levage maximale admissible.

Tous les accessoires de gréage doivent être considérés comme faisant partie du poids de la charge.

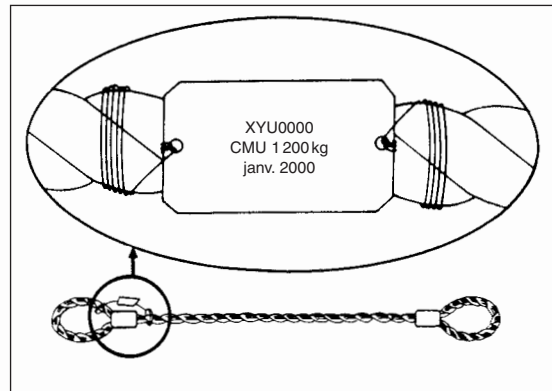


Élingues

Exception faite du câble de levage, l'élingue est la pièce d'équipement de gréage la plus utilisée. Il importe donc de prendre les précautions suivantes lorsqu'on utilise des élingues.

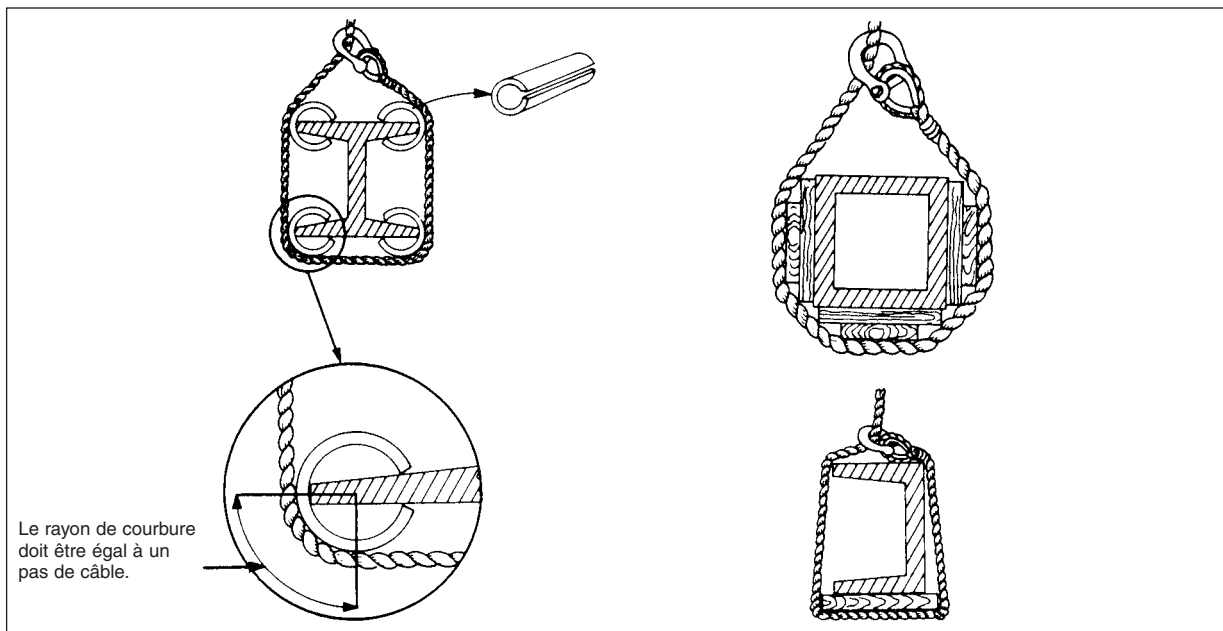
- Ne jamais utiliser d'élingues endommagées. Inspecter régulièrement les élingues afin de s'assurer qu'elles soient sécuritaires. Vérifier si les élingues constituées de câbles métalliques sont tortillées ou présentent des traces d'usure ou d'abrasion, des fils cassés, des raccords usés ou fissurés, des surliures ou des épissures lâches, des sections écrasées ou aplaties ou encore des traces de rouille ou de corrosion. Porter une attention particulière aux endroits situés près des cosses et des autres éléments de raccordement.

- Les élingues doivent avoir une plaque ou un anneau fixé en permanence portant un numéro d'identification ainsi que la capacité maximale de levage à la verticale ou à 45°. Il importe de veiller à ce que chacun sache comment fonctionne le système de détermination des charges.



- S'assurer que les élingues ne présentent pas de courbures trop prononcées et ne sont pas pin-cées ou écrasées. Se servir en tout temps d'élingues dont les boucles sont munies de cosses. On peut également confectionner des protecteurs d'angle empêchant l'élingue d'être trop pliée ou sectionnée en utilisant des sections refendues de tuyau de large diamètre, des cornières de protection, de la bourre ou des cales.

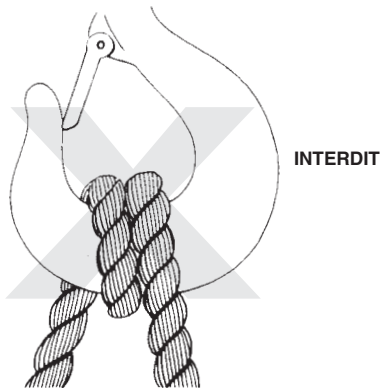
S'assurer que les élingues soient protégées aux points de contact avec les arêtes vives des objets lourds.



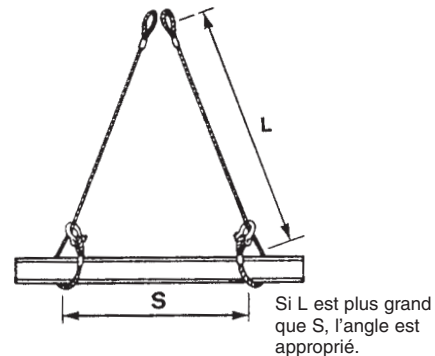
- Ne jamais laisser les élingues en câble métallique ni aucun câble métallique sur le sol pendant de longues périodes, ni sur des surfaces humides ou mouillées, sur de l'acier rouillé ou à proximité de substances corrosives.
- Éviter de tirer les élingues de sous les charges en les traînant par terre.

- Tenir les élingues en câble métallique à l'écart des travaux de découpage au chalumeau et de soudage électrique.
- Ne jamais confectionner d'élingues avec des câbles de levage mis au rebut.
- Éviter d'utiliser, seule, une élingue en câble métallique munie de boucles épissées à la main. La charge pourrait se mettre à tourner et provoquer le décommettage du câble et la rupture de l'épissure. Utiliser plutôt des élingues munies de boucles flamandes.
- Ne jamais enrouler un câble métallique autour d'un crochet. Le rayon de courbure trop restreint risque d'endommager l'élingue.
- Éviter de plier la section de la boucle d'une élingue sur un coin. Cela risque d'affaiblir l'épissure ou le manchon. L'élingue ne doit jamais être pliée près d'une attache.
- S'assurer que l'angle formé par l'élingue et l'horizon est supérieur à 45° . Si la distance horizontale entre les points d'attache sur la charge est inférieure à la longueur de l'élingue la plus courte, l'angle formé par l'élingue est alors supérieur à 60° et ne présente généralement pas de danger.

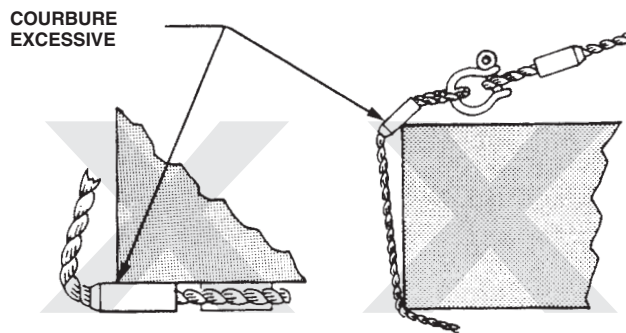
Ne jamais enrouler un câble autour d'un crochet.



Vérifier l'angle formé par l'élingue et l'horizon.

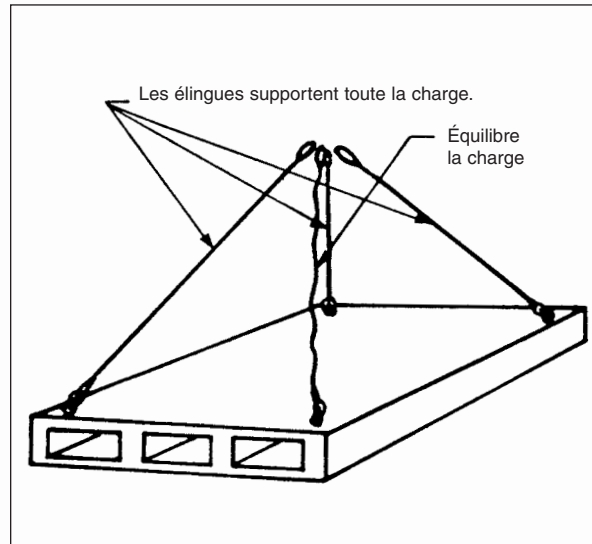


Le câble ne doit pas être plié près d'une épissure ou d'une attache.

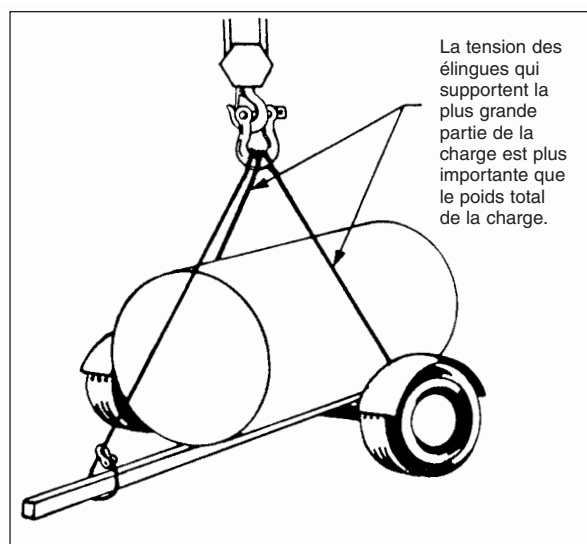


Élingues multiples

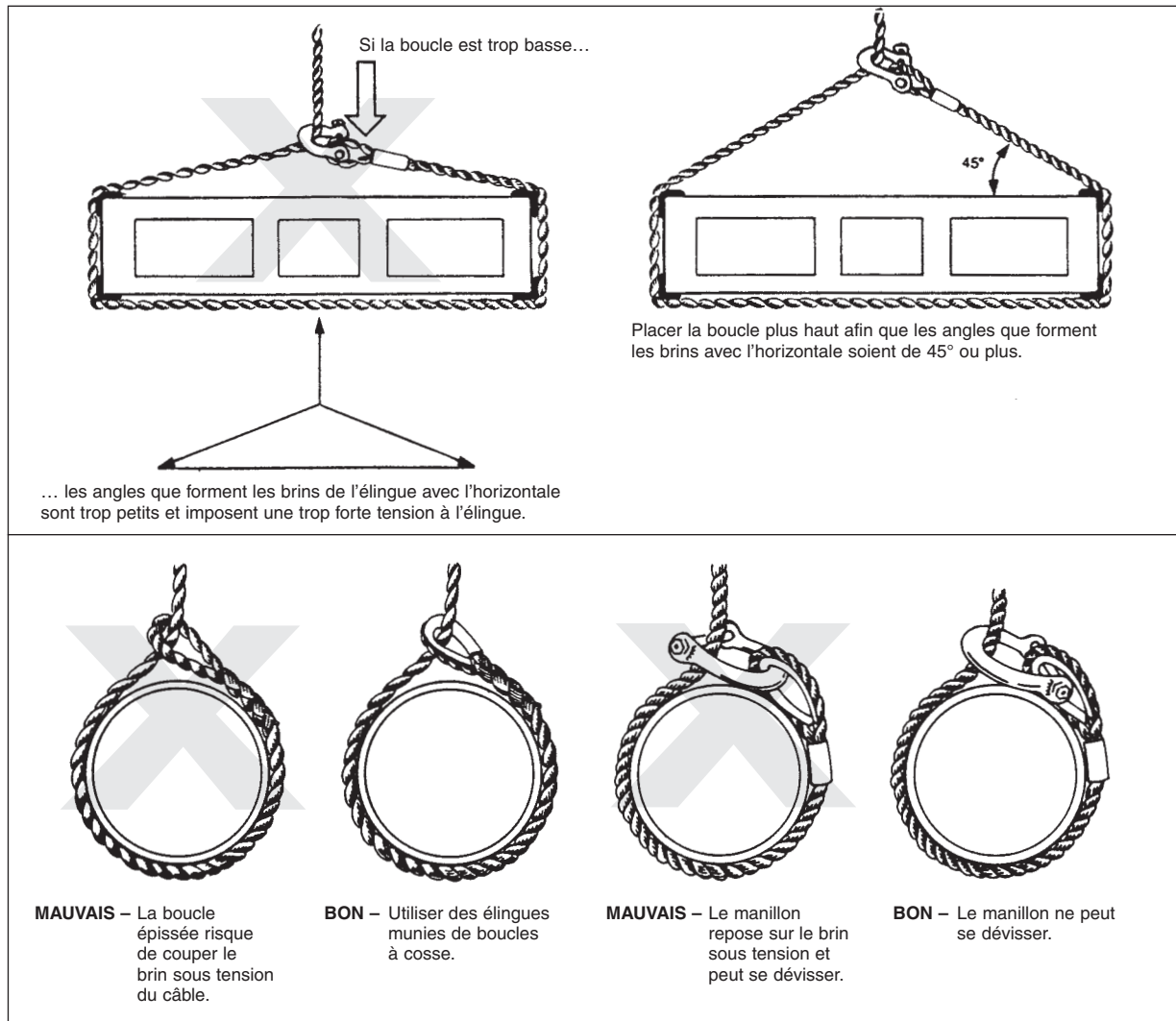
- Ne jamais tenir pour acquis qu'une attache formée de plusieurs élingues peut lever en toute sécurité une charge égale à la charge maximale d'utilisation de l'une des élingues multipliée par le nombre d'élingues. Il n'existe aucun moyen de s'assurer que chacune des élingues supporte sa juste part de la charge. Dans le cas des charges rigides soulevées par plus de deux élingues, la presque totalité de la charge peut être supportée par certaines élingues, tandis que les autres élingues ne servent qu'à l'équilibrer.



- Par conséquent, lorsque l'on lève des charges rigides au moyen de trois ou quatre élingues, on doit s'assurer qu'au moins deux des élingues sont en mesure de supporter toute la charge. En d'autres termes, on doit agir comme s'il n'y avait que deux élingues pour lever la charge. Dans le cas d'une charge souple pouvant épouser le contour des élingues, on peut alors considérer que chacune des élingues supporte une partie de la charge.
- Lorsqu'on utilise plusieurs élingues pour lever une charge dont l'une des extrémités est plus lourde que l'autre, la tension qui s'exerce sur l'élingue supportant la partie la plus lourde de la charge est largement supérieure au poids total. On doit donc choisir les élingues en fonction de la tension qui s'exercera sur celle qui supporte le poids de la partie la plus lourde plutôt qu'en fonction du poids total.



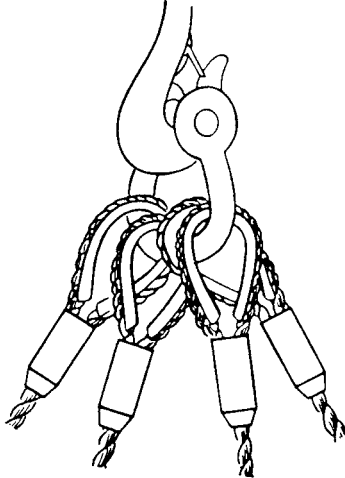
- Lorsqu'on utilise une attache à étranglement, on ne doit pas abaisser de force la boucle vers la charge une fois que la tension est appliquée ; cela endommage inévitablement le câble.
- Lorsqu'un crochet doit recevoir deux boucles ou plus, on doit alors utiliser une manille dont le manillon est placé sur le crochet et accrocher les boucles à la manille. De cette manière, les élingues ne risquent pas d'ouvrir le crochet et les boucles ne peuvent s'endommager mutuellement pendant la manœuvre.



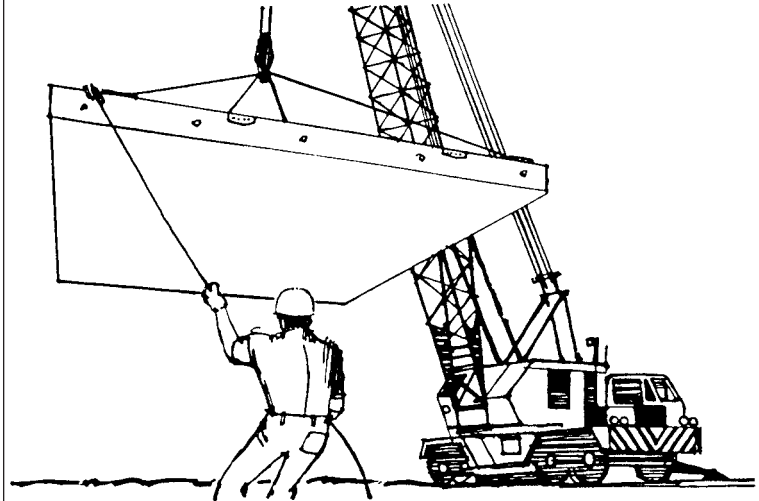
Gréage, levage et manutention des charges

- Les charges doivent être attachées de telle manière qu'aucune partie de la charge ne puisse se déplacer ou se détacher pendant la manœuvre. Les charges doivent être solidement fixées et convenablement équilibrées avant d'être déplacées.
- Garder en tout temps la maîtrise de la charge. Si la rotation ou le balancement de la charge risque de mettre le personnel en danger, on doit alors utiliser un ou plusieurs câbles de halage pour empêcher tout mouvement involontaire de la charge.

Lorsque deux ou plusieurs câbles doivent être placés sur un crochet, utiliser une manille.

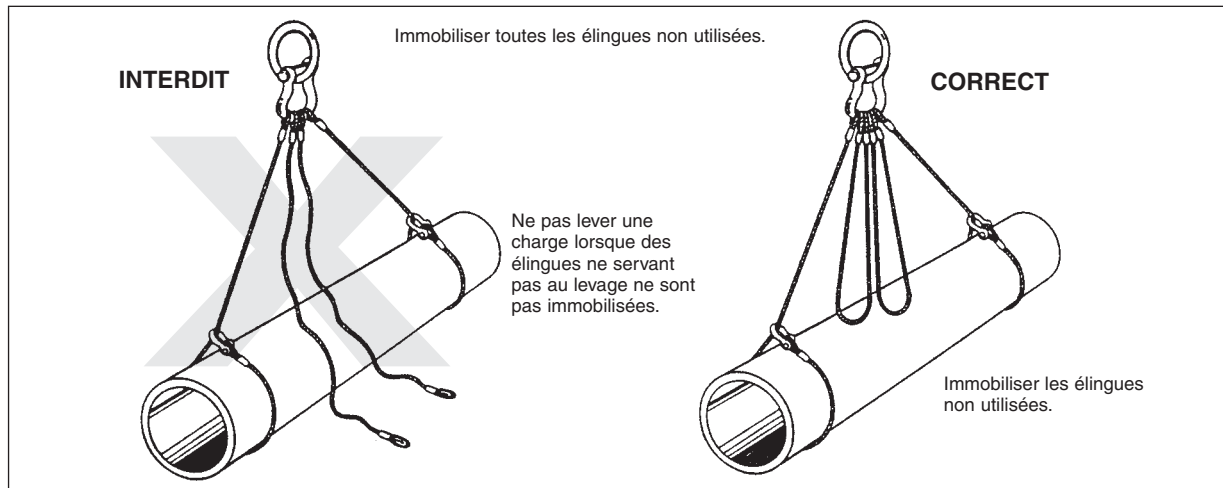


Employer des câbles de halage pour guider toutes les charges.



- Les charges doivent être déposées de manière sécuritaire et bien calées avant de les décrocher et d'enlever les élingues.
- Les palonniers doivent porter une mention bien visible de leur poids et de leur charge maximale d'utilisation et ne doivent être utilisés que pour l'usage auquel ils sont destinés.
- Ne jamais enrouler le câble de levage autour de la charge. Attacher la charge au crochet au moyen d'élingues ou d'autres dispositifs de gréage appropriés à la charge à lever.
- Avant de lever une charge, s'assurer que le câble de levage soit placé verticalement au-dessus du centre de gravité de la charge.
- Tenir les mains à l'écart des endroits où elles risquent d'être coincées au moment où les élingues sont mises en tension.
- Porter des gants pour manipuler les câbles métalliques.
- S'assurer que le personnel soit suffisamment éloigné lorsque les charges sont soulevées et descendues et lorsque les élingues sont retirées. Lorsque les élingues sont enlevées, leur crochet peut se coincer sous la charge et se dégager brusquement.

- Avant le levage, s'assurer que les élingues soient bien attachées à la charge.
- Ne jamais travailler sous une charge suspendue à moins qu'elle ne soit convenablement supportée par-dessous et que toutes les conditions ne soient approuvées par le superviseur responsable des manœuvres.
- Ne jamais effectuer de réparations temporaires sur une élingue. Des règles doivent être établies et observées afin de veiller à ce que les élingues soient convenablement réparées.
- Immobiliser les élingues non utilisées pour le levage avant de lever une charge.



- Ne jamais charger la pointe d'un crochet à moins qu'il ne soit conçu à cette fin.
- S'assurer que la charge soit dégagée avant de la lever et que toutes les élingues en supportent une partie.
- Lorsque deux élingues ou plus sont utilisées pour attacher une charge, s'assurer qu'elles soient toutes faites du même matériau.
- Préparer un dispositif de calage approprié avant de déposer la charge. Les cales évitent d'endommager les élingues.
- **Conseil aux conducteurs de grue :** Éviter les tensions brusques causées par les secousses lors du levage et de la descente d'une charge. Tendre l'élingue progressivement jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de mou. Éviter de lever ou de déplacer une charge au-dessus des travailleurs qui se trouvent à proximité.

Calcul du poids des charges

L'étape la plus importante des manœuvres de gréage consiste à déterminer le poids de la charge à lever.

On peut généralement obtenir cette information dans les documents d'expédition, les plans, les catalogues, les spécifications des fabricants ou d'autres sources fiables, à défaut de quoi on doit alors calculer soi-même le poids de la charge.

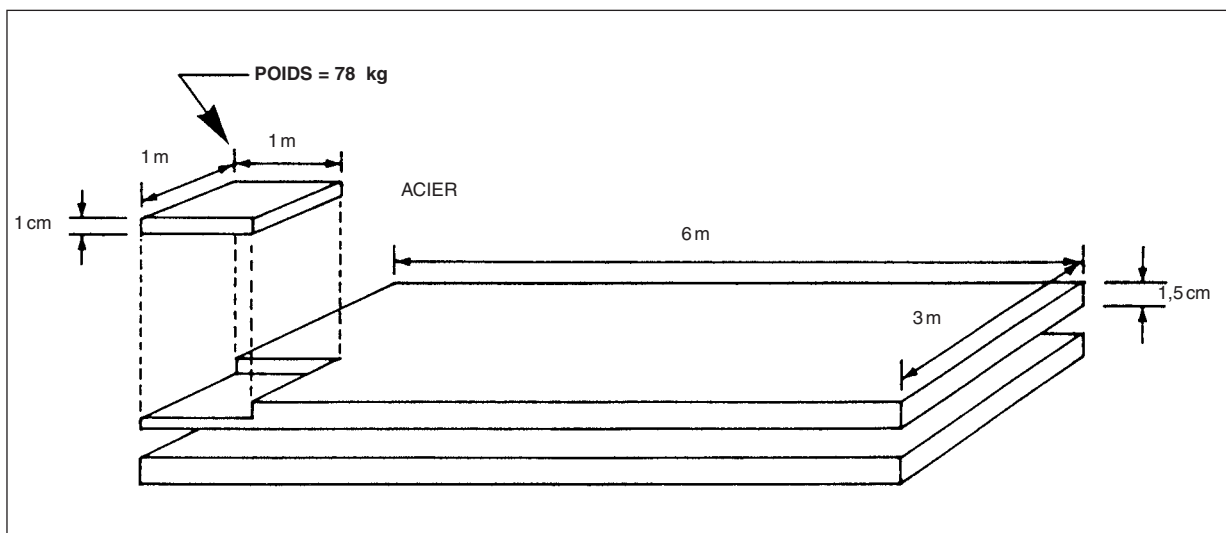
Prenons pour exemple les pièces en **acier**.

Sur les plans de montage, on indique généralement la dimension des poutres d'acier, leur poids par mètre linéaire ainsi que leur longueur. On peut donc calculer facilement le poids de la pièce à lever.

Par contre, dans le cas des pièces à angle, des plaques ou des charges comportant plusieurs éléments, leur poids doit être calculé. Pour obtenir une évaluation raisonnablement exacte de la charge, le gréeur n'a besoin de connaître qu'un poids de référence et deux formules.

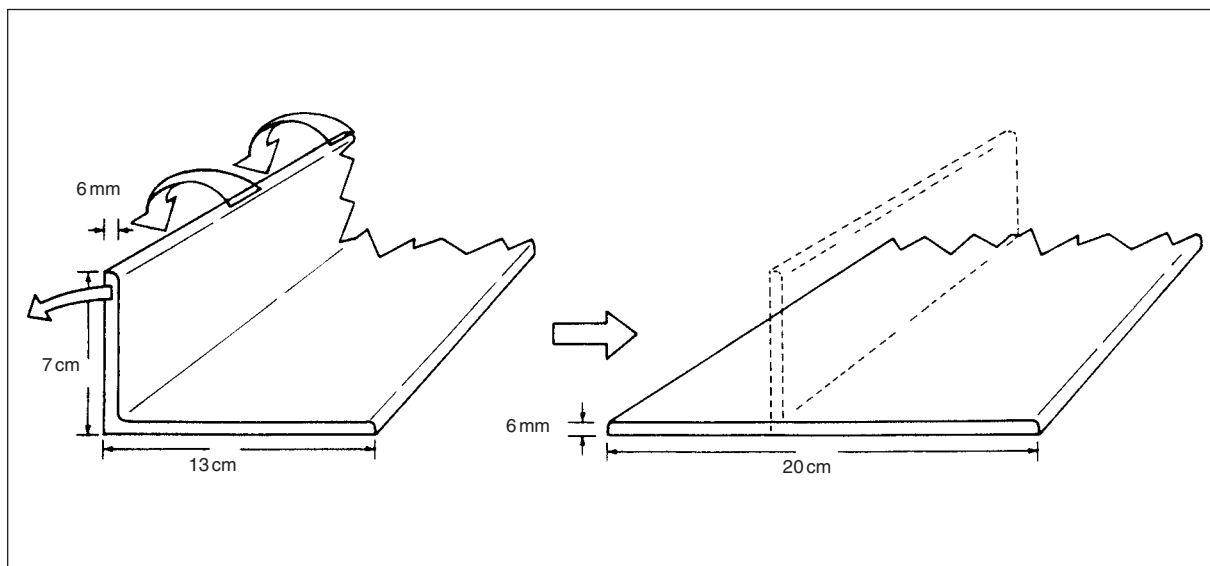
Le poids de référence est celui d'une plaque d'acier de un mètre carré et de un centimètre d'épaisseur, soit environ 78 kg. Ainsi, deux plaques mesurant chacune 1,5 cm sur 3 m sur 6 m pèsent environ 4 212 kg

$$(2 \times 1,5 \times 3 \times 6 \times 78).$$



Il est également possible de calculer le poids approximatif des pièces à angle avec suffisamment de précision pour assurer une manœuvre sécuritaire de la charge. Une pièce à angle est en fait une plaque pliée qui comporte plus de métal au centre pour plus de résistance et moins de métal aux extrémités pour faciliter le laminage. Si l'angle est aplati, la pièce devient une plaque.

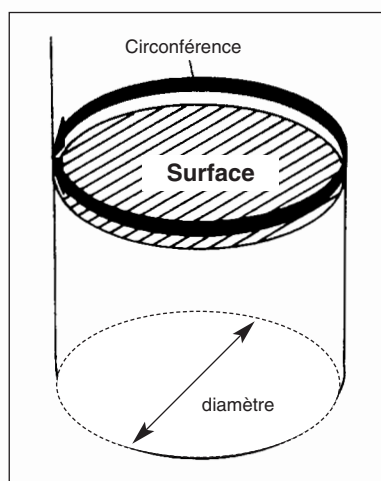
Par exemple, une pièce à angle de 13 cm sur 7 cm sur 6 mm (ou 0,6 cm) donnerait, une fois aplatie, une plaque d'environ 20 cm (13 cm + 7 cm) sur 0,6 cm dont le poids serait de $78 \text{ kg} \times 20/100 \times 0,6$, soit environ 9,4 kg par mètre de longueur.



Le poids de toutes les pièces de structure peut être obtenu de cette manière en calculant chacune de leurs sections ou en les aplatisant de manière à former des rectangles de un mètre carré et de un centimètre d'épaisseur.

Par contre, les plaques peuvent prendre diverses formes, dont celles de réservoirs cylindriques. On doit alors déterminer leur surface **avant** d'en calculer le poids.

Pour ce faire, il suffit de retenir deux formules simples pour calculer la circonférence et la surface d'un cercle. La circonférence (ou le pourtour d'un cercle) se calcule en multipliant le diamètre par 3,14 (constante π)



Un cylindre de 2 m de diamètre a une circonférence de 6,28 m ($2 \times 3,14$). Pour calculer son poids en supposant qu'il mesure 10 m de hauteur et qu'il est constitué d'une plaque de 9 mm (ou 0,9 cm) d'épaisseur, il suffit de le dérouler mentalement afin qu'il forme une plaque de 6,28 m de large sur 10 m de long et 0,9 cm d'épaisseur. Son poids est obtenu comme suit :

$$6,28 \times 10 \times 0,9 \times 78 = 4\,408 \text{ kg}$$

La deuxième formule permet de calculer la surface des objets cylindriques :

$$\text{SURFACE} = 3,14 \times \frac{\text{diamètre}}{2} \times \frac{\text{diamètre}}{2}$$

Ainsi, si le cylindre a un couvercle de 0,9 cm d'épaisseur et de 2 m de diamètre, sa surface serait la suivante :

$$\text{SURFACE} = 3,14 \times \frac{2}{2} \times \frac{2}{2} = 3,14 \text{ m}^2$$

et son poids approximatif serait de :

$$3,14 \times 0,9 \times 78 = 220 \text{ kg}$$

Rayon (r) = diamètre divisé par 2

$$\text{SURFACE} = \pi (3,14) \times r^2$$

Figure 1 – Détermination du poids de la charge

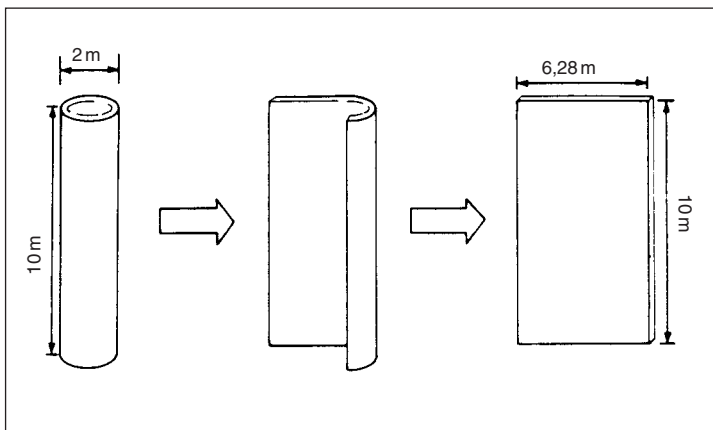
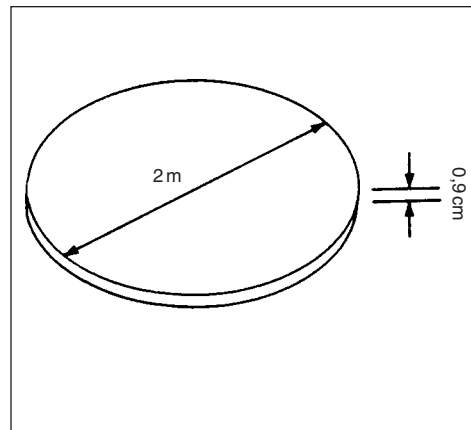


Figure 1.2 – Détermination du poids de la charge

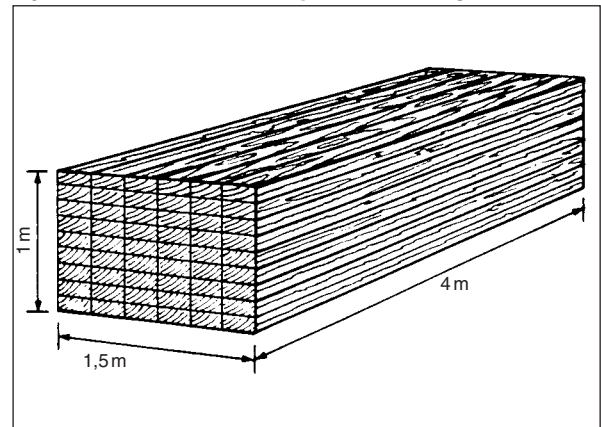


Dans le cas des autres matériaux, on calcule généralement leur poids total en se basant sur leur poids par mètre cube. On doit donc déterminer le nombre de mètres cubes de la charge à lever (le volume) afin d'en établir le poids total.

Par exemple, supposons que l'on doive soulever une charge de bois d'épinette de 4 m de longueur sur 1 m de hauteur et 1,5 m de largeur (fig. 1.3). Si l'on se reporte au tableau 1.2, on constate que le poids par mètre cube de l'épinette est de 450 kg. Le poids total de la charge est donc de 2700 kg ($4 \times 1 \times 1,5 \times 450$).

Le temps consacré au calcul du poids approximatif des charges à lever, qu'il s'agisse de pièces d'acier, de plaques, de colonnes, de poutres, de pièces coulées, de plaques de fondation ou de quelque autre charge, est du temps bien employé qui peut permettre d'éviter de graves accidents causés par une sous-estimation de la charge à lever. Les tableaux des pages suivantes (1.1, 1.2 et 1.3) présentent le poids de divers matériaux et devraient permettre aux gréeurs de calculer le poids approximatif d'une charge donnée. En cas de doute, il ne faut pas hésiter à demander conseil à un ingénieur ou à un contremaître sur le chantier.

Figure 1.3 – Détermination du poids de la charge



Poids de matériaux courants

Tableau 1.1

POIDS APPROXIMATIF PAR MÈTRE DE LONGUEUR DES BARRES ET TIGES D'ACIER CYLINDRIQUES			
Diamètre (mm)	Poids (kg/m)	Diamètre (mm)	Poids (kg/m)
5	0,14	35	7,52
6	0,25	38	8,94
8	0,39	41	10,49
10	0,56	44	12,17
11	0,76	48	13,97
13	0,99	51	15,89
14	1,26	54	17,95
16	1,55	57	20,12
19	2,23	60	22,41
22	3,04	64	24,84
25	3,97	67	27,38
29	5,03	70	30,06
30	5,61	73	32,84
32	6,21	76	35,61

Tableau 1.2

POIDS VOLUMÉTRIQUE DES MATÉRIAUX			
Matériaux	Poids approximatif (kg/m³)	Matériaux	Poids approximatif (kg/m³)
Métaux		Bois d'œuvre séché à l'air	
Aluminium	2 643	Cèdre	352
Laiton	8 571	Sapin Douglas sec	545
Bronze	8 010	Sapin Douglas vert	641
Cuivre	8 971	Sapin Douglas humide	801
Fer	7 690	Sapin Douglas, contreplaqué	545
Plomb	11 374	Pruche	481
Acier	7 850	Pin	481
Étain	7 369	Peuplier	481
		Épinette	449
Maçonnerie		Liquides	
Pierre de taille	2 240-2 560	Alcool	785
Brique molle	1 762	Essence	673
Brique ordinaire (environ 3 tonnes le mille)	2 003	Huile	929
Brique comprimée	2 243	Eau	993
Tuile de grès	961		
Moellon	2 080-2 480	Terre	
Béton de mâchefer haydite	1 600-1 760	Terre humide	1 602
Béton de laitier	2 083	Terre sèche (environ 1 200 kg/m³)	1 202
Béton de pierre	2 307	Sable et gravier, humide	1 922
Béton de pierre armé (environ 2 400 kg/m³)	2 403	Sable et gravier, sec	1 682
		Sable de rivière (environ 1 900 kg/m³)	1 922
Glace et neige		Matériaux de construction	
Glace	897	Ciment Portland, en vrac	1 506
Neige poudreuse fraîche	128	Ciment Portland, pris	2 932
Neige poudreuse tassée	190-400	Chaux sulfatée, en vrac	850-1 020
Neige mouillée	430-640	Pierre concassée (environ 1 500 kg/m³)	1 440-1 760
Divers		Mortier de chaux-ciment, pris	1 650
Asphalte	1 282		
Goudron	1 202		
Verre	2 563		
Papier	961		

Tableau 1.3

POIDS SURFACIQUE DES MATÉRIAUX			
Matériaux	Poids approximatif (kg/m ²)	Matériaux	Poids approximatif (kg/m ²)
Plafonds (par 2,5 cm d'épaisseur)		Planchers (par 2,5 cm d'épaisseur)	
Placoplâtre	25	Bois franc	24
Carreau insonorisant à l'épreuve du feu	10	Planche	12
Crépi de plâtre	39	Contreplaqué de sapin	15
Crépi d'agréats légers	20	Bloc de bois traité	20
Crépi de sable-ciment	59	Béton de finition ou de remplissage	59
		Lit de mastic	59
Toitures		Lit de mortier	49
Feutre asphalté 3 plis recouvert de gravier	27	Terrazo	61
Feutre asphalté 5 plis recouvert de gravier	32	Carreau de vinyle de 3 mm	7
Feutre asphalté 3 plis sans gravier	15	Carreau de linoléum de 5 mm	5
Feutre asphalté 5 plis sans gravier	20	Carreau de liège de 2 mm	2
Bardeau de bois	10	Carreau de caoutchouc ou d'asphalte de 5 mm	10
Bardeau d'amiante	15	Carreau de céramique ou de pavage de 19 mm	54
Bardeau d'asphalte	12	Tapis	10
Bardeau d'ardoise de 6 mm	49		
Tuile	68	Toitures et Dalles	
Cloisons		Tablier de toiture en acier de 38 mm : Cal. 14	24
Cloison en acier	20	Cal. 16	20
Paroi de plâtre au sable de 5 cm	98	Cal. 18	15
Paroi de plâtre et agrégats légers de 5 cm	59	Cal. 20	12
Colombage et lattes métalliques et 19 mm et de placoplâtre de plâtre de chaque côté	88	Cal. 22	10
Colombage en métal ou en bois, placoplâtre et 13 mm de plâtre de chaque côté	88	Tablier de toiture alvéolaire de 38 mm : Cal. 12/12	54
Plâtre de 13 mm d'épaisseur	20	Cal. 14/14	39
Brique creuse de : 50 mm	63	Cal. 16/16	32
75 mm	78	Cal. 18/18	24
100 mm	88	Cal. 20/20	17
125 mm	98	Tablier de toiture alvéolaire de 76 mm : Cal. 12/12	61
150 mm	122	Cal. 14/14	46
Bloc de béton de laitier creux de : 100 mm	117	Cal. 16/16	37
150 mm	171	Cal. 18/18	29
Bloc de gypse creux de : 75 mm	49	Cal. 20/20	22
100 mm	63	Béton armé, par 2,5 cm	61
125 mm	76	Béton de gypse, par 2,5 cm	24
150 mm	81	Béton léger, par 2,5 cm	25-50
Bloc de gypse plein de : 50 mm	46		
75 mm	63	Divers	
Murs de maçonnerie (par 100 mm d'épaisseur)		Fenêtre, vitre et châssis	39
Brique	195	Lanterneau, vitre et châssis	59
Brique en verre	98	Feuille d'amiante ondulée de 6 mm	17
Bloc de béton creux	146	Vitrage de 6 mm	17
Bloc de béton de laitier creux	117	Verre ordinaire	7
Bloc de béton de mâchefer creux	98	Feuille de plastique de 6 mm	7
Bloc haydite creux	107	Tôle d'acier ondulée, galvanisée Cal. 12	27
Pierre	268	Cal. 14	20
Brique creuse porteuse	112	Cal. 16	15
		Cal. 18	12
		Cal. 20	10
		Cal. 22	7
		Solives en bois – 400 mm C-C : 50 x 300	17
		50 x 250	15
		50 x 200	12
		Plaque d'acier, par 1 cm	195

Section 2

Câbles textiles, nœuds et amarres

- ☐ **Caractéristiques des câbles textiles**
- ☐ **Inspection des câbles textiles**
- ☐ **Charge maximale d'utilisation (CMU)**
- ☐ **Entretien, remisage et utilisation**
- ☐ **Nœuds et amarres**

CÂBLES TEXTILES, NŒUDS ET AMARRES

Les câbles textiles ont de nombreuses applications dans les manœuvres de levage et de gréage.

Offerts dans un vaste éventail de fibres synthétiques et naturelles, les câbles textiles peuvent servir notamment :

- d'élingues pour lever des charges ;
- de cordes pour le levage manuel de charges légères ;
- de câbles de halage pour guider et stabiliser les charges.

Il existe d'innombrables situations où le gréeur devra réaliser un nœud ou une amarre solide et fiable dans un câble textile au cours des manœuvres de gréage.

Par exemple, celui-ci sera appelé en maintes occasions à attacher un crochet, confectionner une boucle à l'extrémité d'une élingue ou fixer un câble de halage à une charge.

La présente section porte sur le choix approprié, l'inspection et l'utilisation des câbles textiles dans les manœuvres de gréage et de levage. On y explique également comment réaliser diverses sortes de nœuds et d'amarres.

Caractéristiques des câbles textiles

Les câbles textiles sont faits de fibres naturelles ou synthétiques. Les câbles en fibres naturelles doivent être utilisés avec prudence par le gréeur, car ils n'offrent pas une résistance aussi constante que les câbles en fibres synthétiques et sont beaucoup plus susceptibles d'être détériorés par le pourrissement, la moisissure et les produits chimiques.

Le câble de **polypropylène** est le câble textile le plus couramment utilisé dans les manœuvres de gréage. Il flotte sans absorber l'eau et offre une résistance à l'allongement supérieure à celle d'autres fibres synthétiques comme le nylon. Il est toutefois sensible à l'action des rayons ultraviolets (au soleil) et ne doit pas être laissé à l'extérieur pendant de longues périodes. Il a également tendance à ramollir à la chaleur et n'est donc pas recommandé pour les travaux effectués sous une chaleur intense.

Le câble de **nylon** est particulièrement prisé pour la résistance de ses fibres. Beaucoup plus résistant qu'un câble de polypropylène de même calibre et de fabrication identique, il n'est toutefois pas très utilisé par les gréeurs en raison de l'élasticité de ses fibres. Il coûte également plus cher, perd de sa résistance lorsqu'il est mouillé et offre peu de résistance aux acides.

Le câble de **polyester** est plus résistant que le câble de polypropylène mais pas autant que le câble de nylon. Il offre également une bonne résistance aux acides, aux alcalis et à l'abrasion. Moins élastique que le nylon, le polyester résiste bien à l'action des rayons ultraviolets et ne ramollit pas sous l'effet de la chaleur.

Tous les câbles textiles sont conducteurs d'électricité lorsqu'ils sont mouillés. À l'état sec toutefois, le polypropylène et le polyester possèdent des propriétés isolantes largement supérieures à celles du nylon.

Inspection des câbles textiles

Il convient d'inspecter les câbles textiles régulièrement et avant chaque utilisation. L'évaluation de la résistance d'un câble doit se faire sur la section la plus détériorée.

Vérifier d'abord si le câble présente des signes externes d'usure ou de coupure, des variations du diamètre et de la forme des torons ou des traces de décoloration. Vérifier aussi le degré d'élasticité du câble, qui donne une indication de la durée de vie qu'il lui reste.

Décommettre ensuite les torons en prenant garde de ne pas former de coques ou de déformer le câble. L'intérieur doit être aussi lustré et propre que lorsque le câble était neuf. Vérifier s'il y a présence de brins cassés, de torons ou de brins trop lâches ou de dépôts poudreux, signe d'une usure interne excessive entre les torons attribuable à une flexion dans un mouvement de va-et-vient du câble pendant les manœuvres.

Si l'intérieur du câble est sale, si les torons ont commencé à se décommettre ou si le câble a perdu de son élasticité, il ne doit pas être utilisé pour lever des charges.

Vérifier si les accessoires sont déformés. Si une cosse n'est pas bien assujettie dans une boucle, la resserrer au moyen d'une surliure (fig. 2.1). S'assurer que toutes les épissures sont en bon état et que les passes sont bien fixées (fig. 2.2).

Figure 2.1

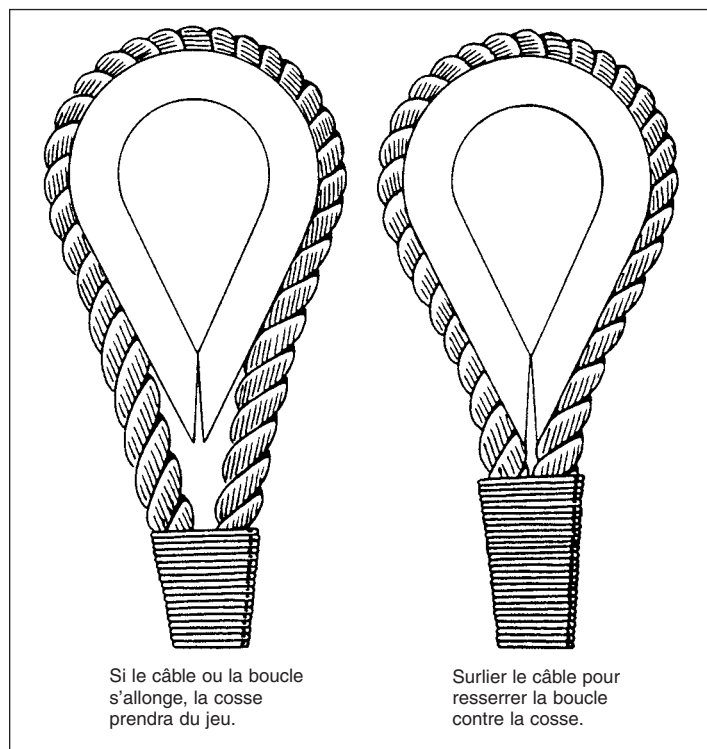
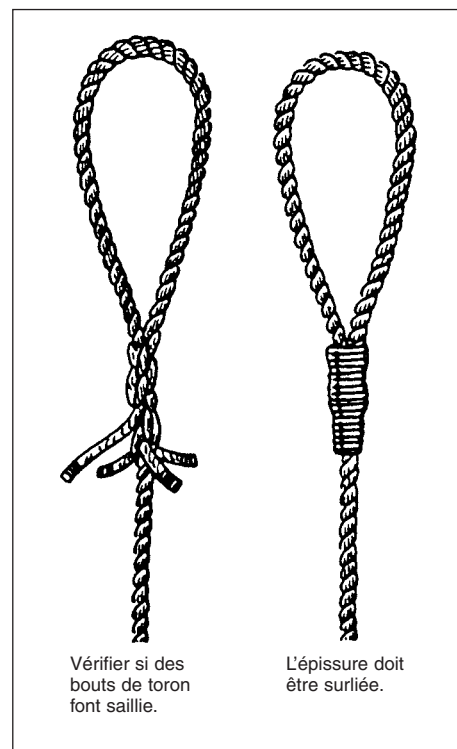


Figure 2.2



Les câbles textiles défectueux ou endommagés doivent être détruits ou coupés de manière à les rendre inutilisables pour le levage.

Facteurs de sécurité

Les câbles textiles doivent avoir un facteur de sécurité qui tient compte des charges plus lourdes que celles qui sont levées ainsi que d'une diminution de capacité attribuable aux causes suivantes :

- usure, fibres et mèches cassées, âge du câble, variations de diamètre et de qualité ;
- efforts additionnels imposés par les départs, les arrêts, les balancements et les secousses ;
- augmentations de la tension exercée sur le câble en raison de la friction sur les poulies ;
- diminution de la résistance du câble causée par sa flexion dans les poulies ;
- inexactitudes relatives au poids des charges ;
- mouillage et séchage successifs du câble, moisissure et pourriture ;
- diminution de la résistance due à la présence de nœuds ;
- affaiblissement des mèches causé par la poussière et les abrasifs.

Le facteur de sécurité de tous les câbles textiles est de 5 ; il est de 10 lorsqu'on s'en sert pour lever ou soutenir des personnes.

Le facteur de sécurité n'offre pas une capacité de levage additionnelle. La charge maximale d'utilisation ne doit jamais être dépassée.

Charge maximale d'utilisation (CMU)

Il est possible de calculer la charge maximale d'utilisation au moyen de la formule présentée à la figure 2.3.

Figure 2.3

$$\begin{aligned} \text{CMU} &= \frac{\text{Résistance à la rupture}}{\text{Facteur de sécurité}} \\ &= \frac{\text{Résistance à la rupture}}{5} \end{aligned}$$

Par exemple, un câble dont la résistance à la rupture est de 1 500 kg a une charge maximale d'utilisation de 300 kg

$$\frac{1\,500\text{ kg}}{5} = 300\text{ kg}$$

Les tableaux de la figure 2.4 ne sont donnés qu'à titre d'illustration des CMU. Il importe de consulter les charges de rupture fournies par les fabricants pour déterminer la CMU du câble que l'on se propose d'utiliser. Ces valeurs peuvent différer de celles données dans les tableaux.

Les CMU données dans ces tableaux s'appliquent aux câbles textiles à trois torons d'usage courant, sans nœuds ni amarres.

Charges maximales d'utilisation des câbles textiles

Figure 2.4

CHARGES MAXIMALES D'UTILISATION APPROXIMATIVES DES CÂBLES TEXTILES NEUFS – Kg Câbles à 3 torons Facteur de sécurité = 5					
Diamètre mm	Manille	Nylon	Polypropylène	Polyester	Polyéthylène
5	45	90	70	90	70
6	55	135	100	135	100
8	90	230	180	230	160
10	120	320	230	320	230
13	240	570	380	550	360
16	400	910	590	860	480
20	500	1 270	770	1 100	680
22	700	1 720	1 000	1 540	950
26	810	2 180	1 315	1 900	1 130
29	1 100	2 860	1 700	2 540	1 500
32	1 200	3 270	1 900	2 860	1 680
38	1 700	4 600	2 700	4 040	2 400
42	2 050	5 600	3 300	4 900	2 950
45	2 400	6 800	3 950	5 850	3 600
51	2 800	8 100	4 700	6 900	4 300

CHARGES MAXIMALES D'UTILISATION APPROXIMATIVES DES CÂBLES NEUFS EN FIBRES SYNTHÉTIQUES TRESSÉES (kg) FACTEUR DE SÉCURITÉ = 5			
Diamètre nominal du câble (mm)	Enveloppe de nylon, âme de nylon	Enveloppe de nylon, âme de polypropylène	Enveloppe de polyester, âme de polypropylène
6	200	–	170
8	300	–	250
10	400	300	300
11	550	450	500
13	700	700	600
14	950	800	–
16	1 100	950	1 100
20	1 600	1 450	1 300
22	2 200	1 900	1 700
26	2 600	2 200	2 550
29	3 600	3 200	–
32	4 000	3 600	–
38	5 800	5 600	–
42	7 300	6 300	–
45	8 800	8 100	–
51	10 700	9 100	–

Attention – Ces tableaux ne sont donnés qu'à titre d'illustration des CMU. Il importe de consulter les valeurs nominales fournies par les fabricants pour déterminer la CMU du câble que l'on se propose d'utiliser.

Lorsqu'il n'existe pas de tableau des charges, on peut utiliser les méthodes de calcul suivantes pour les câbles **neufs** en nylon, en polypropylène, en polyester et en polyéthylène.

Toutefois, étant donné que l'on dispose rarement de câbles neufs, il importe de faire preuve de jugement dans le choix des valeurs à utiliser.

En cas de doute sur le type de câble ou sur son état, éviter de l'utiliser. Il n'existe aucun substitut à la sécurité.

Câble de manille

- Diviser le diamètre du câble par 3.
- Calculer le carré du quotient arrondi et multiplier le résultat par 10.

Exemple :

- a) Câble de manille de 13 mm / 3 = 4,33
CMU = $4 \times 4 \times 10 = 160$ kg
- b) Câble de manille de 16 mm / 3 = 5,33
CMU = $5 \times 5 \times 10 = 250$ kg
- c) Câble de manille de 25 mm / 3 = 8,33
CMU = $8 \times 8 \times 10 = 640$ kg

Câble de nylon

- Diviser le diamètre du câble par 3.
- Calculer le carré du quotient arrondi et multiplier le résultat par 30.

Exemple :

- a) Câble de nylon de 13 mm / 3 = 4,33
CMU = $4 \times 4 \times 30 = 480$ kg

Câble de polypropylène

- Diviser le diamètre du câble par 3.
- Calculer le carré du quotient arrondi et multiplier le résultat par 20.

Exemple :

- a) Câble de polypropylène de 13 mm / 3 = 4,33
CMU = $4 \times 4 \times 20 = 320$ kg

Câble de polyester

- Diviser le diamètre du câble par 3.
- Calculer le carré du quotient arrondi et multiplier le résultat par 25.

Exemple :

- a) Câble de polyester de 13 mm / 3 = 4,33
CMU = $4 \times 4 \times 25 = 400$ kg

Câble de polyéthylène

- Diviser le diamètre du câble par 3.
- Calculer le carré du quotient arrondi et multiplier le résultat par 15.

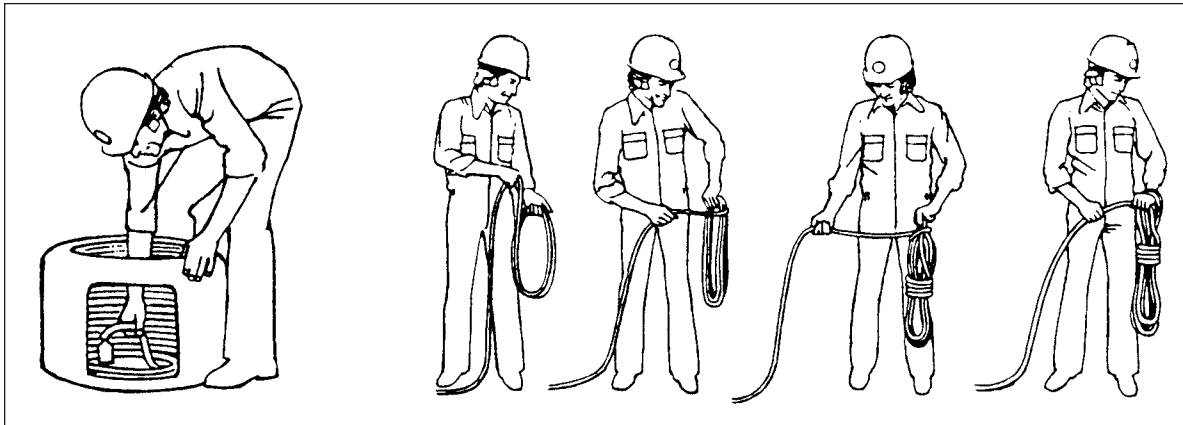
Exemple :

- a) Câble de polyéthylène de 25 mm / 3 = 8,33
CMU = $8 \times 8 \times 15 = 960$ kg

Entretien, remisage et utilisation

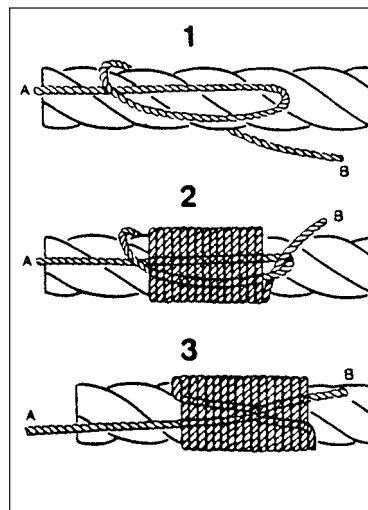
- Pour dérouler un câble textile neuf, déposer le rouleau à plat sur le sol de manière que l'extrémité intérieure du câble soit du côté du sol. Saisir l'extrémité intérieure du câble en passant la main à l'intérieur du rouleau et dérouler le câble dans le sens antihoraire.
- Après son utilisation, enrouler le câble dans le sens horaire en le tenant de la main gauche jusqu'à ce qu'il ne reste qu'environ 4,5 m de câble non enroulé. En commençant à environ 30 cm de l'extrémité supérieure du rouleau ainsi formé, enrouler le câble environ six fois autour des boucles. Avec la main gauche, passer l'extrémité du câble à travers les boucles et faire une ou deux demi-clés pour empêcher le câble de se dérouler (fig. 2.5).

Figure 2.5



- Enlever les coques avec précaution, sans jamais tenter de les défaire en tirant le câble afin de ne pas l'endommager gravement et diminuer sa résistance.
- Lorsqu'un câble textile est coupé, ses extrémités doivent être attachées ou surliées pour empêcher les torons de se décommettre. La figure 2.6 illustre la bonne méthode à employer.

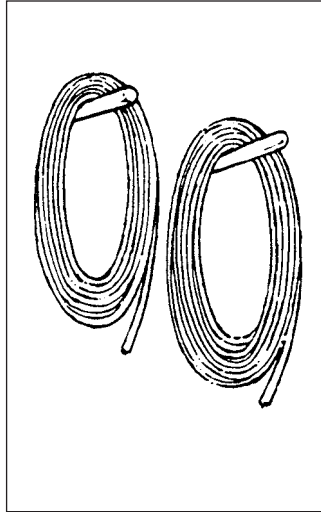
Figure 2.6



Remisage

- Remiser les câbles textiles dans une pièce fraîche et sèche dotée d'une bonne circulation d'air, à une température entre 10 et 21 °C et une humidité relative de 40 à 60 %.
- Suspending les câbles en rouleaux lâches à de grosses chevilles de bois situées à bonne distance du plancher (figure 2.7).

Figure 2.7



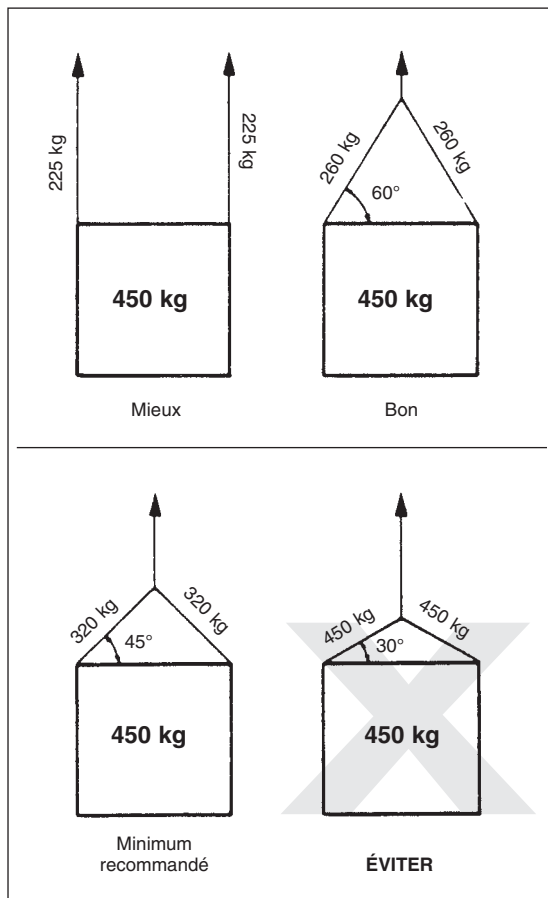
- Mettre les câbles à l'abri des intempéries, de l'humidité et du soleil. Les tenir à l'écart des gaz d'échappement et des émanations de produits chimiques, ainsi que des sources de chaleur telles que chaudières, radiateurs et tuyaux de vapeur.
- Laisser les câbles textiles sécher avant de les remiser. L'humidité accélère le pourrissement et facilite la formation de coques. Les câbles gelés doivent être complètement dégelés avant de les utiliser, sinon les fibres risquent de casser. Laisser les câbles gelés ou mouillés sécher naturellement.
- Laver les câbles sales à l'eau fraîche propre et les suspendre pour les sécher.

Utilisation

- Ne jamais surcharger un câble. Appliquer le facteur de sécurité de 5 (ou de 10 si le câble doit servir à supporter ou lever des personnes) en se gardant une certaine marge de sécurité pour tenir compte de l'âge et de l'état du câble.
- Ne jamais traîner un câble sur le sol afin que l'abrasion qui en résulte ne l'use prématurément, ne coupe des fils ou ne bourre sa surface de particules.
- Ne jamais traîner un câble sur des arêtes vives ou rugueuses ou sur lui-même. Installer des protecteurs sur les arêtes et les rebords des charges pour le protéger.
- Ne jamais tirer un câble textile autrement qu'en ligne droite ; les courbures empêchent une distribution égale de la tension entre les fibres.

- Les boucles des câbles doivent toujours être munies de cosses, car celles-ci réduisent l'usure et la tension.
- Maintenir les élingues à un angle supérieur à 45° . Un angle plus aigu peut augmenter considérablement la charge sur chaque élingue (figure 2.8). Cette précaution est également valable pour les élingues métalliques.
- Ne jamais utiliser de câbles textiles à proximité de travaux de soudage ou de découpage au chalumeau. Les étincelles et le métal fondu peuvent couper le câble ou l'enflammer.
- Tenir les câbles textiles à bonne distance des sources de chaleur intense. Éviter de les exposer inutilement au soleil afin de ne pas les détériorer et affaiblir leur résistance.
- Ne jamais relier un câble commis à gauche avec un câble commis à droite.
- Lorsqu'on doit joindre un câble métallique à un câble textile, on doit toujours munir les boucles de cosses de métal afin d'éviter que le câble métallique ne coupe le câble textile.
- Lorsqu'on utilise un palan, s'assurer d'utiliser un câble de dimension appropriée aux poulies. Celles-ci doivent avoir un diamètre égal à au moins six fois, et de préférence 10 fois, celui du câble.

Figure 2.8

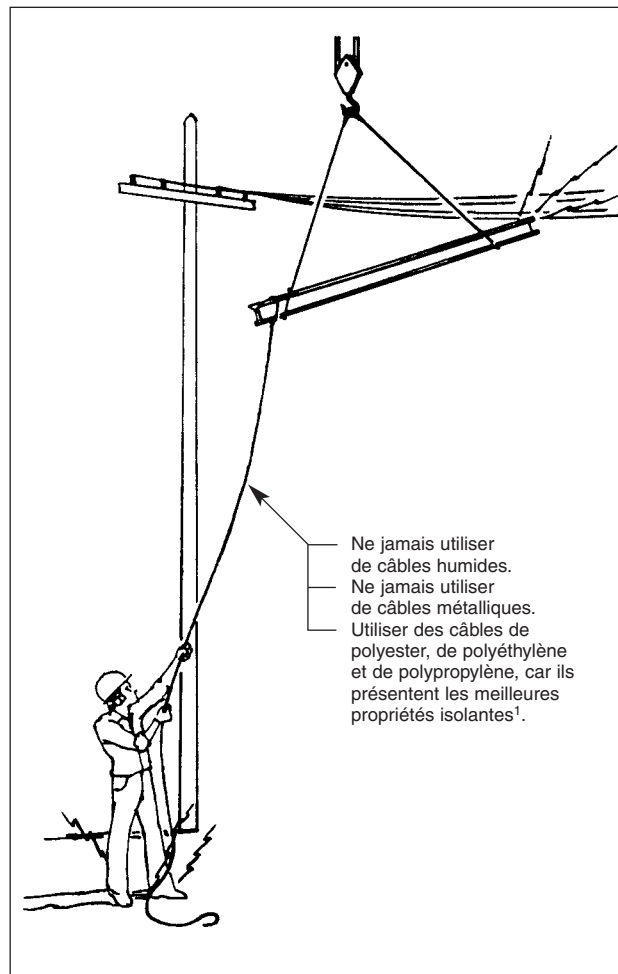


Propriétés isolantes

Il arrive parfois que l'on doive utiliser des câbles à proximité de lignes électriques. Il importe donc de bien connaître les propriétés isolantes des câbles.

Tous les câbles sont conducteurs d'électricité lorsqu'ils sont mouillés. En présence d'humidité toutefois, les câbles de polyester, de polyéthylène et de polypropylène ont de bonnes propriétés isolantes, que le taux d'humidité soit faible ou élevé.

Les câbles de nylon ne sont pas recommandés dans les situations nécessitant une bonne isolation contre les hautes tensions. Le nylon absorbe l'humidité de l'air et, à moins que le câble ne soit sec et verni, ses propriétés isolantes varient énormément.



¹ NdT : Cette méthode de travail est interdite au Québec. L'employeur doit faire en sorte qu'aucune pièce, charge, équipement ou personne ne risque de s'approcher d'une ligne électrique sous tension à moins des distances réglementaires prévues.

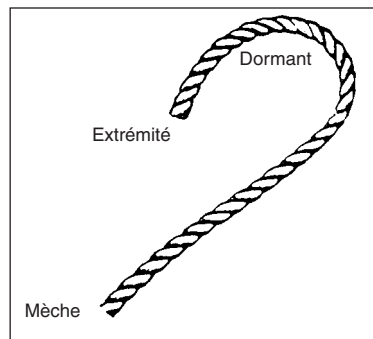
Nœuds et amarres

Éviter dans la mesure du possible de faire des nœuds dans les câbles. Les nœuds, les raccords et les amarres réduisent considérablement la résistance des câbles. Cette diminution du degré de résistance dépend du type de nœud et de la manière dont il est fait. Pour fixer un câble à une charge, la meilleure solution consiste à installer un crochet à une extrémité épissée du câble ou à utiliser un accessoire de gréage usuel tel qu'une élingue ou une manille.

Dans certains cas cependant, par exemple lorsque l'on doit lever ou descendre des outils ou des charges légères, les nœuds s'avèrent plus pratiques et efficaces que les autres méthodes de gréage.

En matière de nœuds, les câbles se divisent en trois parties (figure 2.9).

Figure 2.9

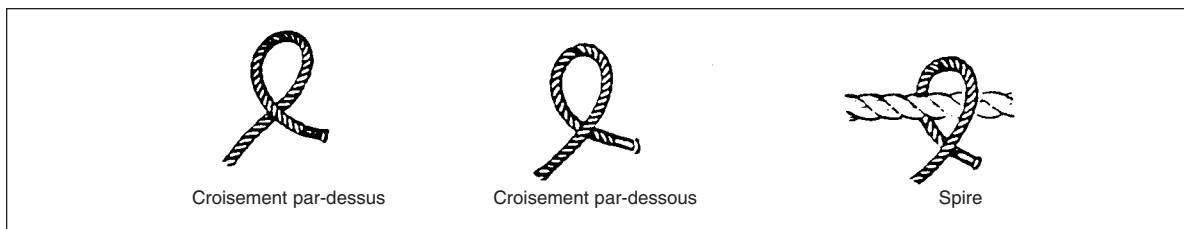


L'**extrémité** est la partie où l'on fait le nœud, le **dormant** est la partie fixe du câble et la **mèche** est la partie médiane.

L'ordre dans lequel le nœud est réalisé est extrêmement important, mais tout aussi importante est la direction dans laquelle pointe l'extrémité ainsi que sa position par rapport aux autres parties (au-dessus, en dessous ou autour) pendant la confection du nœud.

Il existe trois types de boucle : à croisement par-dessus, à croisement par-dessous et à spire (figure 2.10).

Figure 2.10



Attention – Les nœuds doivent toujours être réalisés en suivant précisément l'ordre dans lequel les croisements doivent être effectués. Si l'une des extrémités du câble doit être croisée par-dessous, on doit le faire de cette manière. Sinon, on réalisera un tout autre nœud... ou pas de nœud du tout. Une fois le nœud réalisé, on doit le serrer lentement et avec précaution afin de s'assurer que ses sections sont serrées uniformément et conservent une position appropriée.

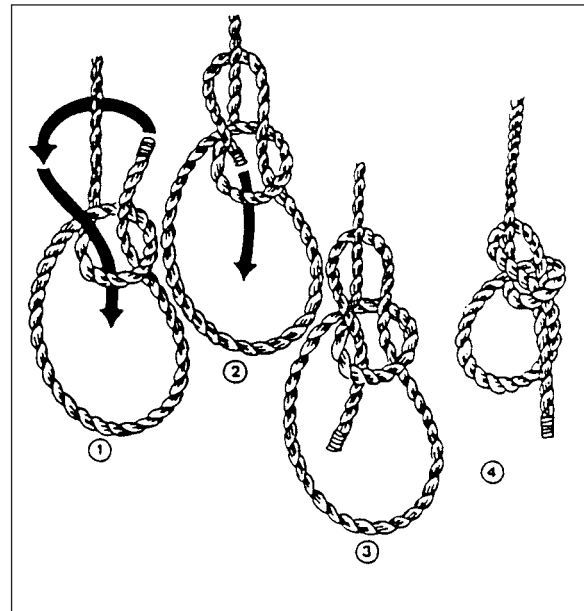
Nœud de chaise

Ce nœud ne se coince jamais et ne glisse pas s'il est correctement réalisé. Il peut servir de nœud universel s'il est convenablement fait et défait. Deux nœuds de chaise peuvent servir à joindre deux câbles, tandis qu'un nœud simple suffit à lever une charge ou à amarrer un câble à un anneau.

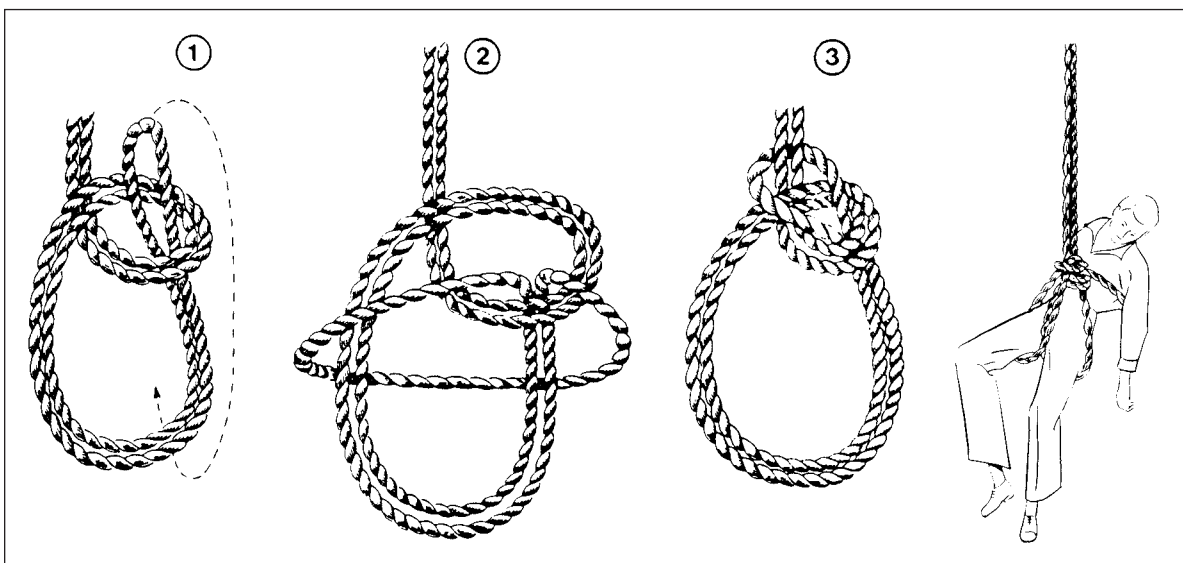
Nœud de chaise double

Ce nœud sert à réaliser un nœud de chaise au milieu d'un câble ou à confectionner une attache à double panier pour lever un tuyau. On peut aussi s'en servir comme élingue pour soulever une personne; celle-ci s'assoit dans une boucle et passe l'autre boucle dans son dos et sous les bras.

Nœud de chaise



Nœud à de chaise double



Nœud plat

Ce nœud peut servir à joindre deux câbles de même diamètre. Il ne convient pas pour les câbles mouillés ou glissants et doit être utilisé avec précaution, car il se défait facilement lorsque l'on tire sur l'une de ses extrémités libres. Le brin mort et le brin sous tension doivent sortir des boucles du même côté.

Nœud à deux demi-clés

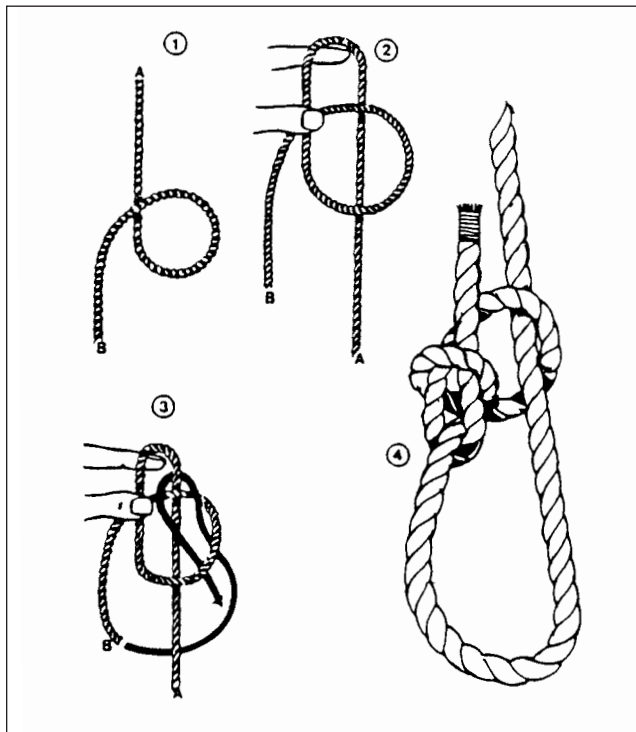
Ce nœud facile à réaliser est sûr et convient à pratiquement tous les usages de nature générale.

Nœud de laguis (coulant)

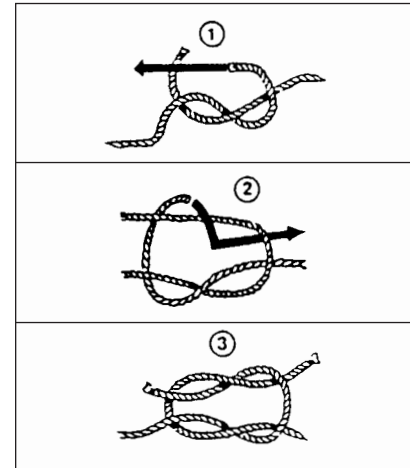
Ce nœud sert surtout à suspendre des charges au moyen de câbles de diamètres différents. Le poids de la charge détermine la tension d'adhérence du nœud.

Pour réaliser ce nœud, faire une boucle à croisement par-dessus en tenant l'extrémité du câble vers soi (1). En tenant la boucle avec le pouce et les doigts, ramener le dormant derrière la boucle (2). Passer ensuite l'extrémité du câble derrière le dormant, l'amener vers le haut et la passer dans la boucle (3). La passer ensuite derrière le dormant au haut de la boucle et la ramener vers le bas à travers la boucle (4).

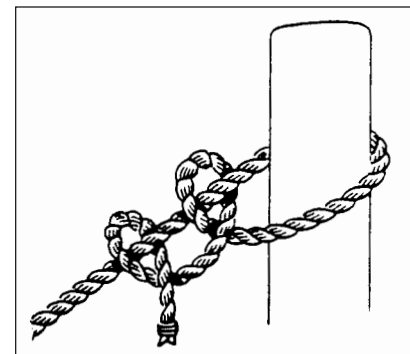
Nœud de laguis (coulant)



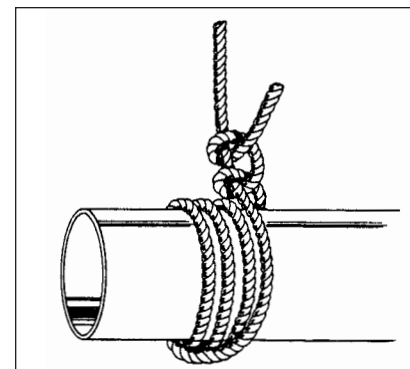
Nœud plat



Nœud à deux demi-clés



Amarres de tuyauterie

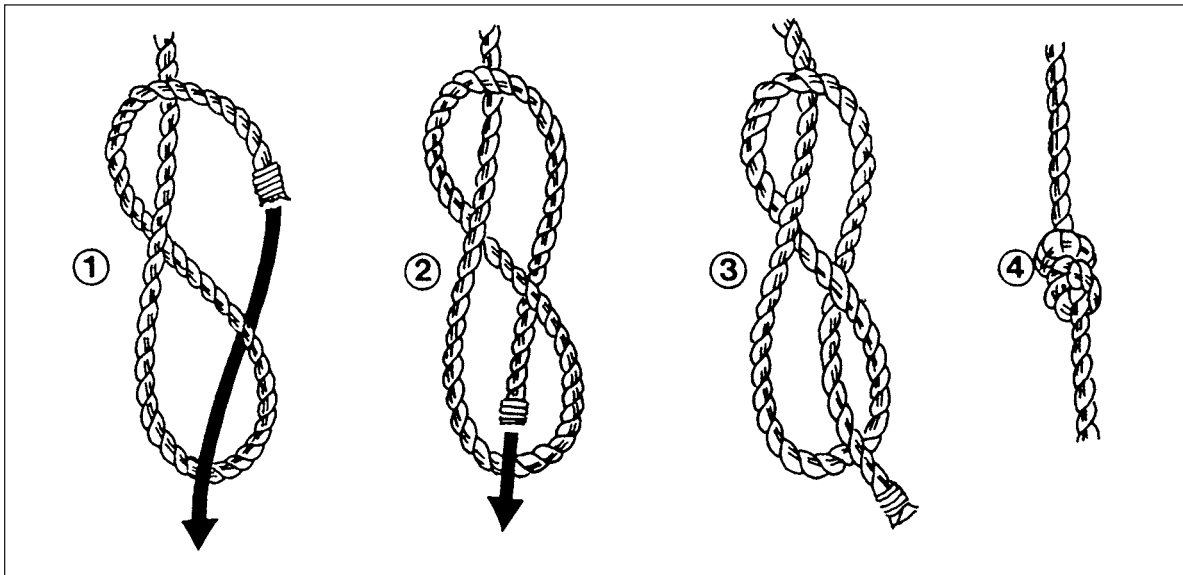


Nœud en huit

Ce nœud est généralement réalisé à l'extrémité d'un câble pour empêcher temporairement les torons de se décommettre. Facile et rapide à réaliser, il ne se coince pas aussi facilement que le nœud demi-clé. Il est en outre plus gros et plus résistant et il n'endommage pas les fibres du câble. Le nœud en huit sert également à empêcher un câble de se dégager d'un moufle ou d'un œil.

Pour réaliser ce nœud, faire une boucle à croisement par-dessous (1), puis ramener l'extrémité autour du dormant et par-dessus celui-ci (2) avant de la passer à travers la boucle (3). Serrer ensuite fermement le nœud (4).

Nœud en huit



Section 3

Gréement, câbles métalliques et élingues

- ☐ Câbles métalliques
- ☐ Inspection des câbles métalliques
- ☐ Méthodes et précautions à prendre avec les câbles métalliques
- ☐ Élingues
- ☐ Configurations des élingues
- ☐ Angles d'élingage
- ☐ Centre de gravité
- ☐ Charge maximale d'utilisation
- ☐ Types d'élingues
- ☐ Accessoires de gréage
- ☐ Conseils pour le levage

GRÉEMENT, CÂBLES MÉTALLIQUES ET ÉLINGUES

Le gréeur doit être en mesure de bien assujettir la charge afin d'assurer sa stabilité au moment du levage. À cet égard, il importe de bien connaître les configurations d'élingues sécuritaires ainsi que l'utilisation des accessoires de levage tels que les manilles, les boulons à œil et les serre-câbles.

La détermination de la charge maximale d'utilisation (CMU) du matériel de gréage et du poids de la charge à lever constitue une exigence fondamentale dans l'adoption de méthodes de gréage sûres.

Lorsque le gréeur a des motifs raisonnables de croire qu'une pièce d'équipement ou un palan est dangereux ou n'est pas adapté au travail à effectuer, il ne doit pas s'en servir avant d'avoir signalé la défectuosité à un membre du personnel de supervision, reçu confirmation que l'équipement est de nouveau sécuritaire et reçu l'autorisation de procéder par une personne ayant autorité, qui assume alors la responsabilité de la sécurité de toutes les personnes affectées aux manœuvres.

Les charges maximales d'utilisation des équipements de levage et de gréage sont établies selon des/à partir de conditions quasi idéales que l'on trouve rarement sur le terrain. Il importe donc de savoir reconnaître les facteurs susceptibles d'influer sur les CMU nominales de l'équipement, tels que l'usure, un angle d'élingage incorrect, un chargement à la pointe d'un crochet ou le déséquilibre du centre de gravité.

La présente section explique comment choisir et utiliser de manière appropriée divers types d'élingues et d'accessoires de gréage. Elle traite notamment des facteurs susceptibles de réduire la capacité de levage, de l'inspection destinée à repérer les signes d'usure, du calcul des angles d'élingage sûrs et des exigences du *Règlement concernant les chantiers de construction* (NdT : de l'Ontario) relatives aux élingues et aux accessoires de gréage.

Câbles métalliques

Choix

Lorsque l'on procède au choix de l'équipement en vue d'effectuer un travail, on doit non seulement tenir compte du fait que le travail doit être effectué de façon aussi rapide et économique que possible, mais aussi qu'il ne doit présenter aucun danger pour le personnel, le public et les biens, tant et aussi longtemps que l'équipement sera utilisé et dans toutes les conditions d'utilisation.

Bien que rien ne puisse remplacer l'expérience dans ce genre de décision, il est tout de même possible de passer en revue certains des principaux points dont il faut tenir compte.

De nombreux facteurs influent sur le choix du câble métallique approprié. La résistance du câble, bien que très importante, n'est que l'un des facteurs à considérer. On doit en effet porter attention aux autres facteurs tels que le diamètre du câble, la sorte d'acier utilisé, le type et la composition spécifiés par le fabricant de l'équipement ou du câble, dont les recommandations se fondent sur les conditions d'utilisation réelles.

Il importe de toujours tenir compte des six exigences fondamentales suivantes dans le choix du câble approprié :

- 1) Le câble doit être assez résistant pour supporter la tension maximale qui peut lui être imposée, tout en ayant un facteur de sécurité d'au moins 5 pour les objets et de 10 lorsqu'il sert à transporter des personnes.

Les câbles métalliques des grues doivent avoir les facteurs de sécurité suivants :

- ☐ câbles mobiles qui s'enroulent sur des tambours ou qui passent sur des poulies
= 3,5 dans les conditions d'utilisation habituelles
= 3,0 lorsqu'on monte la flèche
- ☐ tirants ou câbles fixes
= 3,0 dans les conditions d'utilisation habituelles
= 2,5 lorsqu'on monte la flèche

- 2) Le câble doit résister à des flexions répétées sans qu'il y ait rupture de fils résultant de la fatigue.
- 3) Le câble doit résister à l'abrasion.
- 4) Le câble doit résister à la déformation et à l'écrasement.
- 5) Le câble doit résister à la rotation.
- 6) Le câble doit résister à la corrosion.

Composition des câbles métalliques

Le nombre de fils constitue un important facteur de détermination des caractéristiques d'un câble métallique. Un autre facteur dont il faut tenir compte est l'arrangement des fils dans chacun des torons du câble.

Principaux types de câbles

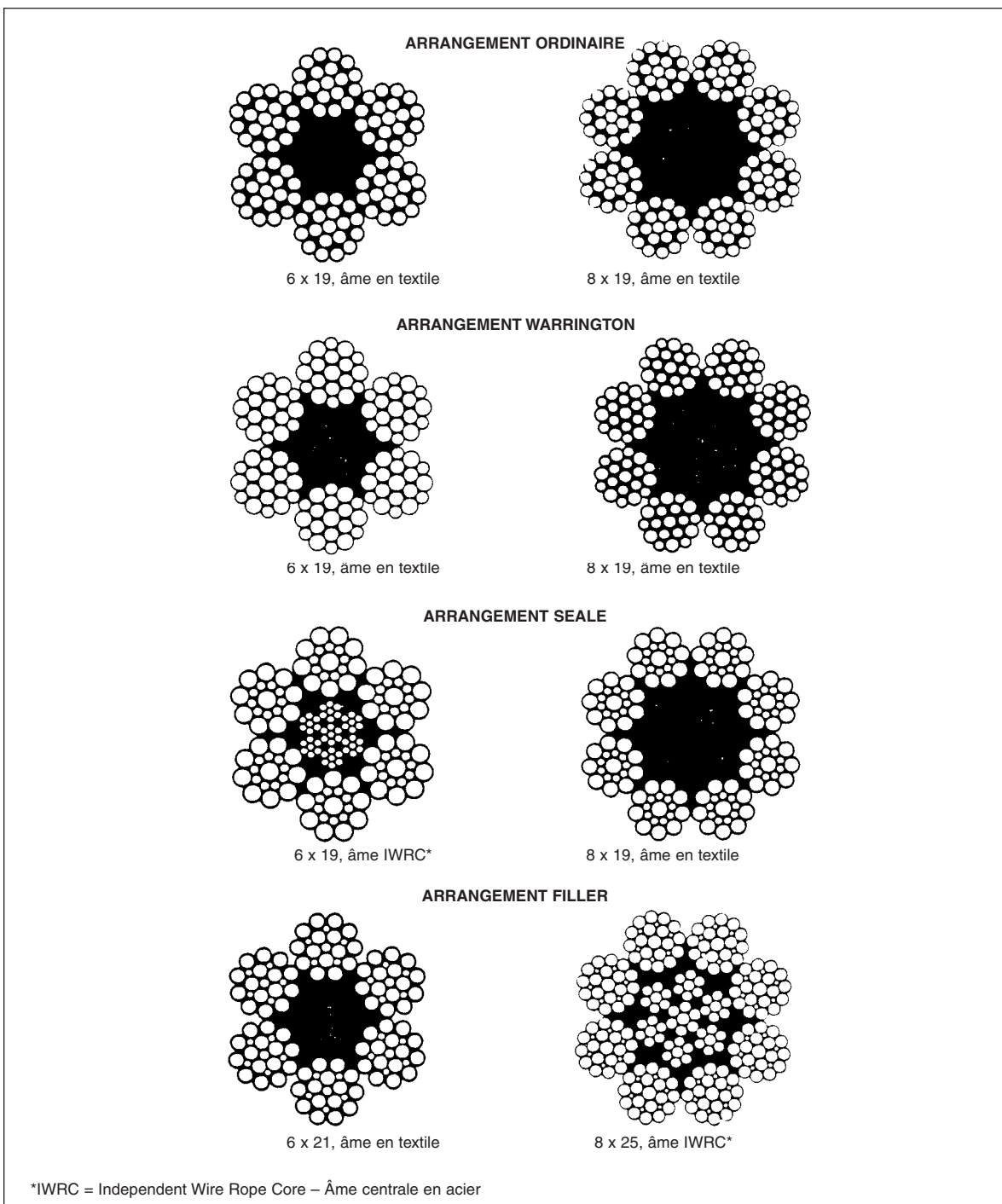
Les quatre principaux arrangements sont présentés à la figure 1.

- 1) **Arrangement ordinaire** – Tous les fils sont de même diamètre.
- 2) **Arrangement Warrington** – La couche extérieure présente une alternance de gros et de petits fils.
- 3) **Arrangement Filler** – L'espace entre les gros fils est comblé par de petits fils.
- 4) **Arrangement Seale** – La couche extérieure est constituée de fils plus gros que la couche intérieure.

Dans les câbles ordinaires, les torons sont constitués en couches. Le toron de base à sept fils se compose de six fils disposés autour d'un fil central. Un toron à 19 fils est constitué d'un toron à sept fils revêtu d'une couche extérieure de 12 fils. En y ajoutant une troisième couche de 18 fils, on obtient un toron de 37 fils.

Dans ce genre d'arrangement, les fils de chaque couche ont des pas d'enroulement différents. En d'autres termes, le contact entre les fils des couches adjacentes s'effectue selon un certain angle qui fait en sorte que lorsque le câble est sous tension, les fils frottent les uns contre les autres en imprimant un mouvement de sciage qui, à la longue, entraîne leur rupture aux points de frottement.

Figure 1 – Principaux arrangements des câbles métalliques



Inspection des câbles métalliques

Il est essentiel de posséder un programme bien planifié d'inspections périodiques des câbles par un inspecteur d'expérience.

Tous les câbles métalliques en service continu doivent faire l'objet d'une vérification quotidienne dans le cours normal des activités et subir une inspection hebdomadaire. Au moins tous les mois, ceux-ci doivent en outre être soumis à une inspection minutieuse exhaustive. Les câbles n'ayant pas servi depuis un mois ou plus doivent également subir une inspection minutieuse avant d'être remis en service.

Le dossier de chaque câble doit comprendre la date d'installation, son diamètre, le type d'arrangement, sa longueur, sa durée de service et un relevé de tous les défauts observés.

Il appartient à l'inspecteur de décider si un câble doit être mis hors service. Sa décision doit se fonder sur les critères suivants :

- 1) détails de l'équipement avec lequel le câble est utilisé ;
- 2) dossier d'entretien de l'équipement ;
- 3) conséquences d'une éventuelle défaillance ;
- 4) expérience avec de l'équipement analogue.

Les conditions suivantes doivent être vérifiées lors de l'inspection.

Fils cassés

Les ruptures de fils occasionnelles sont normales pour la plupart des câbles et ne posent pas de problèmes graves si l'intervalle entre les ruptures est suffisamment espacé. Il convient toutefois de prendre note des sections touchées et de surveiller avec attention l'apparition d'autres ruptures. Les extrémités des fils cassés doivent être enlevées le plus rapidement possible en les pliant dans un sens et dans l'autre avec une paire de pinces. De cette manière, les fils cassés seront immobilisés entre les torons.

Les règlements sur la construction qui découlent de la Loi sur la santé et la sécurité au travail établissent les critères nécessitant le retrait d'un câble en fonction du nombre de fils cassés.

Fils endommagés par l'usure ou l'abrasion

Lorsqu'un câble devient usé par abrasion, les fils extérieurs prennent la forme d'un « D » et les sections usées prennent souvent un aspect luisant (fig. 2). Le câble doit être remplacé lorsque l'usure dépasse le tiers du diamètre des fils.

Diminution du diamètre du câble

La diminution du diamètre d'un câble peut être causée par l'abrasion des fils extérieurs, l'écrasement de l'âme, la rupture des fils intérieurs ou le relâchement du pas d'enroulement. Tous les câbles neufs allongent quelque peu et perdent en diamètre après leur mise en service.

Figure 2

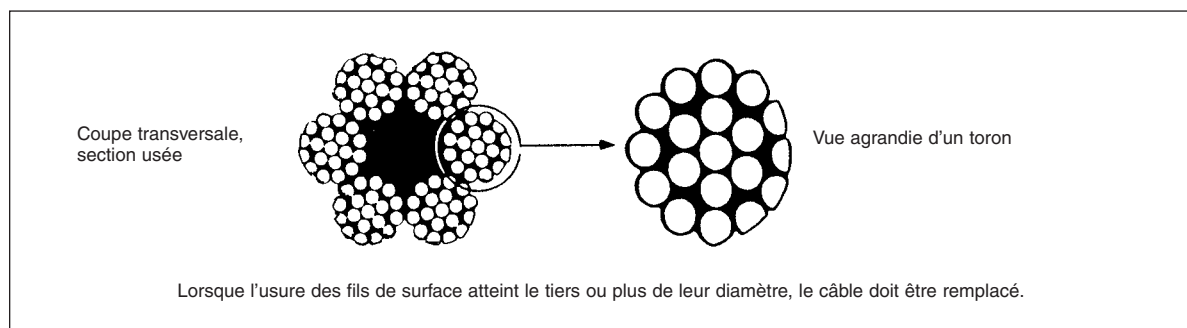


Figure 3 – Torons écrasés, coincés et aplatis



Fils déformés par suite de l'écrasement du câble sur un tambour.



Câble coincé après avoir déraillé d'une poulie.



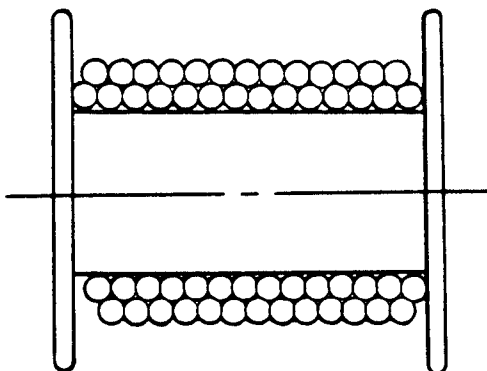
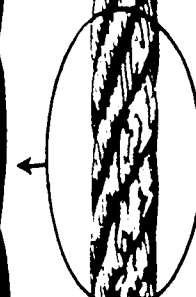
Câble écrasé sur un tambour. La déformation des fils et leur déplacement par rapport à leur position originale que l'on peut observer sont habituellement causés par la friction du câble sur lui-même.



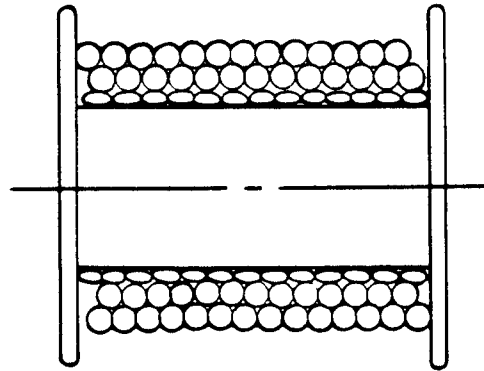
Écrasement localisé du câble.



Écrasement localisé du câble.



Si le tambour ne reçoit pas plus de deux couches de câble, utiliser n'importe quel type de câble.



Si le tambour doit recevoir plus de deux couches de câble, il y a risque d'écrasement et l'on doit utiliser un câble constitué de fils plus gros ou à âme IWRC.

Allongement du câble

Tous les câbles allongent quelque peu au cours de leur période de mise en service initiale. Il s'agit d'un allongement structural (« constructional stretch ») normal et permanent qui résulte du resserrement des fils et des torons sur l'âme lorsque le câble est sous tension. L'allongement du câble se reconnaît par l'augmentation du pas d'enroulement. Les câbles à six torons allongent d'environ 150 mm par 30 m de longueur et ceux à huit torons d'environ 250 mm par 30 m. Si l'allongement d'un câble dépasse ce seuil, on doit alors le remplacer.

Corrosion

La corrosion présente un grave danger, car elle peut se développer à l'intérieur du câble et passer totalement inaperçue. La corrosion interne accélère l'usure en raison d'une augmentation de l'abrasion causée par le frottement des fils les uns contre les autres. Lorsque des piquûres sont observées à la surface, il faut alors songer à remplacer le câble. Des traces visibles de rouille ainsi que des fils cassés à proximité des attaches sont également signe qu'il est temps de remplacer le câble. On peut limiter les dégâts causés par la corrosion en gardant le câble bien lubrifié.

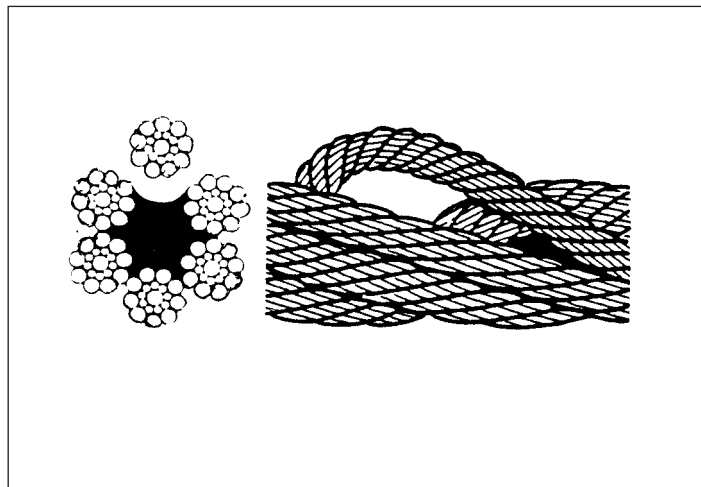
Torons écrasés, aplatis ou coincés

Ces trois conditions dangereuses nécessitent le remplacement du câble (fig. 3). Celles-ci sont souvent attribuables à l'écrasement du câble contre le tambour.

Torons en saillie et décommettage

Ces conditions entraînent une surcharge de tension sur les autres torons. On doit alors remplacer le câble ou refaire le raccord d'extrémité du câble afin de reprendre le commettage (fig. 4).

Figure 4 – Toron en saillie



Cage d'oiseau

Une déformation dite en cage d'oiseau (ou déformation en lanterne) se produit lorsqu'un câble est tordu ou subit le relâchement soudain d'une tension excessive (fig. 5). Dans un tel cas, on doit remplacer le câble ou la section endommagée.

Figure 5 – Déformation en cage d'oiseau



Déformation en cage d'oiseau causée par le décomettage de plusieurs torons résultant d'un déséquilibre de torsion. Déformation typique se produisant au point d'attache d'un mouflage à brins multiples.



Cage d'oiseau formée par un relâchement soudain de tension et le rebondissement du câble en surcharge. Les fils et les torons ne reprendront pas leur position originale.



Cage d'oiseau passée de force dans une gorge trop étroite.

Coques

Les coques sont causées par l'enroulement du câble en boucles trop serrées (fig. 6). Elles sont permanentes et nécessitent la mise hors service du câble ou de la section endommagée.

Saillie de l'âme

Les saillies de l'âme sont causées par de brusques tensions ou par un déséquilibre de torsion (fig. 7). Elles nécessitent la mise hors service du câble.

Contact électrique

Les câbles endommagés par un contact de nature électrique présentent des brins fondus, décolorés ou brûlés et doivent être mis hors service.

Figure 6 – Coques

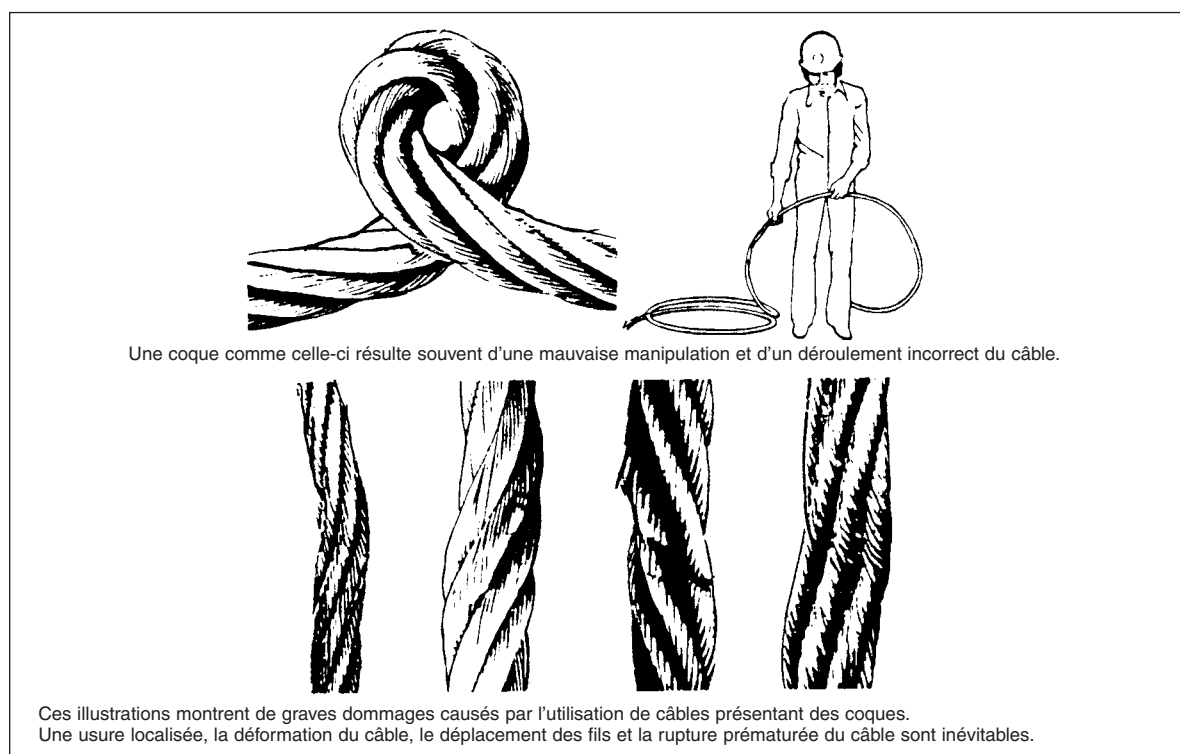


Figure 7 – Saillies de l'âme

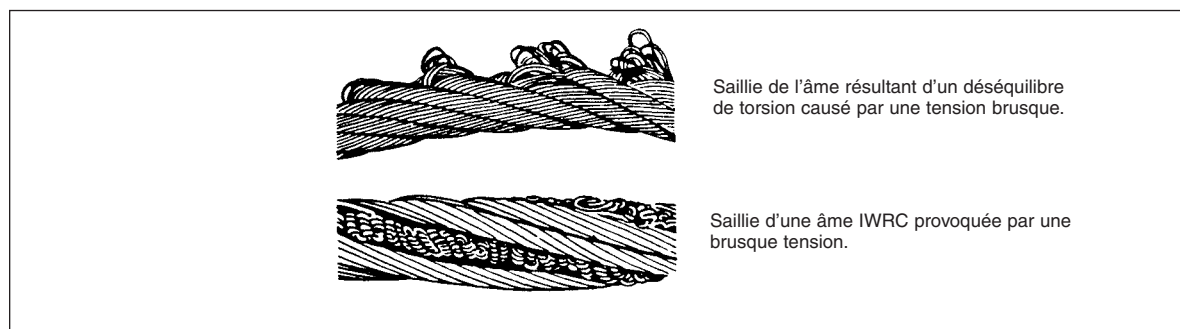


Figure 8 – Dommages courants infligés aux câbles

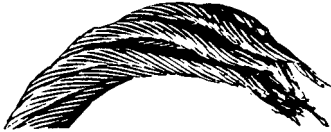
 Bande d'usure étroite ayant provoqué des ruptures par fatigue causées par le passage du câble dans une poulie à gorge exagérément large ou sur des galets.	 Rupture d'âme IWRC résultant d'une forte tension. À noter les entailles dans les fils des torons extérieurs.
 Deux bandes parallèles de fils cassés dénotent le passage d'un câble dans une poulie à gorge trop étroite.	 Contrairement aux ruptures périphériques, la présence de fils cassés au point de contact entre deux torons ou entre un toron et l'âme dénote une défaillance du support de l'âme.
 Rupture par fatigue de fils d'un câble utilisé avec de petites poulies et soumis à de fortes tensions. En plus des ruptures périphériques habituelles, on observe des ruptures interstitielles entre les torons causées par des entailles attribuables à des efforts de tension excessifs.	 Câble présentant de graves signes d'usure et de fatigue attribuables à une abrasion constante et à son passage dans de petites poulies sous forte tension.
 Rupture par fatigue attribuable à la flexion du câble sur de petites poulies.	 Câble ayant sauté hors de la gorge d'une poulie. On observe une déformation en boucle comme si le câble était enroulé autour d'un axe.
 Dommage mécanique attribuable au déplacement du câble sous tension sur une arête vive.	 Rupture causée par une tension excessive.
 Apparition rapide de nombreux fils cassés.	 Toron d'un câble métallique ayant subi des entailles. Cette situation est attribuable au frottement des torons les uns contre les autres et est généralement causée par une défaillance de l'âme découlant de l'utilisation continue du câble sous forte tension. Ce genre de situation entraîne en bout de ligne la rupture des fils dans les interstices entre les torons.
 Usure et dommage apparaissant sur un seul côté du câble.	

Tableau 6 – Causes probables de défaillance courantes

DOMMAGES	CAUSES POSSIBLES	DOMMAGES	CAUSES POSSIBLES
Usure rapide	• abrasion importante d'un câble traîné sur le sol ou sur des obstacles • fils trop petits pour l'usage du câble, ou sorte d'acier ou arrangement inapproprié • poulies mal alignées • angle d'attaque trop grand • poulies usées dotées de gorges de dimension ou de forme incorrecte • poulies et galets ayant une surface de roulement rugueuse • coussinets de poulie grippés • fortes pressions de support et de contact	Fils cassés ou usure induite sur un seul côté du câble	• mauvais alignement • poulies et tambours endommagés
		Fils cassés près des attaches	• mauvais alignement
		Brûlures	• gorges de poulie trop petites • poulies trop lourdes • coussinets de poulie grippés • câble traîné sur des obstacles
Apparition rapide de fils cassés	• câble pas assez souple • poulies, galets, tambours de diamètre trop petit • surcharges et tensions brusques • vibration excessive du câble • vitesse trop élevée du câble • tension d'un câble dans lequel il s'était formé des coques • écrasement et aplatissement du câble • flexions opposées • oscillation de la poulie	Âme du câble carbonisée	• chaleur excessive
		Ondulation et usure excessive	• galets trop mous • matériaux des poulies et des tambours trop mous
		Déformation du commettage	• câble mal coupé • âme endommagée • gorges de poulie trop larges
		Pincement et écrasement	• gorges de poulie trop étroites
Ruptures nettes	• surcharge, tension brusque • coque • joue de poulie cassée ou fissurée	Vibration du câble	• galets trop petits
Rupture de torons	• surcharge, tension brusque • usure localisée • relâchement d'un ou plusieurs torons	Décommettage du câble	• présence d'émerillons sur un câble Lang • câble traîné sur des obstacles
		Écrasement et entailles	• câble frappé ou heurté pendant sa manipulation
Corrosion	• lubrifiant inapproprié • mauvais type de lubrifiant • entreposage inadéquat • exposition à des acides ou à des substances alcalines	Torons en saillie	• attaches mal fixées • toron cassé • coques, courbures prononcées • surliure mal réalisée
Coques, courbures prononcées, déformations	• mauvaise installation • manipulation incorrecte	Diminution du diamètre	• âme cassée • surcharge • corrosion • usure importante
Usure excessive par endroits	• coques ou courbures causées par une mauvaise manipulation lors de l'utilisation ou de l'installation • vibration du câble sur les tambours ou les poulies	Cage d'oiseau	• relâchement soudain de la charge
		Entailles sur les torons	• âme endommagée par un usage continu du câble sous forte tension
Écrasement et aplatissement	• surcharge, tension brusque • enroulement inégal • enroulement en croisé • trop nombreuses couches de câble sur le tambour • coussinet lâche sur le tambour • embrayage défectueux • câble traîné sur des obstacles	Saillie de l'âme	• tension brusque • commettage défectueux • décommettage du câble • rotation de la charge
Allongement	• surcharge • décommettage des câbles Lang		

Méthodes et précautions à prendre avec les câbles métalliques

- S'assurer de choisir un câble dont le diamètre et l'arrangement sont appropriés à la tâche.
- Inspecter et lubrifier les câbles régulièrement, conformément aux directives du fabricant.
- Ne jamais surcharger un câble et éviter de le soumettre à des tensions brusques. Afin de faire en sorte que le câble ne présente pas de jeu, soulever la charge avec précaution et augmenter graduellement la puissance, sans à-coups.
- Ne jamais utiliser un câble gelé.
- Adopter des précautions particulières et (ou) utiliser un câble plus gros lorsque :
 - le poids exact de la charge est inconnu ;
 - le câble peut être soumis à des tensions brusques ;
 - les conditions sont anormales ou difficiles ;
 - la situation pose des risques pour le personnel.
- Protéger les câbles des arêtes vives et des angles aigus à l'aide de protecteurs.
- Éviter de tirer un câble de sous une charge ou de le traîner sur des obstacles.
- Éviter de laisser tomber un câble d'un endroit élevé.
- Entreposer les câbles inutilisés dans un endroit propre et sec.
- Ne jamais utiliser un câble qui a été coupé ou écrasé ou sur lequel des coques se sont déjà formées.
- Veiller à ce que les extrémités des câbles soient correctement surliées.
- Veiller à ce que les boucles soient toujours munies de cosses.
- S'assurer que les boucles des câbles non tendus ne risquent pas de former des coques en cas de tension. Si une boucle se forme, éviter de tirer sur le câble pour la défaire ; il faut plutôt la déplier. La formation de coques dans un câble entraîne des dommages permanents et le câble présentera toujours un point faible même si la coque semble avoir été bien défaire.
- Vérifier la présence de fouettement ou de vibration anormale du câble.
- Éviter la flexion en sens inverse des câbles.
- S'assurer que les tambours et les poulies soient de diamètre approprié au câble.
- Veiller à ce que les poulies soient correctement alignées et que l'angle d'attaque soit approprié.
- Les poulies dont la gorge est très usée ou entaillée, qui ont une jante cassée ou fissurée ou dont un coussinet est usé ou endommagé doivent être remplacées.
- S'assurer que le câble s'enroule convenablement sur le tambour. Ne jamais enrouler plus que la longueur de câble appropriée sur un tambour et ne jamais laisser le câble s'enrouler en croisé.

Élingues

Généralités

On observe souvent dans le domaine de la construction des élingues extrêmement usées ou qui ont été durement malmenées. Ces dommages sont notamment causés par les facteurs suivants :

- absence de cales ou de protecteurs entre les élingues et la charge, occasionnant la rupture ou la détérioration du câble en frottant contre les arêtes vives de la charge ;
- dégagement des élingues en les tirant de sous les charges, entraînant l'abrasion et la formation de coques ;
- secousses brusques qui augmentent la tension exercée sur des élingues qui peuvent être déjà surchargées ;
- machinerie circulant sur les élingues, particulièrement celle sur chenilles.

En raison des facteurs précités, d'autres conditions et d'erreurs de détermination du poids des charges et de l'angle des élingues, il est fortement recommandé d'appliquer un facteur de sécurité d'au moins 5 aux charges maximales d'utilisation.

Pour ces mêmes raisons, les élingues doivent faire l'objet d'une inspection minutieuse avant chaque usage.

Angles des élingues

La capacité nominale d'une élingue est fonction de ses dimensions, de sa configuration et des angles formés par ses brins par rapport à l'horizontale.

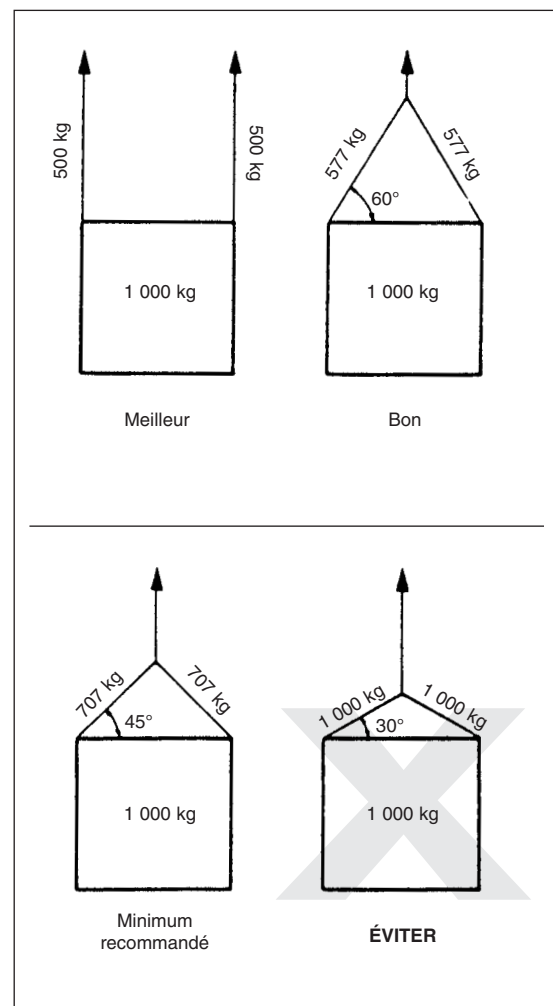
Par exemple, si l'on utilise une élingue à deux brins pour lever une charge de 1 000 kg, chaque brin supporte un poids de 500 kg à un angle de 90°. La charge imposée à chaque brin augmente à mesure que l'angle diminue. À un angle de 30°, la charge exercée sur chaque brin sera de 1 000 kg, comme le montre la figure 9.

On doit donc opter dans la mesure du possible pour un angle supérieur à 45°. Les angles inférieurs à 30° posent de graves dangers, surtout lorsque l'on sait qu'une erreur de 5° seulement dans l'évaluation de l'angle des élingues peut avoir des conséquences catastrophiques.

Configurations des élingues

Les élingues peuvent être de divers types, câble métallique ou sangle de nylon notamment, et être configurées de diverses manières selon l'usage auquel on les destine. Les configurations les plus courantes sont présentées dans les pages suivantes.

Figure 9

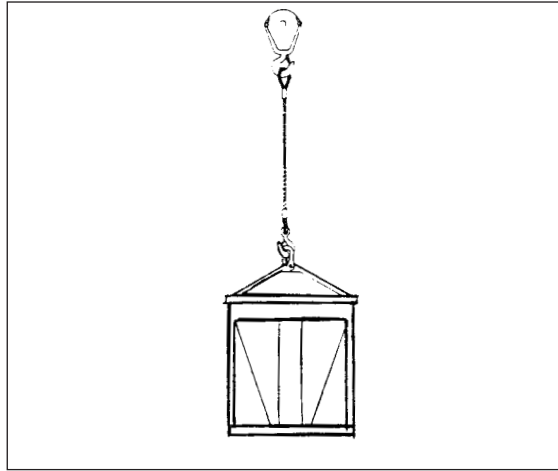


Configurations des élingues

Le terme «élingue» couvre un éventail varié de configurations constituées de câbles textiles ou métalliques, de chaînes ou de sangles. L'utilisation appropriée des élingues couramment employées dans le domaine de la construction est abordée dans ces pages en raison des dangers que pose une utilisation incorrecte.

L'élingue verticale simple (fig. 10) est constituée d'un seul brin à l'extrémité duquel est fixée la charge. Le poids total de la charge est supporté par l'élingue à un angle de 90° (par rapport à l'horizontale) et le poids de la charge peut égaler la charge maximale d'utilisation de l'élingue et de ses raccords. Les raccords des extrémités peuvent varier, mais les boucles doivent toujours être munies de cosses. Les épissures à œil des câbles métalliques doivent être des épissures flamandes à manchon pressé, qui offrent le plus haut degré de sécurité.

Figure 10 – Élingue verticale simple



L'élingue verticale simple ne convient toutefois pas au levage de matériaux en vrac, d'objets longs ou de charges difficiles à équilibrer. Elle n'offre absolument aucun contrôle sur la charge, car elle ne l'empêche pas de tourner sur elle-même. Ne l'utiliser qu'avec des charges munies de boulons à œil ou de manilles.

L'élingue multibrin (fig. 11, 12 et 13) se compose de deux, trois ou quatre brins qui permettent de lever des charges munies de dispositifs d'attache appropriés. Elle s'emploie avec un vaste assortiment d'accessoires et offre une excellente stabilité de la charge lorsque celle-ci est répartie uniformément entre les brins, que le crochet de levage se trouve directement au-dessus du centre de gravité de la charge et que cette dernière est levée de niveau. Afin d'assurer une distribution uniforme de la charge, il peut être nécessaire d'ajuster la longueur des brins au moyen de tendeurs. L'utilisation adéquate de ce genre d'élingue suppose un calcul précis des angles d'attache afin qu'aucun des brins ne soit surchargé.

Figure 11

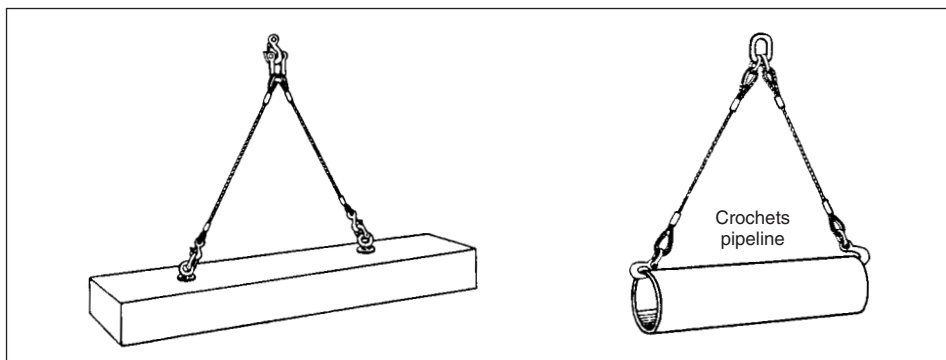
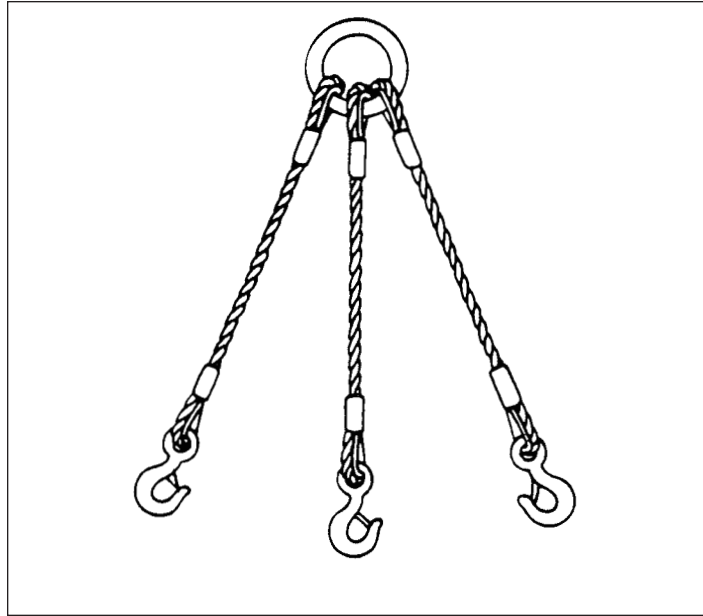
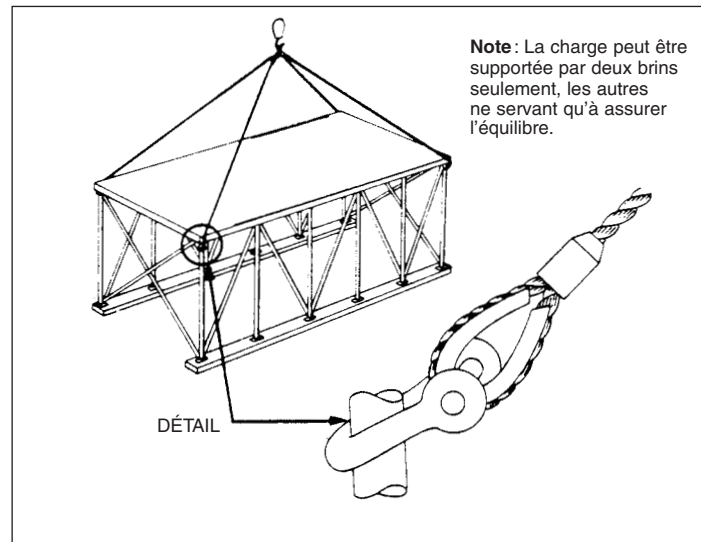


Figure 12 – Élingue à trois brins



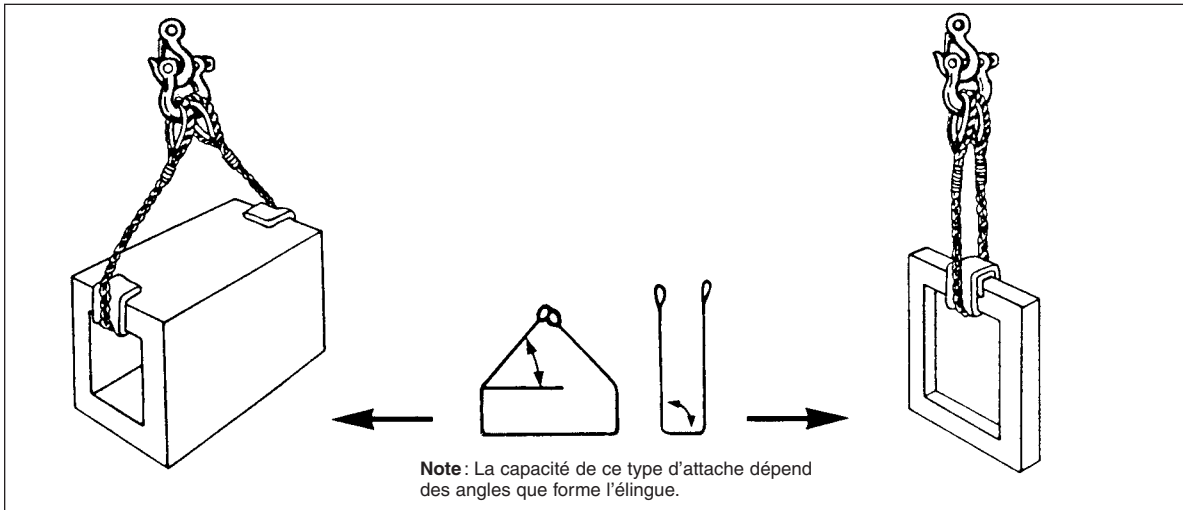
Dans le cas d'une charge rigide soulevée par une élingue à 4 brins, il est possible que la charge ne soit pas uniformément répartie ; on doit alors présumer qu'elle n'est supportée que par deux des brins et considérer l'élingue comme une élingue à 2 brins.

Figure 13 – Élingue à quatre brins



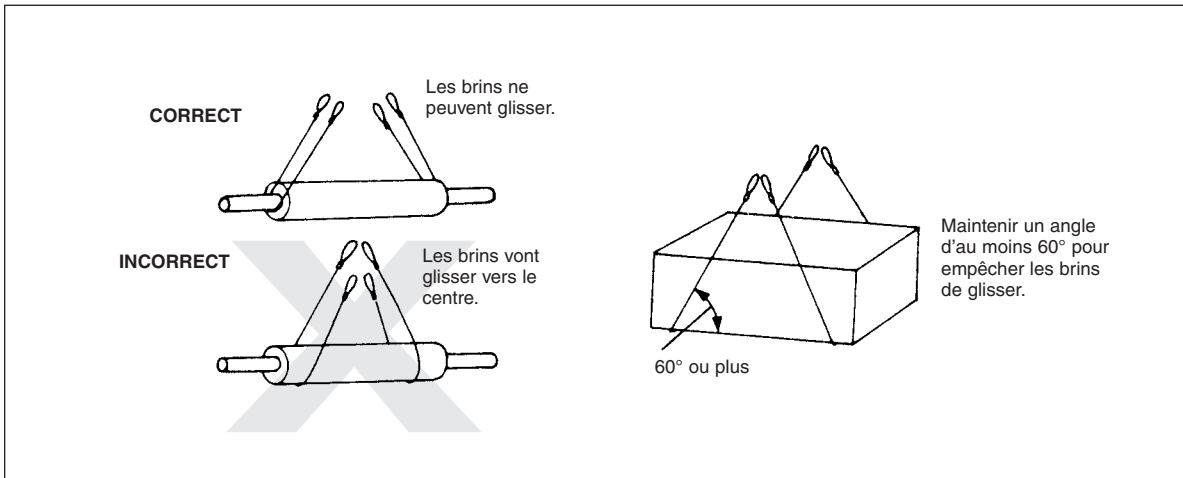
L'attache à panier (fig. 14) permet de lever une charge en accrochant l'une des extrémités de l'élingue à un crochet, en faisant passer celle-ci autour de la charge et en accrochant l'autre extrémité au crochet. On doit s'assurer que la charge ne tourne pas sur elle-même ni ne risque de glisser le long de l'élingue au cours du levage, afin de ne pas endommager la charge ou l'élingue.

Figure 14 – Attache à panier



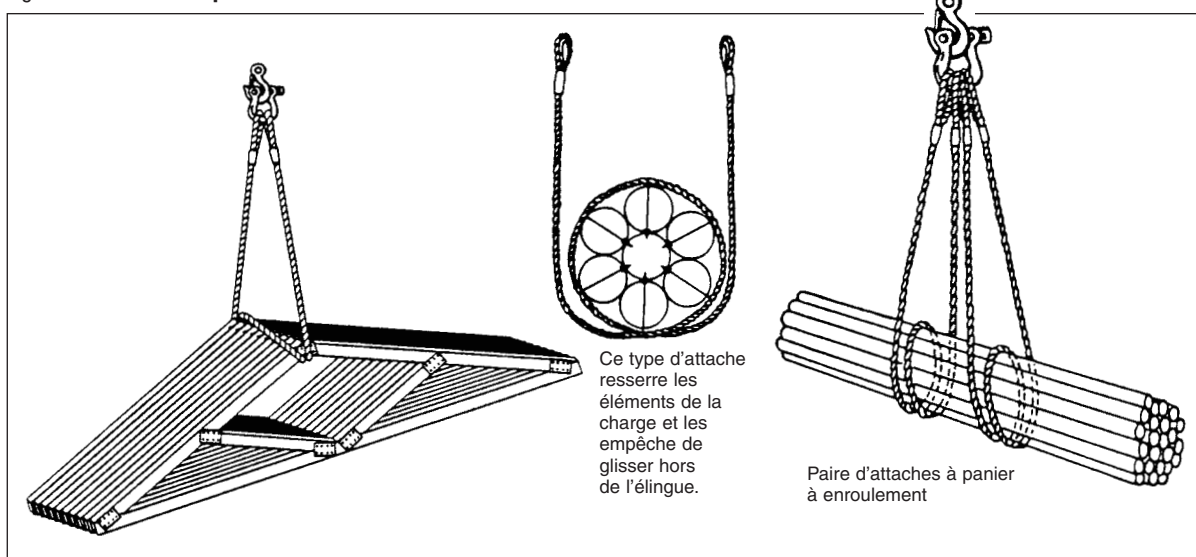
L'**attache à double panier** (fig. 15) consiste en deux attaches à panier passées sous la charge et placées de manière à assurer l'équilibre de la charge. Les brins doivent être suffisamment éloignés l'un de l'autre pour assurer l'équilibre de la charge, mais pas trop pour que l'angle ne soit pas trop aigu et ne risque de faire glisser les brins vers le centre de la charge. L'angle de l'élingue par rapport à la charge devrait être d'au moins 60° afin d'éviter les risques de glissement. Si la charge possède des surfaces lisses, les deux brins doivent être bloqués contre une aspérité de la charge afin qu'ils ne glissent pas lorsque la tension est exercée. Si cela est impossible, utiliser alors une attache à panier à enroulement.

Figure 15 – Attache à double panier



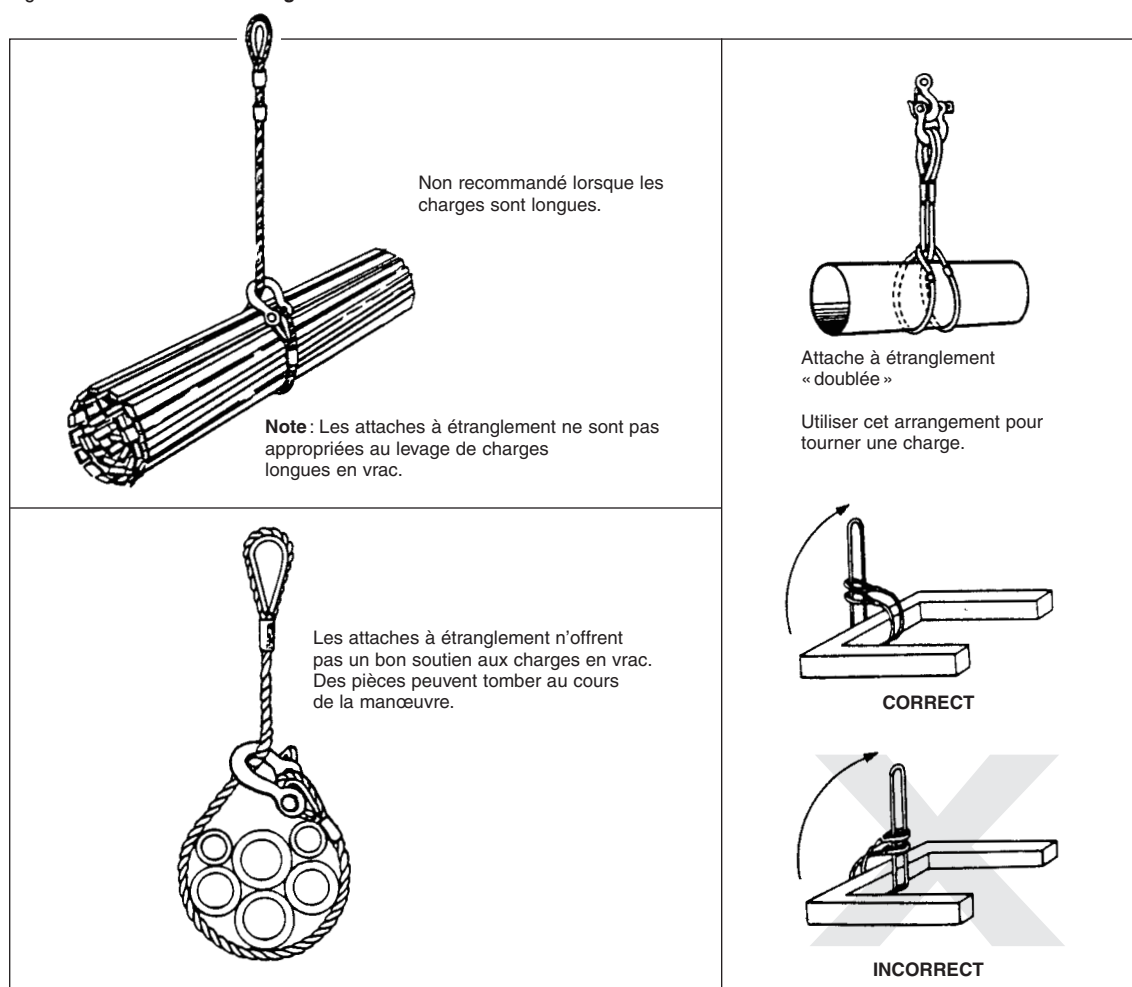
L'**attache à panier à enroulement** (fig. 16) est une attache à panier qui fait un tour complet autour de la charge en la comprimant en plus de la soutenir comme le fait l'attache à panier ordinaire. Ce type d'attache peut être utilisé en paires tout comme l'attache à double panier. Cette méthode convient parfaitement à la manutention de matériaux en vrac, de tuyaux, de tiges et de charges cylindriques lisses en raison du contact sur 360° des élingues sur la charge et de leur tendance à resserrer les éléments de la charge les uns contre les autres.

Figure 16 – Attache à panier à enroulement



L'attache à étranglement (fig. 17) forme un nœud coulant dans le câble. Toutefois, elle ne fait pas contact sur 360° autour de la charge et ne doit donc pas servir à lever des charges difficiles à équilibrer ou des matériaux en vrac non assujettis. Cette attache peut aussi être doublée pour multiplier la capacité par deux ou pour tourner une charge. (Attention toutefois: il ne faut pas confondre ce genre d'arrangement avec l'attache à double étranglement.)

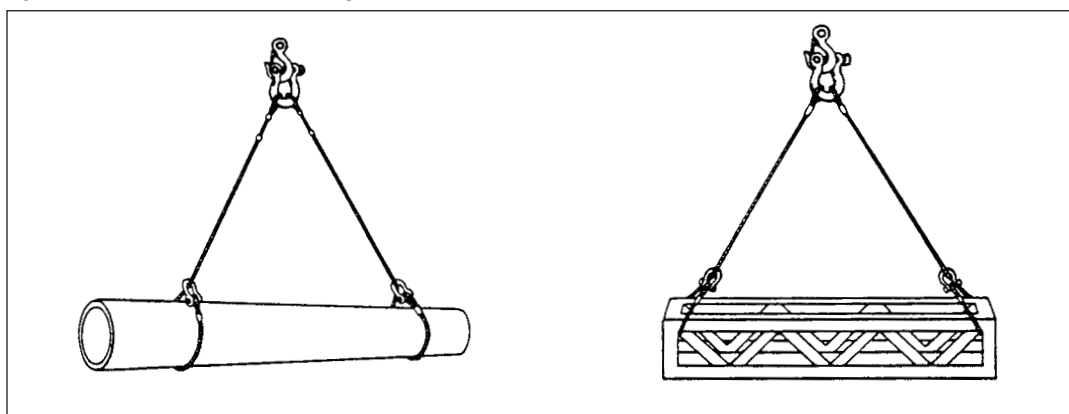
Figure 17 – Attaches à étranglement



Lorsque l'on doit tourner une charge, placer les deux boucles de l'élingue sur le dessus de la charge de manière qu'elles pointent dans le sens opposé à celui où la charge doit être tournée. Passer ensuite le centre de l'élingue autour de la charge et à travers les anneaux avant de le fixer au crochet de levage. Ce genre d'attache permet une parfaite maîtrise de la manœuvre et équilibre automatiquement la charge entre les deux brins de l'élingue.

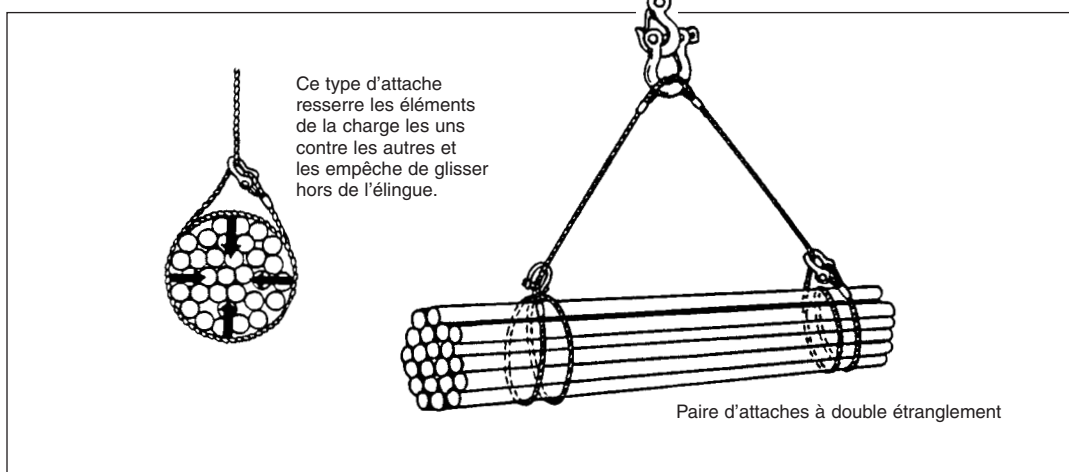
L'attache à double étranglement (fig. 18) consiste en deux attaches à étranglement éloignées l'une de l'autre sur la charge afin de la stabiliser. Comme l'attache à étranglement, cette attache n'enserme pas complètement la charge. Toutefois, comme la charge est moins susceptible de basculer, ce type d'attache est plus approprié pour lever des matériaux en vrac qui ne sont pas parfaitement assujettis.

Figure 18 – Attaches à double étranglement



L'attache à étranglement à enroulement (fig. 19) est constituée d'une élingue que l'on enroule autour de la charge avant de l'accrocher à sa section verticale. Ce type d'attache enserre complètement la charge (sur 360°) et maintient ses divers éléments fermement serrés les uns contre les autres. Elle peut être utilisée seule avec des charges courtes que l'on peut équilibrer sans peine ou en paires avec des charges plus longues.

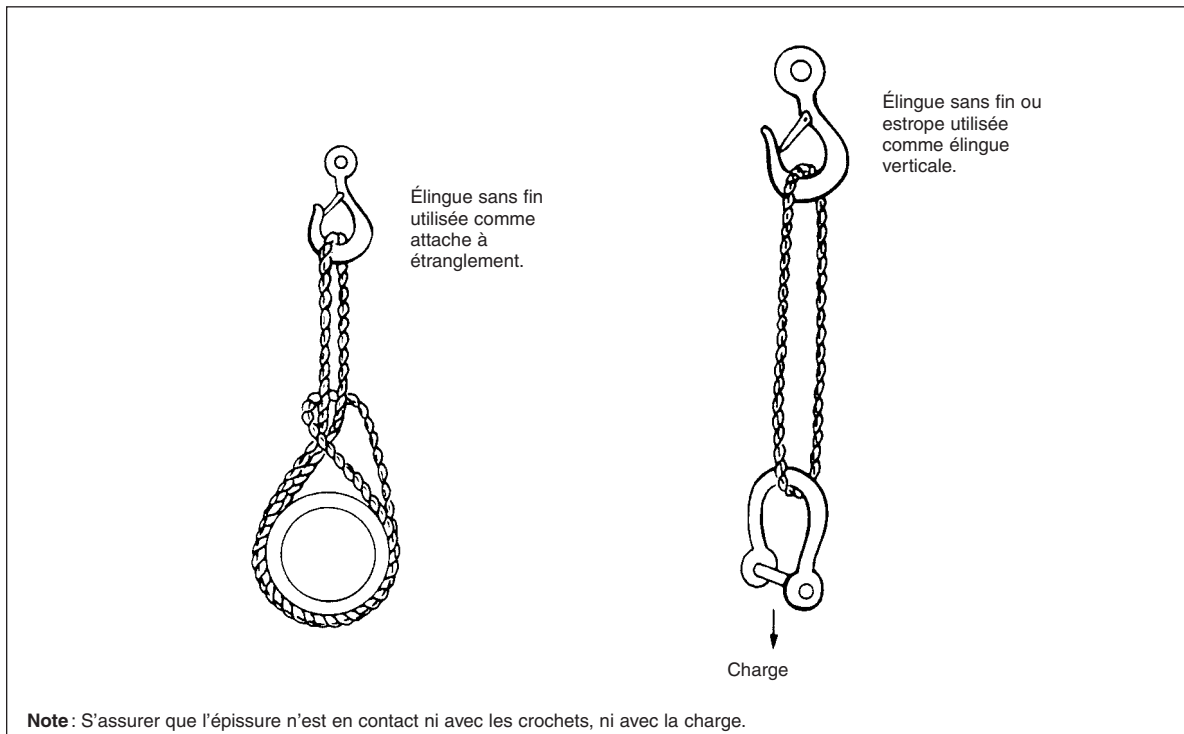
Figure 19 – Attaches à étranglement à enroulement



L'élingue sans fin ou estrope (fig. 20) a de nombreux usages. Dans le cas des modèles à chaîne, les extrémités de la chaîne sont jointes au moyen d'un raccord mécanique ou soudé. Pour leur part, les modèles à sangle sont cousus. L'élingue sans fin est formée d'un toron continu enroulé sur lui-même de manière à former un câble à six torons dont l'âme est constituée d'un toron central. L'extrémité de l'élingue est enfermée à l'intérieur, au point du premier tour du toron sur lui-même. Ce type d'élingue s'utilise dans plusieurs configurations, notamment comme élingue verticale, attache à panier, attache à étranglement ou une combinaison de celles-ci. L'élingue sans fin possède une

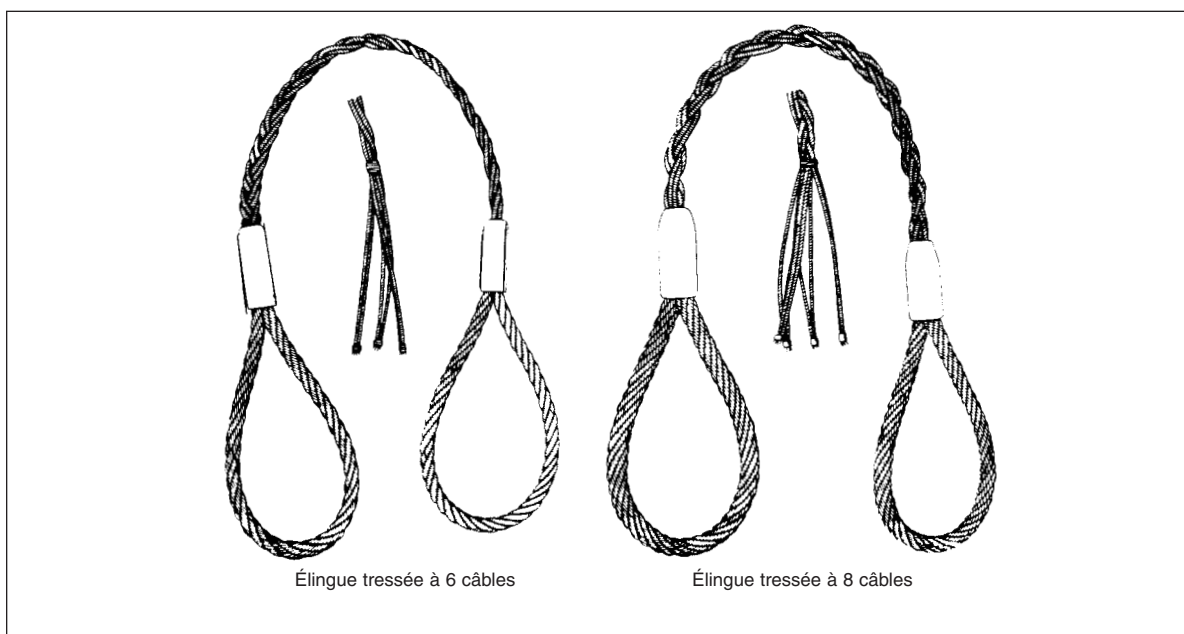
grande souplesse mais a tendance à s'user plus rapidement que les autres types d'élingues parce qu'elle n'est habituellement pas munie de raccords qui l'empêcheraient de se déformer au niveau du pli formé sur le crochet ou de la section soumise à une tension de resserrement.

Figure 20 – Élingues sans fin ou estropes



L'élingue tressée (fig. 21) se compose habituellement de six ou huit câbles de petit diamètre tressés de manière à former un câble unique offrant une grande surface d'appui, une très grande résistance et une bonne flexibilité dans tous les sens. Ce genre d'élingue est facile à manipuler et presque impossible à tortiller. L'élingue tressée s'emploie dans toutes les configurations et combinaisons courantes, mais est particulièrement utile pour réaliser des attaches à panier lorsqu'il est préférable d'exercer une faible pression d'appui ou lorsque la flexion de l'élingue est très prononcée.

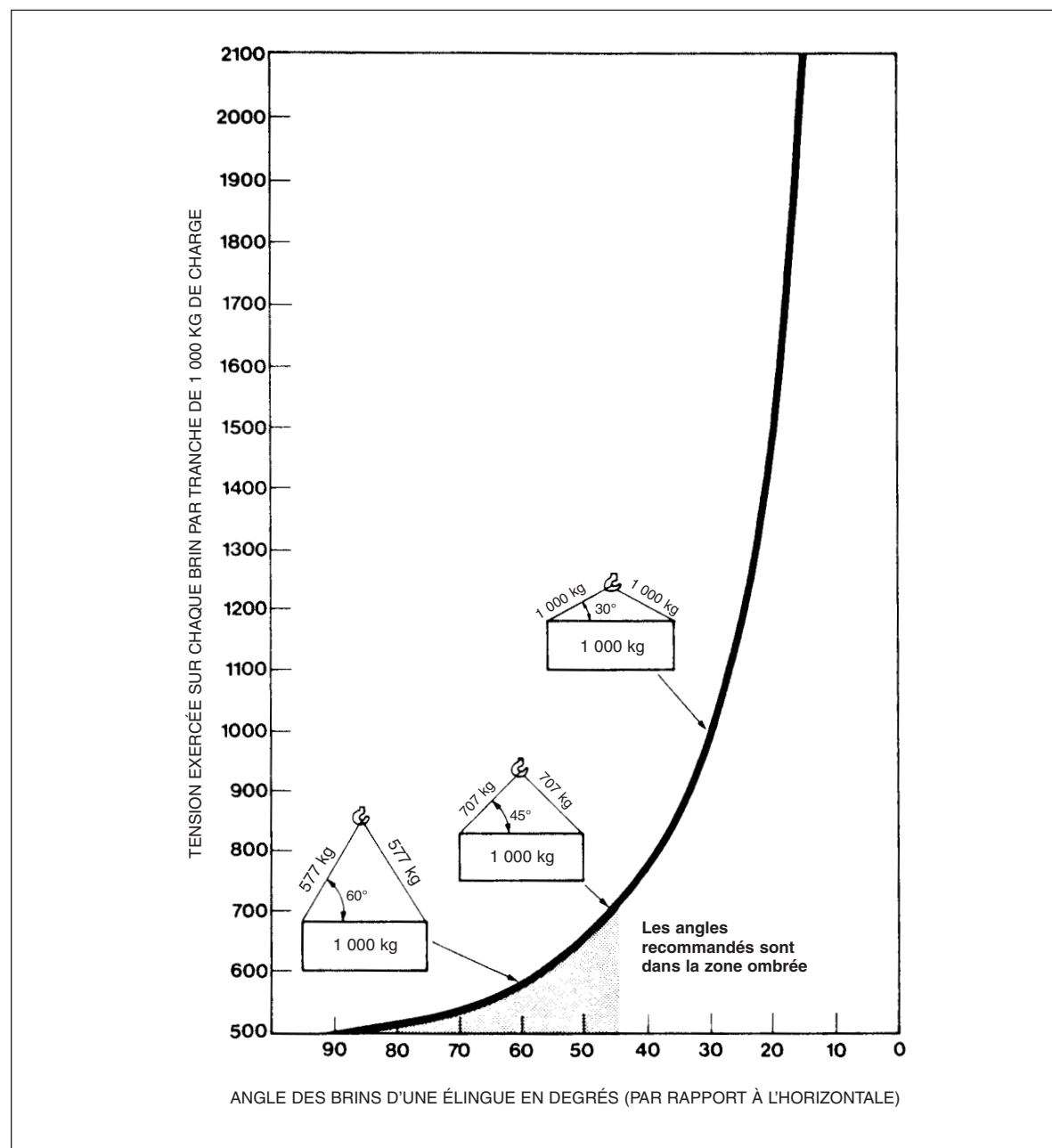
Figure 21 – Élingues tressées



Angles d'élingage

L'angle formé par les brins d'une élingue a une incidence directe sur la charge exercée sur cette dernière. Dans la mesure du possible, l'angle des brins doit être supérieur à 45° par rapport à l'horizontale. Plus l'angle approche de 30° , plus les risques sont grands. Aussi convient-il d'éviter ce genre de situation à tout prix. On voit clairement à la figure 22 l'augmentation dramatique de la tension exercée sur les brins de l'élingue à mesure que l'angle diminue.

Figure 22 – Incidence de l'angle des brins sur la charge exercée sur l'élingue



Les angles d'élingage trop aigus exercent en outre d'importantes forces de compression horizontales qui peuvent être suffisantes pour provoquer le flambage de la charge, surtout s'il s'agit d'une pièce longue et souple.

Certains tableaux de charges indiquent la capacité des élingues jusqu'à un angle de 15°, bien que l'emploi d'une élingue à un angle de moins de 30° soit extrêmement dangereux. À ces angles en effet, non seulement les tensions imposées aux élingues sont-elles importantes, mais une erreur de calcul de l'angle de 5° seulement peut augmenter de façon dramatique la charge exercée sur l'élingue. Le tableau de la figure 23 illustre les effets d'une erreur de calcul de 5° sur la charge exercée sur une élingue. Par exemple, à un angle de 15°, le pourcentage d'erreur dans l'évaluation de la tension présumée atteint 50 %.

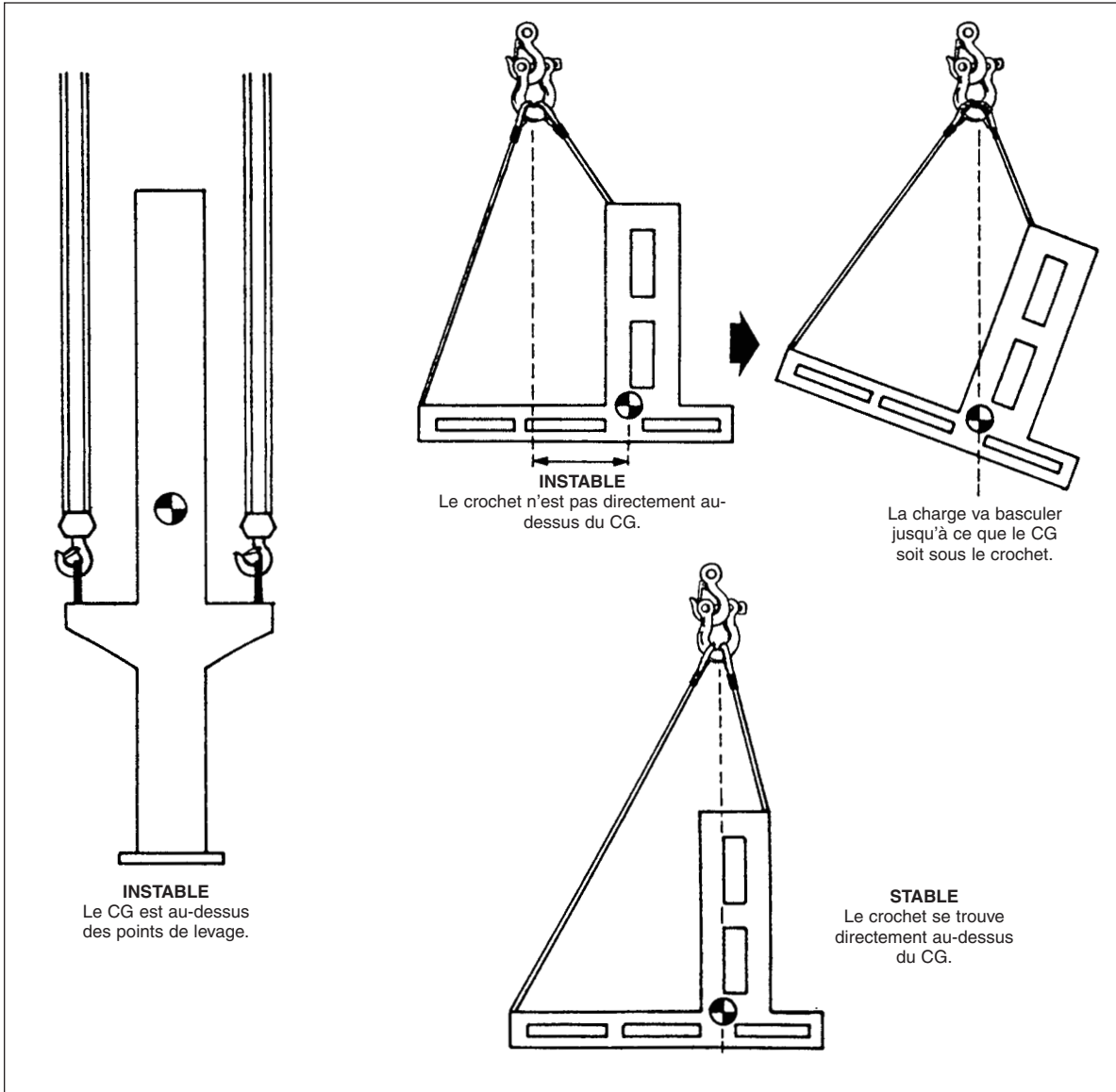
Figure 23 – Variations de tension causées par les erreurs de mesure des angles des élingues

Angle présumé	Tension présumée (kg par brin)	Angle réel (5° de moins que l'angle présumé)	Tension réelle (kg par brin)	Erreur (%)
90°	227	85°	228	0,4
75°	235	70°	242	2,6
60°	262	55°	277	5,4
45°	321	40°	354	9,1
30°	455	25°	538	15,5
15°	878	10°	1 309	32,9

Centre de gravité

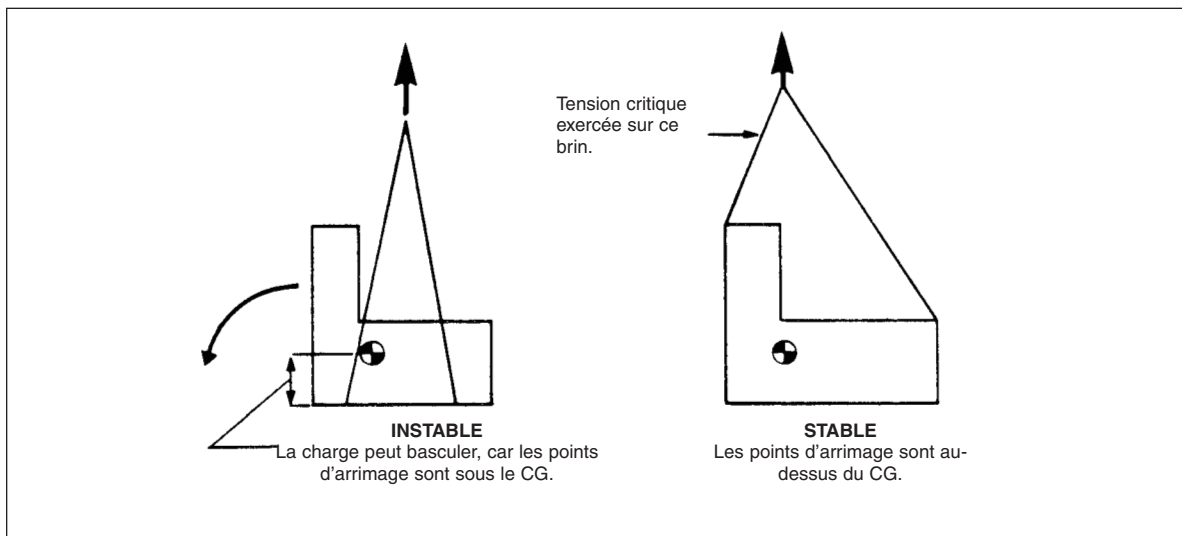
Il importe de toujours arrimer la charge de manière à en assurer la stabilité. On doit veiller à ce que le centre de gravité de celle-ci se trouve directement sous le crochet principal et sous le point d'attache le plus bas de l'élingue avant de procéder au levage (fig. 24).

Figure 24 – Incidence du centre de gravité sur le levage



Le centre de gravité est le point autour duquel le poids d'un objet est distribué également. On peut aussi considérer que le poids total de l'objet est concentré sur ce point. Un objet suspendu se déplacera toujours jusqu'à ce que son centre de gravité se trouve directement sous le point de suspension. Pour lever une charge de niveau et de façon stable, la grue ou le palan doit se trouver directement au-dessus de ce point **avant que la charge ne soit levée**. De cette manière, une charge dont les élingues sont fixées au-dessus et en travers du centre de gravité ne risque pas de basculer ou de glisser hors des élingues (fig. 25).

Figure 25 – Incidence du centre de gravité sur le levage



Le centre de gravité d'un objet symétrique et de composition uniforme se confond avec son centre géométrique. Dans le cas des objets de forme irrégulière toutefois, le centre de gravité peut être plus difficilement localisable. Le gréeur devra souvent l'évaluer selon son bon jugement, amarrer la charge en conséquence, demander un essai de levage et, après avoir observé la charge suspendue, déterminer le centre de gravité plus précisément et ajuster le crochet, la charge et les élingues afin d'équilibrer et de stabiliser la charge le mieux possible. Le centre de gravité se trouve le long d'une ligne verticale tracée depuis le crochet jusqu'au bas de la charge.

Le gréeur doit se rappeler que lorsque le centre de gravité se trouve plus près de l'un des deux points d'arrimage de l'élingue, les brins de celle-ci doivent être de longueur différente, ce qui signifie que leur angle et la tension qui y est exercée seront également différents.

Si une charge se met à pencher d'un côté et que l'arrimage n'est pas corrigé, la tension s'accroît alors fortement sur l'un des brins de l'élingue tout en diminuant sur l'autre brin. Si une charge s'incline de plus de 5° lorsqu'elle est soulevée, on doit la déposer au sol et la réarrimer.

Il importe également de veiller à ce que le point d'appui de la charge (les points d'arrimage des brins de l'élingue) se trouvent au-dessus du centre de gravité. Lorsqu'un objet est suspendu, son centre de gravité cherchera toujours à se déplacer vers le point le plus bas sous le point de suspension. Ce point est tout particulièrement important pour le levage de palettes, de plates-formes de chargement ou de socles d'appareils, qui ont tous tendance à basculer. Ce type de charge possède toutefois une stabilité inhérente si l'arrimage est effectué au-dessus du centre de gravité.

Charge maximale d'utilisation

La connaissance des charges maximales d'utilisation (CMU) est essentielle au bon usage des câbles, des élingues et des accessoires de gréage. Comme il était mentionné à la section précédente, la charge maximale d'utilisation doit être indiquée d'une quelconque manière (estampée, imprimée ou inscrite sur une étiquette) sur tous les accessoires de gréage.

Méthode de calcul sur le terrain

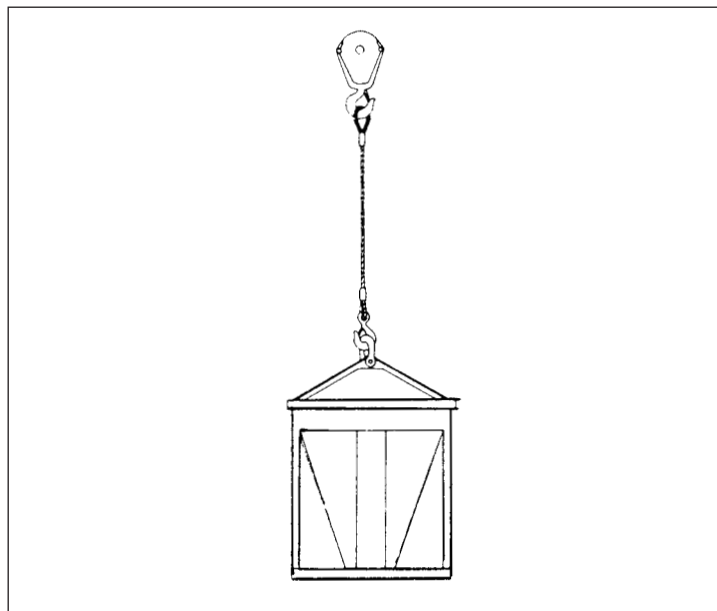
La formule suivante, de calcul sur le terrain, permet de calculer la charge maximale d'utilisation d'un câble métallique exprimée en kilogrammes. Elle s'applique à des câbles neufs en acier à haute résistance possédant un facteur de sécurité de 5.

$CMU = \text{DIAMÈTRE} \times \text{DIAMÈTRE} \times 12^1$ (où DIAMÈTRE correspond au diamètre nominal du câble en mm)

ou

$CMU = D^2 \times 12$

Élingue verticale simple



Exemples :

a) Câble de 13 mm de diamètre

$$CMU = 13 \times 13 \times 12 = 2\,028 \text{ kg}$$

b) Câble de 16 mm de diamètre

$$CMU = 16 \times 16 \times 12 = 3\,072 \text{ kg}$$

c) Câble de 26 mm de diamètre

$$CMU = 26 \times 26 \times 12 = 8\,112 \text{ kg}$$

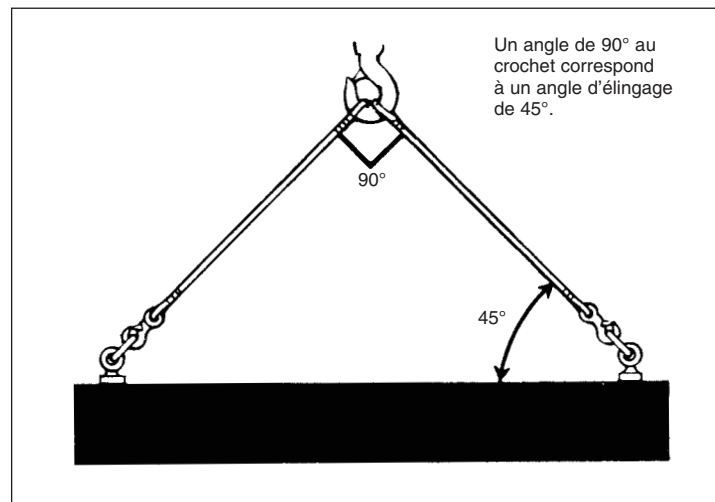
¹ NdT : Le facteur de pondération est 8 pour un calcul avec des charges en livres et un diamètre en pouces.

Angle d'élingage et CMU

L'angle d'élingage joue un rôle crucial dans la détermination de la CMU de nombreuses configurations d'élingue. Les tableaux des CMU donnent la capacité des élingues multibrins et des attaches à panier à 60° , 45° et 30° d'angle. La mesure de ces angles peut s'avérer ardue sur un chantier de construction, car on n'y dispose pas habituellement des instruments de mesure nécessaires.

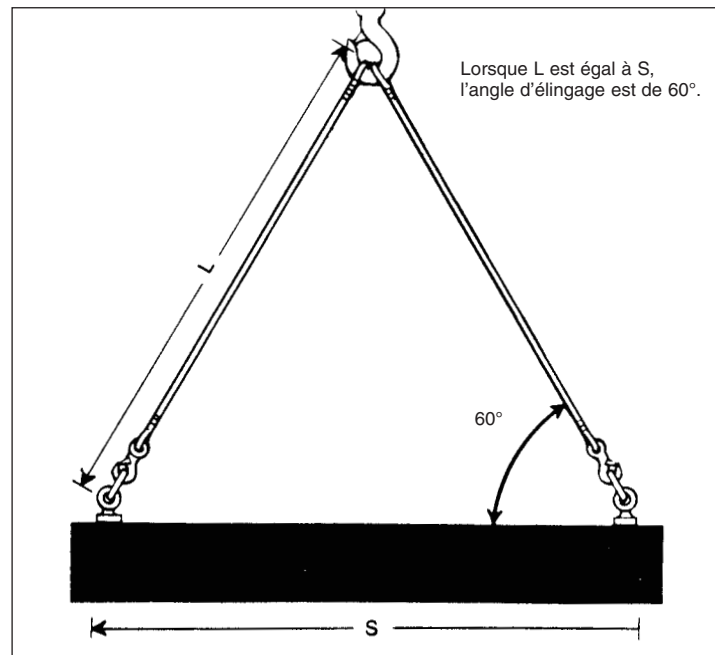
Il est toutefois possible de déterminer facilement deux angles sans avoir à consulter les tableaux. Le premier est l'angle de 90° formé par deux brins d'une élingue multibrin ou d'une attache à panier au crochet d'une grue ou au maillon principal (fig. 26). Cet angle correspond à un angle d'élingage de 45° .

Figure 26 – Angle d'élingage de 45°



Le deuxième angle facilement repérable est un angle d'élingage de 60° (fig. 27). Dans le cas d'une élingue multibrin, l'angle d'élingage est toujours de 60° lorsque la distance entre les points d'arrimage est égale à la longueur des brins de l'élingue et, dans le cas d'une attache à panier, lorsque la distance entre les points de premier contact des brins avec la charge est égale à la longueur des brins.

Figure 27 – Angle d'élingage de 60°



Estimation de la CMU d'une élingue

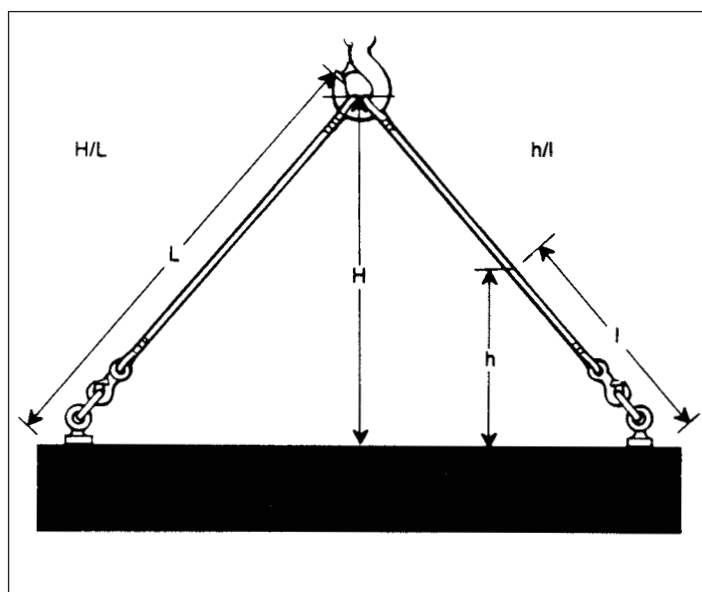
Étant donné la difficulté de se rappeler toutes les charges, dimensions et combinaisons d'angles d'élingage que fournissent les tableaux, certaines règles générales peuvent être adoptées pour estimer la **CMU** des configurations d'élingues les plus courantes.

Chacune de ces règles se fonde sur la **CMU** d'une élingue verticale simple de diamètre et de composition donnés ainsi que sur le ratio **H/L**.

H représente la distance verticale entre la selle du crochet et le sommet de la charge, tandis que **L** représente la distance, mesurée le long de l'élingue, entre la selle du crochet et le sommet de la charge (fig. 28).

S'il est impossible de mesurer la longueur totale de l'élingue, mesurer alors la distance, le long de l'élingue, entre le sommet de la charge et un point quelconque (distance **l**). Mesurer ensuite la distance verticale entre ce point et la charge (distance **h**). Le ratio **h/l** est identique au ratio **H/L** (fig. 28).

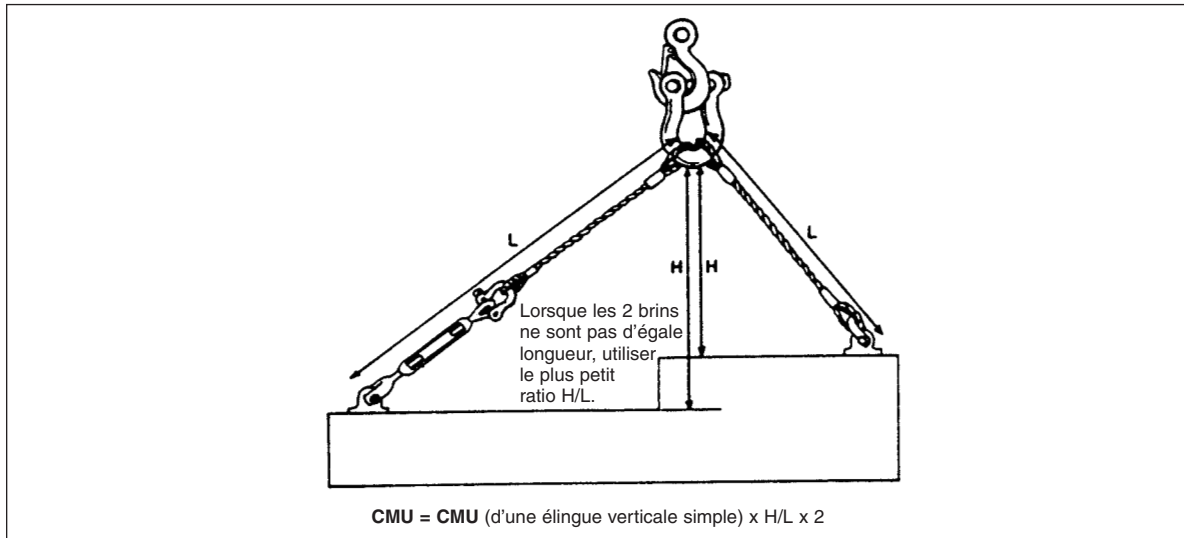
Figure 28



Les ratios **H/L** et **h/l** s'appliquent également aux règles suivantes pour différentes configurations d'élingues. L'efficacité des raccords d'extrémité doit aussi être prise en compte dans l'évaluation de la capacité du dispositif d'élingage.

À retenir – Plus l'angle d'élingage est petit, plus la charge maximale d'utilisation est faible.

Figure 29 – Évaluation de la capacité des élingues multibrins à 2 brins



Élingues multibrins (3 et 4 brins) – Figures 30 et 31

Une capacité maximale d'utilisation équivalente est attribuée aux élingues à 3 et 4 brins afin de tenir compte de la possibilité d'une répartition inégale de la charge dans le cas des élingues à 4 brins.

$$CMU = CMU \text{ (d'une élingue verticale simple) } \times H/L \times 3$$

Les élingues à 3 brins posent moins de risques de répartition inégale, car la charge peut se déplacer et se répartir ainsi automatiquement entre les 3 brins. Toutefois, dans le cas des charges rigides de forme irrégulière, la charge pourrait ne pas se répartir uniformément entre les 3 brins de l'élingue. Pour plus de sûreté, il est préférable d'utiliser dans ce genre de situation la formule de calcul pour les élingues à 2 brins.

Figure 30 – Évaluation de la capacité des élingues multibrins à 3 brins

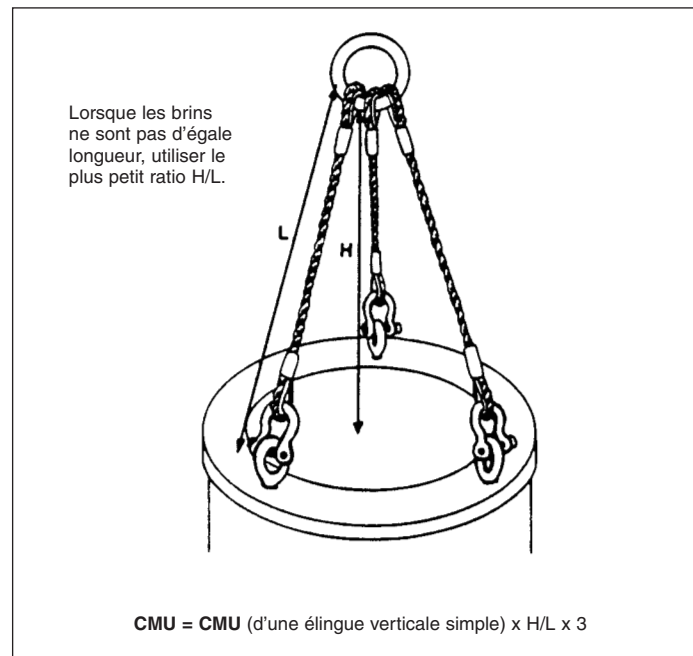
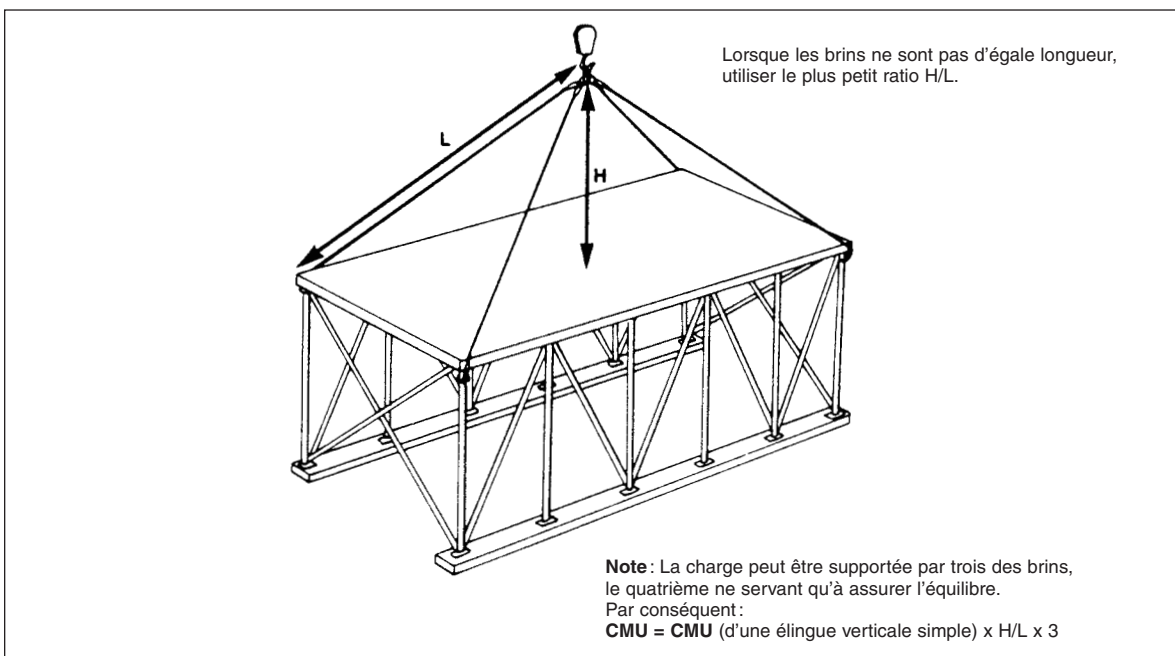


Figure 31 – Évaluation de la capacité des élingues multibrins à 4 brins



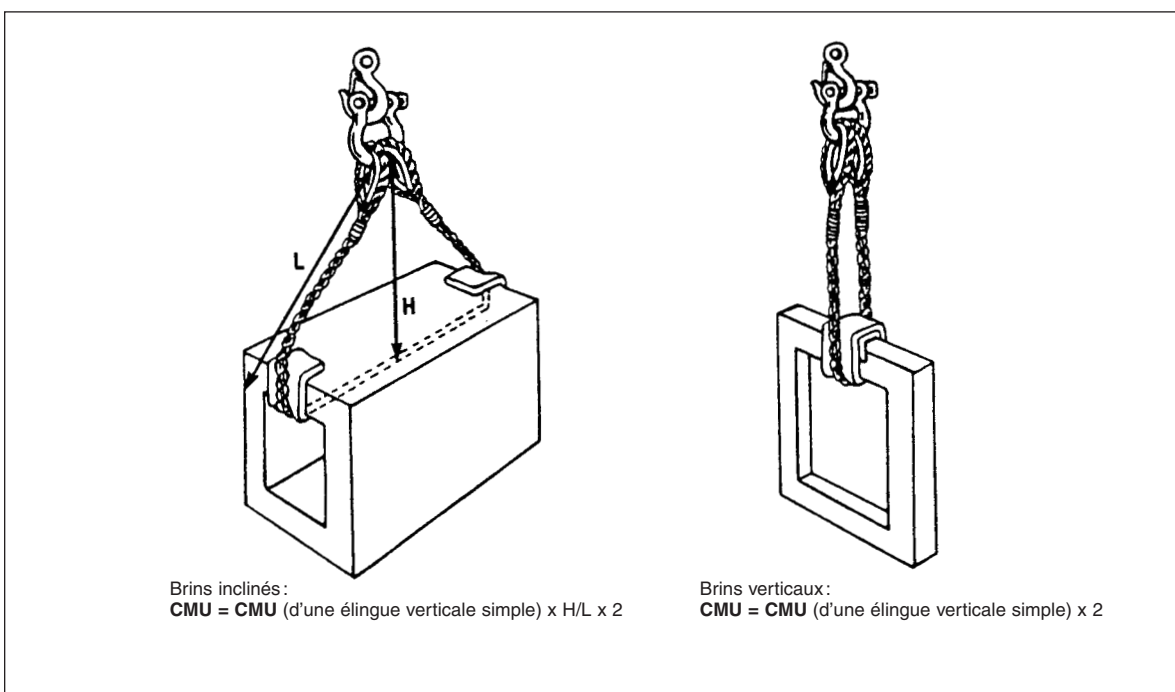
Il convient de se rappeler que la capacité nominale des élingues multibrins se fonde sur l'hypothèse que tous les brins supportent la charge. Si tel n'est pas le cas, on doit recalculer la capacité nominale de l'élingue en conséquence et accrocher les brins non utilisés au crochet de la grue afin qu'ils ne risquent pas de s'accrocher pendant le levage.

Attache à panier simple – Figure 32

Brins verticaux : **CMU = CMU** (d'une élingue verticale simple) x 2

Brins inclinés : **CMU = CMU** (d'une élingue verticale simple) x H/L x 2

Figure 32 – Évaluation de la capacité des attaches à panier



Attache à panier double

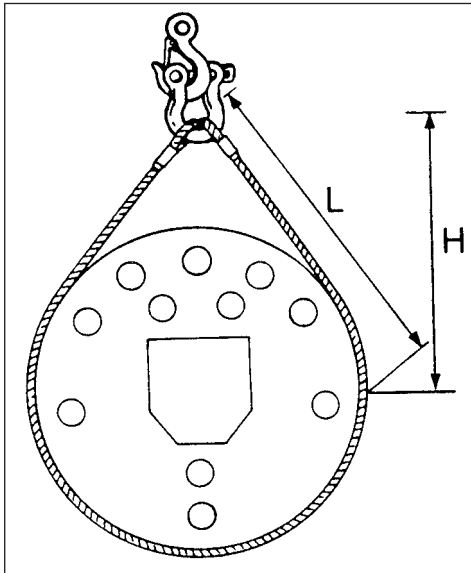
Brins verticaux: **CMU** = **CMU** (d'une élingue verticale simple) x 3

Brins inclinés: **CMU** (d'une élingue verticale simple) x H/L x 3

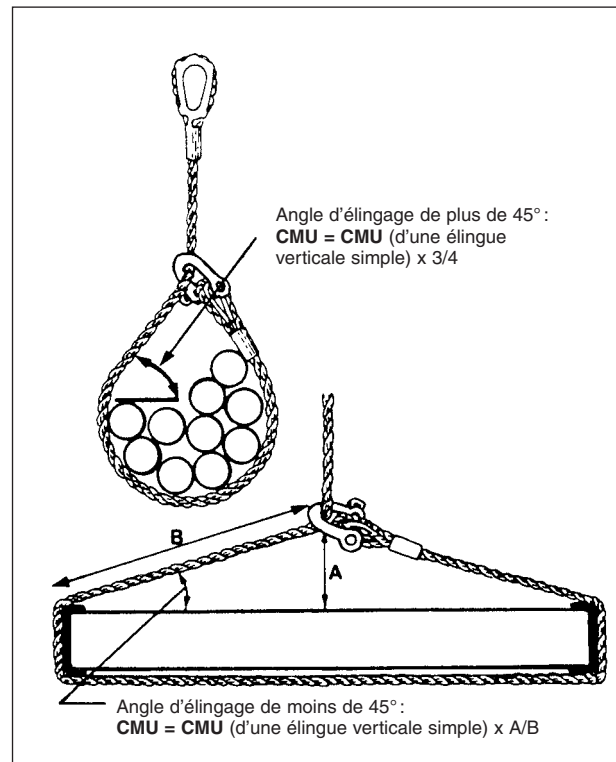
Attache à panier à enroulement

Selon la configuration, les **CMU** sont les mêmes que celles des attaches à panier simple et double.

Évaluation de la capacité d'une attache à panier double brins inclinés



Évaluation de la capacité d'une attache à étranglement



Attache à étranglement

Angle d'élingage de 45° ou plus:

CMU = **CMU** (d'une élingue verticale simple) x 3/4

Les angles d'élingage inférieurs à 45° ne sont pas recommandés, mais s'il est impossible de faire autrement, utiliser la formule d'évaluation de la capacité qui suit:

CMU = **CMU** (d'une élingue verticale simple) x A/B

Élingues sans fin et estropes

Bien que, dans le cas des estropes, les charges soient supportées par deux brins, on considère habituellement leur charge maximale d'utilisation comme étant égale à 1,5 fois la charge maximale d'utilisation d'une élingue verticale simple. Cette diminution de CMU tient compte de la perte de capacité attribuable à la courbure prononcée de l'élingue au crochet ou à la manille.

Attache à double étranglement

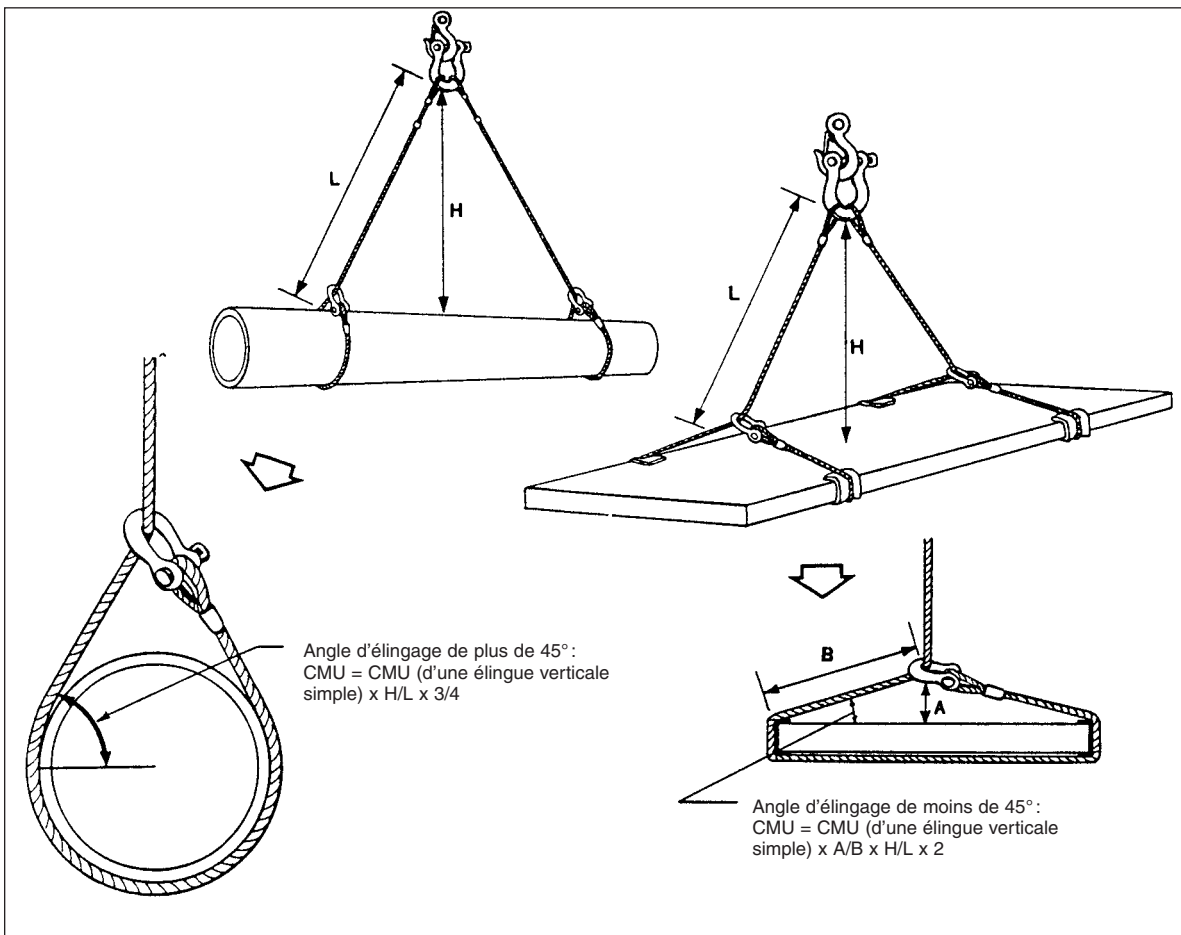
Angle d'élingage de 45° ou plus (formé par l'étranglement) :

$$CMU = CMU \text{ (d'une élingue verticale simple) } \times H/L \times 3/4$$

Les angles d'élingage inférieurs à 45° (formés par l'étranglement) ne sont pas recommandés. Mais s'il est impossible de faire autrement, utiliser la formule d'évaluation de la capacité qui suit :

$$CMU = CMU \text{ (d'une élingue verticale simple) } \times A/B \times H/L \times 2$$

Évaluation de la capacité d'une attache à double étranglement



Attache à étranglement à enroulement

Selon la configuration, la charge maximale d'utilisation est la même que celle de l'attache à étranglement simple ou double.

Types d'élingues

Les élingues de câble métallique doivent être fréquemment inspectées afin de vérifier si elles présentent des fils cassés, des coques ou des signes d'abrasion ou de corrosion. Les méthodes d'inspection et les critères de remplacement abordés dans la section sur les câbles métalliques doivent être utilisés, quel que soit le type d'élingue ou son usage.

Toutes les élingues de câble métallique doivent être faites d'acier à haute résistance et posséder une âme indépendante en câble métallique afin de limiter les risques d'écrasement. Les fabricants offrent des conseils pour la sélection du câble approprié à un usage particulier.

Il est recommandé que toutes les boucles des élingues de câble métallique soient munies de cosses, réalisées au moyen d'épissures flamandes et fermées par des douilles ou des manchons pressés ou à assemblage mécanique. À l'exception des raccords à brides, ce sont les seuls dispositifs qui permettent de réaliser des boucles aussi résistantes que le câble lui-même et de disposer d'une réserve de résistance advenant une rupture ou le desserrage de la douille ou du manchon.

La capacité d'une élingue de câble métallique peut être grandement modifiée par une courbure trop prononcée autour d'un axe, d'un crochet ou d'une pièce d'une charge. Dans l'industrie, on emploie le terme « ratio D/d » pour exprimer le degré de courbure, où « D » représente le diamètre de courbure auquel est soumis le câble ou l'élingue et « d » le diamètre du câble.

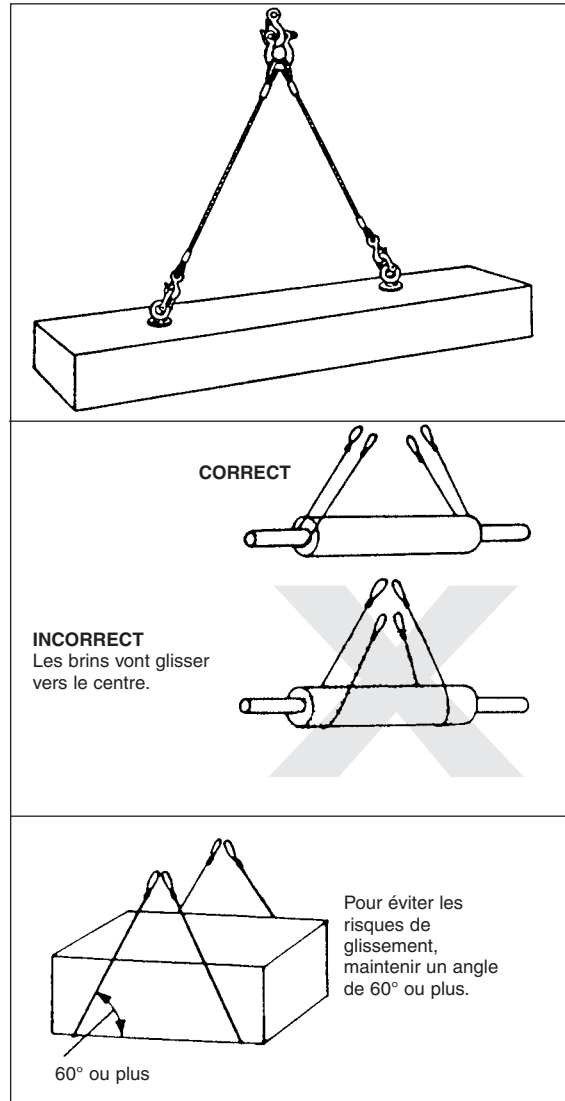
Élingues de câble métallique

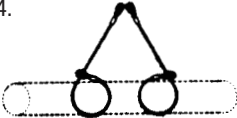
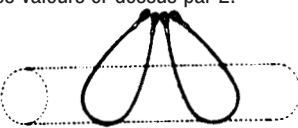
L'emploi d'élingues de câble métallique dans les manœuvres de levage procure plusieurs avantages par rapport aux autres types d'élingues. Bien que moins résistant qu'une chaîne, le câble métallique est à la fois souple et relativement léger. La rupture de brins extérieurs constitue en outre un bon signe de défaillance éventuelle, qui donne amplement de temps pour réagir. Les élingues de câble métallique de bonne confection sont tout à fait sûres pour un usage général dans le secteur de la construction.

Une attache à panier utilisée avec une charge à surface lisse doit être bloquée contre une aspérité de la charge afin de l'empêcher de glisser lors de la mise sous tension. L'angle entre la charge et l'élingue doit être d'environ 60° ou plus afin d'éviter les risques de glissement.

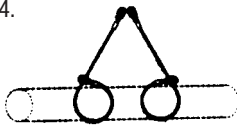
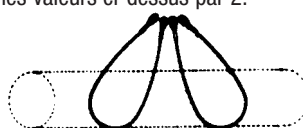
Dans le cas des caisses en bois, le câble mordra suffisamment dans le bois pour ne pas glisser. Dans le cas des autres charges rectangulaires, le câble doit être protégé aux arêtes au moyen de dispositifs adéquats afin d'éviter la formation de coques.

Il importe d'empêcher la charge de tourner ou de glisser le long du câble pendant la manœuvre de levage afin d'éviter que le frottement n'endommage l'élingue ou la charge.



ÉLINGUES DE CÂBLE MÉTALLIQUE Arrangement 6 x 19, acier à haute résistance, âme textile						
Diamètre de l'élingue (mm)	CHARGES MAXIMALES D'UTILISATION – KG (Facteur de sécurité = 5)					
	Élingue verticale simple	Attache à étranglement	Attache à panier (brins verticaux)	Élingue multibrin à 2 brins et attach à panier à brins inclinés		
						
				60°	45°	30°
5	270	200	540	470	380	270
6	500	375	1 000	850	700	500
8	750	550	1 500	1 300	1 050	750
10	1 100	800	2 200	1 900	1 550	1 100
11	1 450	1 100	2 900	2 500	2 050	1 450
13	2 000	1 500	4 000	3 450	2 800	2 000
14	2 400	1 800	4 800	4 200	3 400	2 400
16	3 000	2 250	6 000	5 200	4 250	3 000
19	4 300	3 200	8 600	7 500	6 100	4 300
22	5 800	4 350	11 600	10 100	8 200	5 800
26	7 600	5 700	15 200	13 150	10 700	7 600
29	9 600	7 200	19 200	16 600	13 600	9 600
32	11 900	8 900	23 800	20 600	16 800	11 900
35	14 700	11 000	29 400	25 450	20 800	14 700
38	17 400	13 050	34 800	30 150	24 600	17 400
41	20 500	15 400	41 000	35 500	29 000	20 500
45	23 600	17 700	47 200	40 800	33 300	23 600
48	27 600	20 700	55 200	47 800	39 000	27 600
51	30 700	23 000	61 400	53 100	43 400	30 700
57	38 100	28 600	76 200	66 000	53 900	38 100
64	47 200	35 400	94 400	81 700	66 700	47 200
70	55 300	41 500	110 600	95 800	78 200	55 300
Dans le cas des attaches à double étranglement, multiplier les valeurs ci-dessus par 3/4.  Dans le cas des attaches à double panier, multiplier les valeurs ci-dessus par 2. 						
Note: Les valeurs du tableau s'appliquent aux élingues ayant une boucle flamande avec cosse et manchon à assemblage mécanique aux deux extrémités.						

Remarque – Ces tableaux ne sont présentés qu'à titre indicatif. Vérifier auprès du fabricant pour connaître la CMU des élingues utilisées.

ÉLINGUES DE CÂBLE MÉTALLIQUE						
Arrangement 6 x 19, acier à haute résistance, âme IWRC						
Diamètre de l'élingue (mm)	CHARGES MAXIMALES D'UTILISATION – KG (Facteur de sécurité = 5)					
	Élingue verticale simple 	Attache à étranglement 	Attache à panier (brins verticaux) 	Élingue multibrin à 2 brins et attache à panier à brins inclinés 		
				60°	45°	30°
5	300	200	600	500	400	300
6	500	370	1 000	850	700	500
8	800	600	1 600	1 350	1 100	800
10	1 150	850	2 300	2 000	1 600	1 150
11	1 550	1 250	3 100	2 700	2 200	1 550
13	2 100	1 550	4 200	3 700	2 950	2 100
14	2 600	1 950	5 200	4 500	3 650	2 600
16	3 200	2 400	6 400	5 550	4 500	3 200
19	4 600	3 450	9 200	7 950	6 500	4 600
22	6 200	4 650	12 400	10 100	8 250	6 200
26	8 150	6 100	16 300	14 100	11 500	8 150
29	10 300	7 700	20 600	17 800	14 550	10 300
32	12 800	9 600	25 600	22 150	18 100	12 800
35	15 800	11 800	31 600	27 350	22 300	15 800
38	18 700	14 000	37 400	32 400	26 450	18 700
41	22 050	16 500	44 100	38 200	31 150	22 050
45	25 350	19 000	50 700	43 900	35 850	25 350
48	29 700	22 250	59 400	51 400	42 000	29 700
51	32 900	24 650	65 800	57 000	46 500	32 900
57	40 950	30 700	81 900	70 900	57 900	40 950
64	50 700	38 000	101 400	87 800	71 700	50 700
70	58 450	44 600	118 900	103 000	84 050	59 450
				Dans le cas des attaches à double étranglement, multiplier les valeurs ci-dessus par 3/4. 		
				Dans le cas des attaches à double panier, multiplier les valeurs ci-dessus par 2. 		
Note : Les valeurs du tableau s'appliquent aux élingues ayant une boucle flamande avec cosse et manchon à assemblage mécanique aux deux extrémités.						

Remarque – Ces tableaux ne sont présentés qu'à titre indicatif. Vérifier auprès du fabricant pour connaître la CMU des élingues utilisées.

Élingues de chaîne

Les élingues de chaîne conviennent aux applications nécessitant flexibilité et résistance à l'abrasion, aux coupures et aux hautes températures.

Les chaînes en acier allié de grade 80 doivent porter le chiffre « 8 », « 80 » ou « 800 » ; ceux de grade 100 doivent porter le chiffre « 10 », « 100 » ou « 1000 ». Ce type de chaîne est le seul autorisé pour le déplacement de charges suspendues.

Comme dans le cas des autres types d'élingues et de leurs accessoires, les élingues de chaîne doivent avoir un facteur de sécurité de 5. Les fabricants de chaînes nord-américains leur attribuent normalement une charge maximale d'utilisation (ou une « charge utile » selon l'usage dans le secteur de la fabrication des chaînes) fondée sur un facteur de sécurité de 3,5 ou 4. Il importe donc de toujours vérifier auprès du fabricant le facteur de sécurité sur lequel se fonde la charge maximale d'utilisation de ses chaînes.

Si le facteur de sécurité d'une chaîne est inférieur à 5, on doit alors calculer sa charge maximale d'utilisation en multipliant la CMU indiquée dans le catalogue par le facteur de sécurité attribué par le fabricant et diviser le résultat obtenu par 5.

$$\frac{\text{CMU du catalogue} \times \text{FS du fabricant}}{5} = \text{CMU (fondée sur un facteur de sécurité de 5)}$$

Exemple – Chaîne en acier allié de 13 mm

CMU du catalogue = 5 900 kg

Facteur de sécurité = 3,5

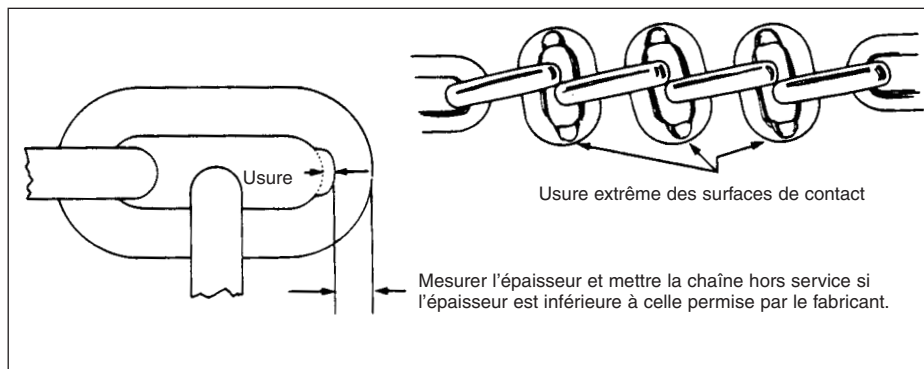
$$\frac{5\,900 \text{ kg} \times 3,5}{5} = 4\,130 \text{ kg}$$

La CMU de cette chaîne doit être abaissée à 4 200 kg pour son utilisation dans le secteur de la construction.

Lorsqu'une charge possède des arêtes vives, l'élingue doit être munie de protecteurs afin d'éviter d'endommager les maillons ou la charge. Par ailleurs, il ne faut jamais faire de nœuds dans une élingue de chaîne pour la raccourcir. Utiliser plutôt un crochet à chaîne ou une griffe de raccourcissement, qui sont conçus à cette fin.

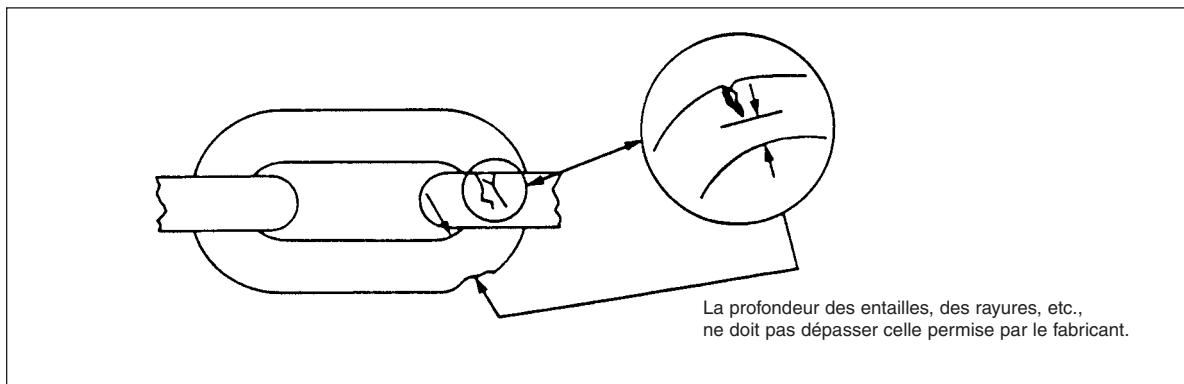
Lors de l'inspection des élingues de chaîne, rechercher les signes d'usure sur les faces intérieure et extérieure des maillons (fig. 33). Les fabricants publient des tableaux du degré d'usure admissible en fonction du diamètre des maillons. Bon nombre d'entreprises fournissent également des calibres d'usure qui permettent de déterminer à quel moment une élingue doit être mise hors service ou des maillons remplacés. Les calibres ou les tableaux de chaque fabricant ne doivent être utilisés que pour les chaînes fabriquées par celui-ci, étant donné que pour un même diamètre nominal, les dimensions exactes peuvent varier d'un fabricant à l'autre.

Figure 33 – Vérifier si les surfaces de contact des maillons sont usées

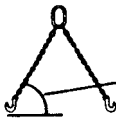
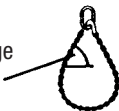
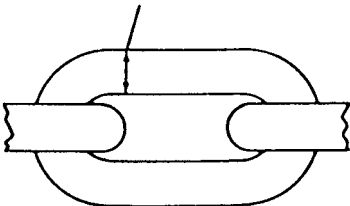
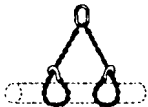
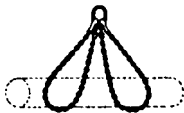
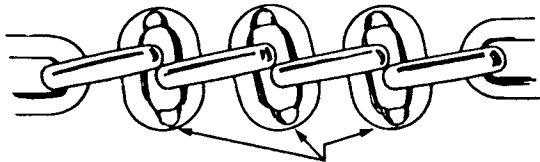


Un travailleur compétent devrait vérifier également si les élingues de chaîne présentent des ébréchures ou des entailles susceptibles de provoquer une concentration des contraintes et d'affaiblir les maillons (fig. 34). Si les ébréchures ou les entailles sont profondes ou larges, ou si elles réduisent le diamètre du maillon en deçà du degré d'usure permis, retirer la chaîne du service. Toutes les réparations doivent être faites conformément aux spécifications du fabricant.

Figure 34 – Vérifier si les maillons présentent des entailles, des brèches ou des rayures



Ne jamais tenter de joindre deux sections de chaîne en acier allié au moyen d'un maillon de rechange ou d'un maillon de raccord. Ceux-ci sont beaucoup moins résistants que les maillons de la chaîne. Ne jamais utiliser une chaîne dont les maillons sont étirés ou ne jouent pas librement.

ÉLINGUES DE CHAÎNE EN ACIER ALLIÉ						
Diamètre de la chaîne (mm)	CHARGES MAXIMALES D'UTILISATION – KG Facteur de sécurité = 5 conformément à la réglementation de l'OH&S					
	Élingue verticale simple	Attache à étranglement	Attache à panier (brins verticaux)	Élingue multibrin à 2 brins et attache à panier à brins inclinés		
					Angle d'élingage	
				60°	45°	30°
6	1 300	1 000	2 500	2 200	1 800	1 300
10	2 600	1 900	5 200	4 500	3 600	2 600
13	4 400	3 300	8 700	7 500	6 200	4 400
16	6 600	4 900	13 100	11 400	9 300	6 600
19	10 300	7 700	20 500	17 800	14 500	10 300
22	12 400	9 300	24 800	21 500	17 500	12 400
26	17 300	13 000	34 600	30 000	24 500	17 300
32	26 200	19 700	52 500	45 400	37 100	26 200
Mesurer au moyen de ce diamètre.  N'employer que des chaînes en acier allié.				Dans le cas des attaches à double étranglement, multiplier les valeurs ci-dessus par 3/4. 		
				Dans le cas des attaches à double panier, multiplier les valeurs ci-dessus par 2. 		
Résistance basée sur les normes ISO et ajustée pour refléter un facteur de sécurité de 5.  Mettre au rebut si les surfaces de contact présentent plus de 10 % d'usure.						

Remarque – Ce tableau n'est présenté qu'à titre indicatif. Vérifier auprès du fabricant pour connaître la CMU des élingues utilisées.

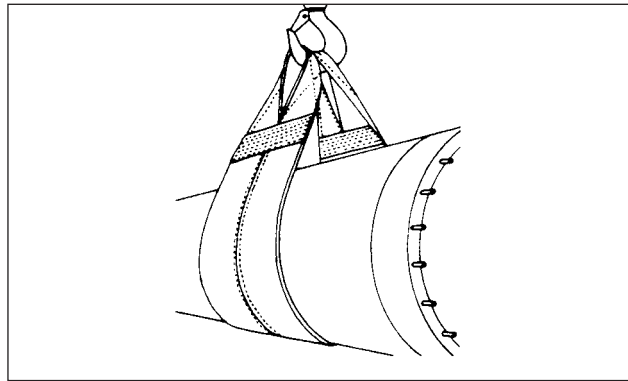
Sangles de levage en fibre synthétique

Les sangles de levage en fibre synthétique sont de deux types : en nylon et en polyester (Dacron). Le nylon résiste à de nombreuses substances alcalines tandis que le polyester résiste à nombre d'acides. Il convient donc de consulter le fabricant avant d'utiliser une sangle en fibre synthétique dans un milieu chimique. Les élingues de nylon sont plus couramment répandues, mais celles en polyester sont souvent recommandées lorsque la hauteur de dégagement est restreinte en raison de leur faible pourcentage d'élasticité, soit la moitié de celui du nylon.

Les sangles en fibre synthétique offrent un certain nombre d'avantages aux gréeurs.

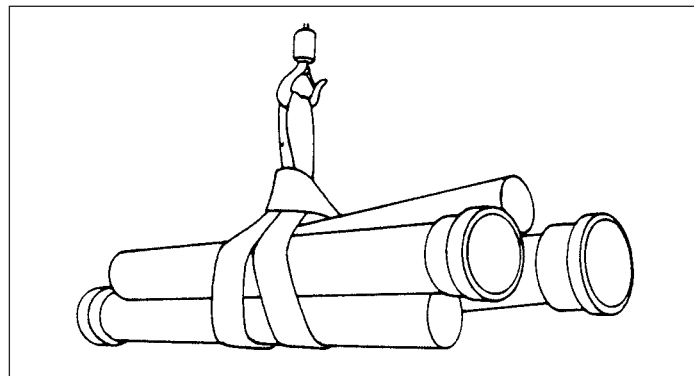
- Leur douceur relative et leur largeur font qu'elles ont beaucoup moins tendance à endommager ou à égratigner les surfaces finement usinées, hautement polies ou peintes et à écraser les objets fragiles que ne le font les élingues de câble textile, de câble métallique ou de chaîne (fig. 35).

Figure 35 – Les sangles en fibre synthétique n'endommagent ni n'écrasent les charges



- Grâce à leur souplesse, elles tendent à épouser la forme de la charge (fig. 36).

Figure 36 – Les sangles en fibre synthétique épousent la forme des charges

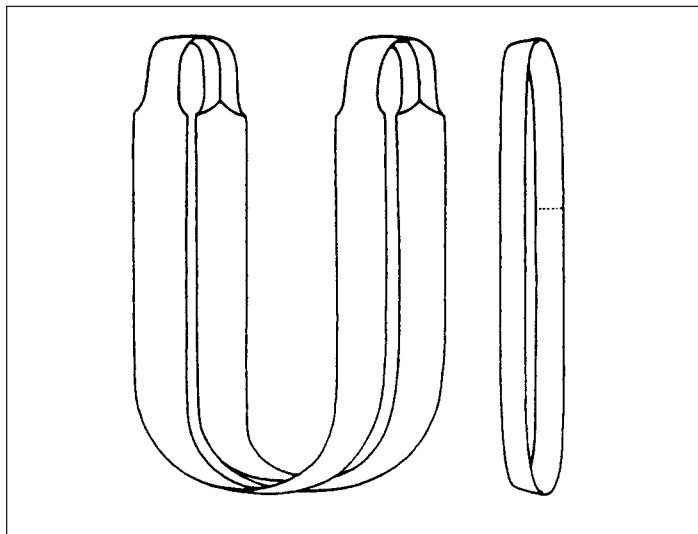


- Elles ne rouillent pas et ne tachent donc pas les pièces décoratives en béton préfabriqué ou en pierre.
- Elles ne produisent pas d'étincelles et peuvent être utilisées sans danger dans des atmosphères explosives.
- Elles limitent les risques de rotation et de torsion pendant le levage.
- Leur poids léger facilite le gréage des charges, leur douceur prévient les coupures aux mains et elles présentent un risque limité de blessure causé par le balancement d'une élingue.
- Elles sont élastiques et allongent davantage sous le poids de la charge que les élingues de câble métallique ou de chaîne, ce qui leur permet d'absorber des tensions brusques et d'en amortir les effets sur la charge. Lorsque l'élasticité doit être réduite au minimum, on utilise alors une élingue de plus grande capacité ou une élingue de polyester.

Les sangles en fibre synthétique sont offertes dans un éventail de configurations adaptées au secteur de la construction.

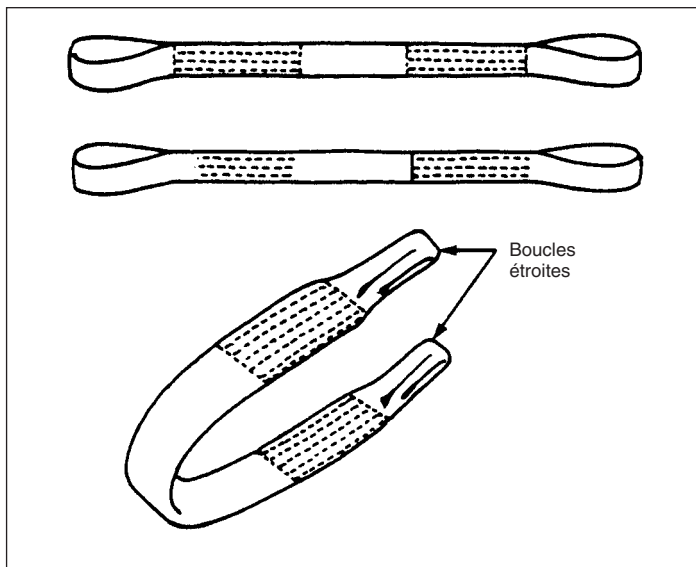
Élingues sans fin ou estropes – Les deux extrémités d'une sangle sont superposées et cousues pour former une pièce continue qui peut être utilisée comme attache verticale, attache à étranglement ou attache à panier. Étant donné que les points d'appui de la charge peuvent être décalés à chaque levage, l'usure s'effectue de façon uniforme et la durée d'utilisation de la sangle s'en trouve prolongée (fig. 37).

Figure 37 – Élingues sans fin ou estropes



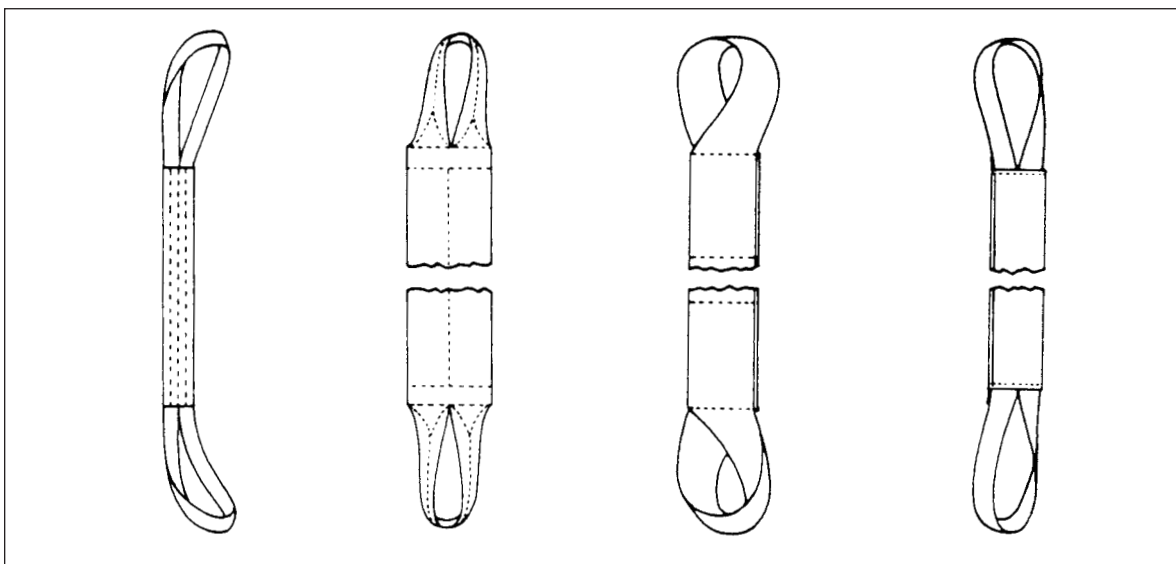
Sangle à deux boucles – Sangle dont les extrémités sont repliées et cousues pour former une boucle à chaque extrémité, les boucles étant alors dans le même plan que le corps de la sangle. Ces boucles peuvent être de la même largeur que le corps de la sangle ou être rétrécies en repliant les rebords vers l'intérieur et en les cousant ainsi (fig. 38).

Figure 38 – Sangles à deux boucles



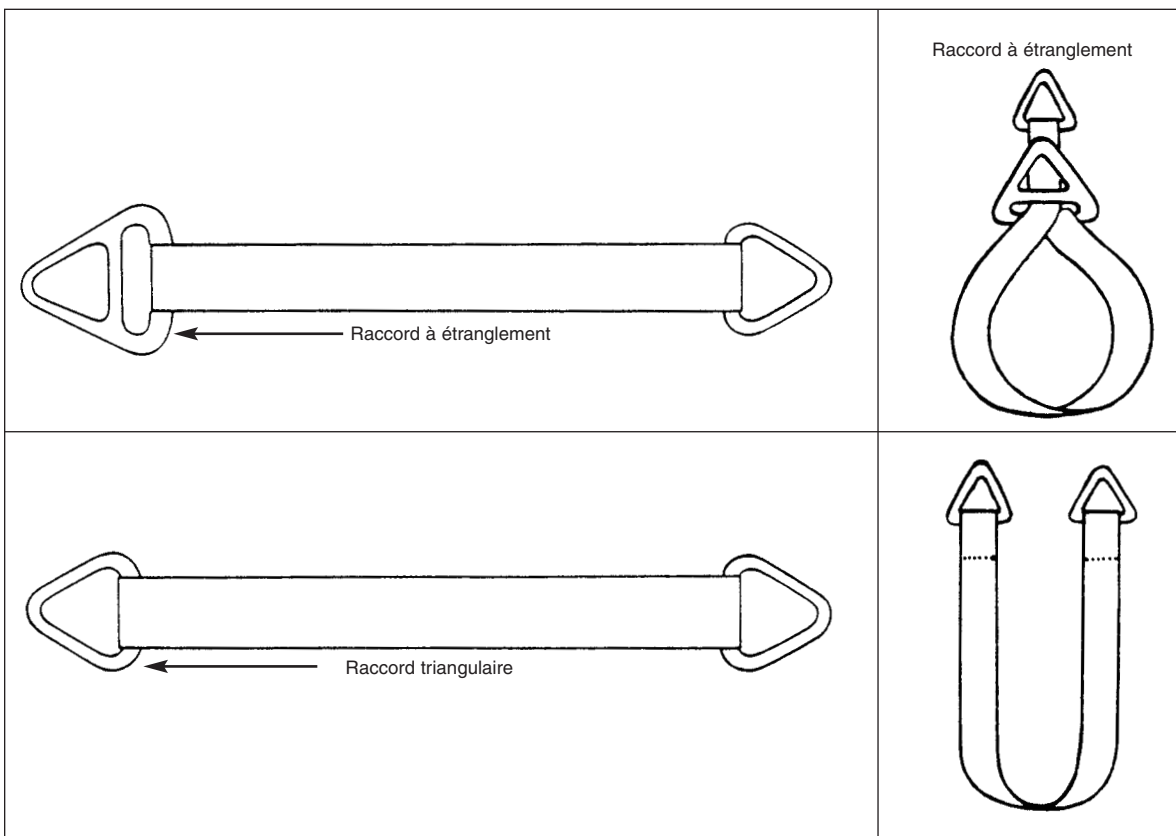
Sangle à boucles tordues – Sangle dont les boucles sont tordues de manière à former un angle de 90° avec le plan du corps de la sangle. Les boucles peuvent être de la même largeur que le corps de la sangle ou plus étroites (fig. 39).

Figure 39 – Sangles à boucles tordues



Au lieu des boucles cousues, les sangles peuvent être munies de boucles métalliques, dont les plus courantes sont les triangles standards et les triangles à étranglement. La combinaison d'un triangle standard à une extrémité de la sangle et d'un triangle à étranglement à l'autre extrémité permet de réaliser des attaches à étranglement, des attaches à panier et des attaches verticales. Ces accessoires aident à réduire l'usure des boucles des sangles et prolongent ainsi leur durée de vie (fig. 40).

Figure 40 – Raccords métalliques

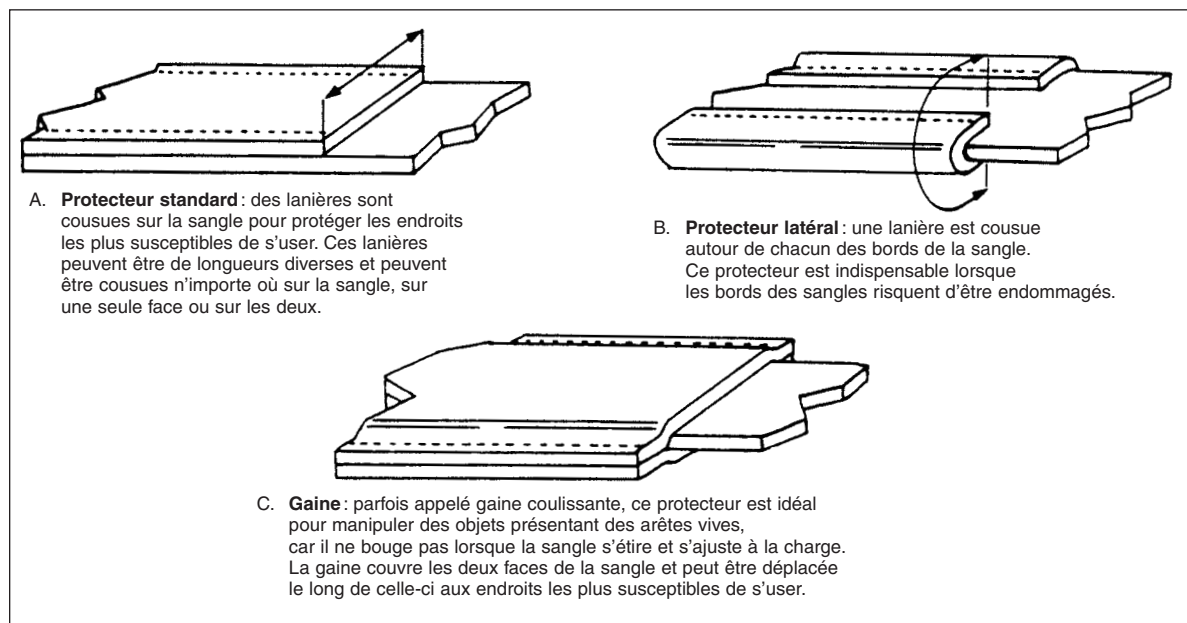


Malgré leur résistance, les sangles de fibre synthétique peuvent être coupées lorsqu'elles sont utilisées fréquemment pour lever des objets aux arêtes vives; elles peuvent aussi être usées par abrasion lorsqu'elles servent à soulever continuellement des objets à surface rugueuse.

La plupart des fabricants d'élingues proposent toutefois des dispositifs de protection qui permettent de limiter ces effets.

- Des **lanières protectrices** de cuir, de nylon ou d'autres matériaux cousues sur le corps de la sangle la protègent contre l'usure (fig. 41A). Celles en cuir sont plus résistantes à l'usure et aux coupures, mais résistent mal aux intempéries et se détériorent graduellement. Il est recommandé de ne pas employer des lanières de plus de 2 mètres en raison de la différence d'élasticité entre le cuir et la sangle. Pour leur part, les lanières de nylon résistent mieux aux intempéries, aux huiles, aux graisses et à la plupart des substances alcalines, tout en possédant le même ratio d'élasticité que la sangle.
- On peut également se procurer des **protecteurs latéraux**, qui consistent en des lanières de cuir ou de fibre synthétique cousues autour de chacun des bords de la sangle (fig. 41B). Ces protecteurs sont indispensables lorsque les bords des sangles risquent d'être endommagés.
- Quant aux sangles utilisées pour manipuler des objets présentant des arêtes vives, on emploie des **gaines protectrices coulissantes**. Celles-ci peuvent être placées à l'endroit désiré sur la sangle, ne bougent pas lorsque la sangle s'étire, s'ajustent à la charge et couvrent les deux faces de la sangle (fig. 41C).

Figure 41 – Protecteurs de sangle

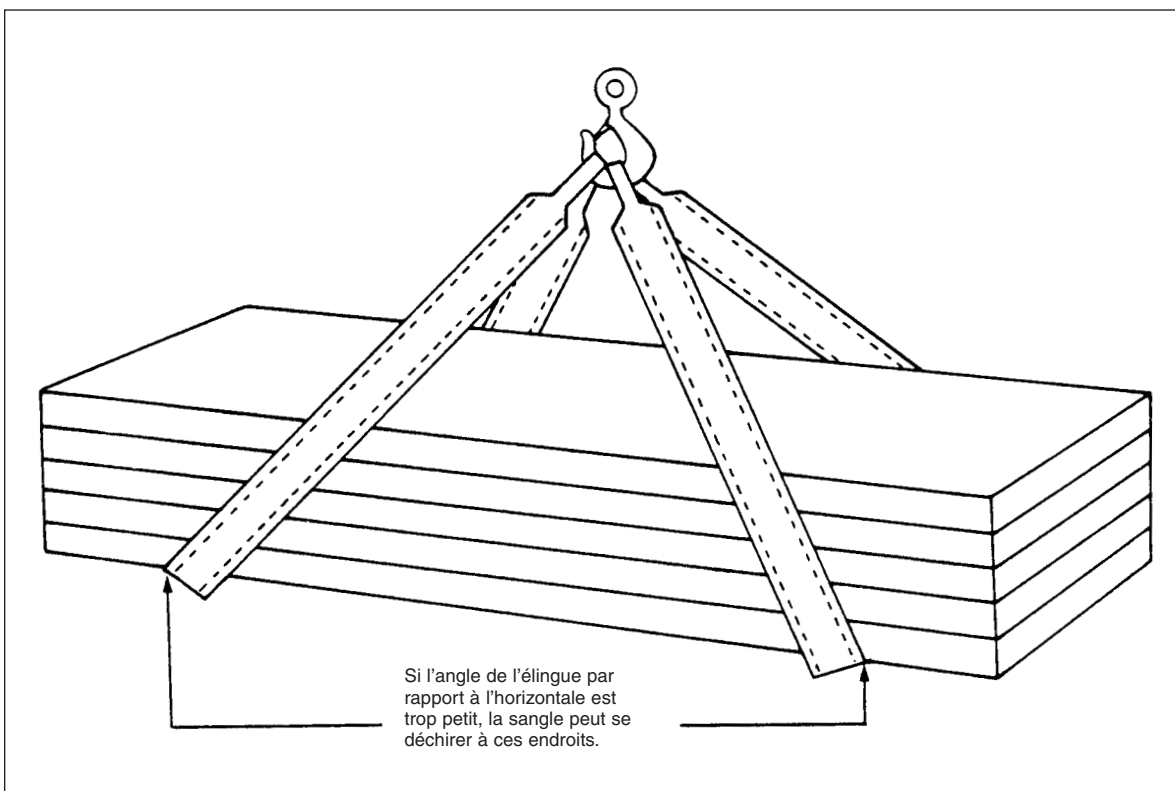


- On peut coudre des **lanières de renfort** dans les boucles des sangles pour doubler ou tripler leur épaisseur et ainsi augmenter grandement la durée d'utilisation et la sécurité de la sangle.
- L'application d'**enduits** sur les sangles procure une résistance accrue à l'abrasion et aux produits chimiques, ainsi qu'une meilleure prise sur les charges glissantes. Des enduits de couleur vive peuvent être utilisés pour des raisons de sécurité ou pour désigner la capacité des sangles.
- Les **sangles de nylon peuvent être revêtues de coton** afin de les protéger des pièces en granite et d'autres matériaux à surface rugueuse.

La capacité nominale des sangles de fibre synthétique se fonde sur la résistance à la traction de la sangle, un facteur de sécurité de 5 et l'efficacité de la fabrication. Ce dernier critère tient compte de la perte de résistance de la sangle après qu'elle a été cousue et a subi d'autres modifications pendant sa fabrication. L'efficacité de la fabrication se situe en général entre 80 et 85 % pour les sangles monocouches, mais est plus faible dans le cas des sangles multicouches et très larges.

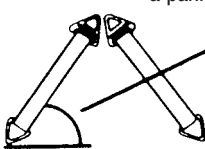
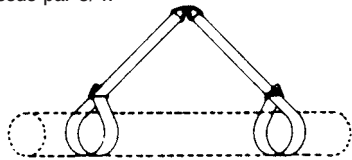
Bien que les fabricants fournissent des tableaux indiquant la capacité des sangles en configurations multibrins et à panier, on doit les utiliser avec la plus grande prudence. Plus l'angle d'élingage est faible, plus la charge est supportée par un seul des côtés de la sangle, ce qui risque de provoquer la déchirure de l'élingue (fig. 42).

Figure 42 – Effet d'un trop petit angle sur les sangles



Les élingues munies de raccords en aluminium ne devraient jamais être utilisées dans un milieu acide ou alcalin. Les élingues en nylon et en polyester ne doivent pas être utilisées à des températures supérieures à 90 °C (194 °F).

Inspecter régulièrement les élingues synthétiques. Les dommages sont généralement faciles à déceler. Les coupures, les trous, les déchirures, la déformation des boucles ou des raccords, les brûlures à l'acide, aux alcalins ou à la chaleur sont facilement visibles et indiquent la nécessité de remplacer l'élingue. Ne pas tenter de faire les réparations soi-même.

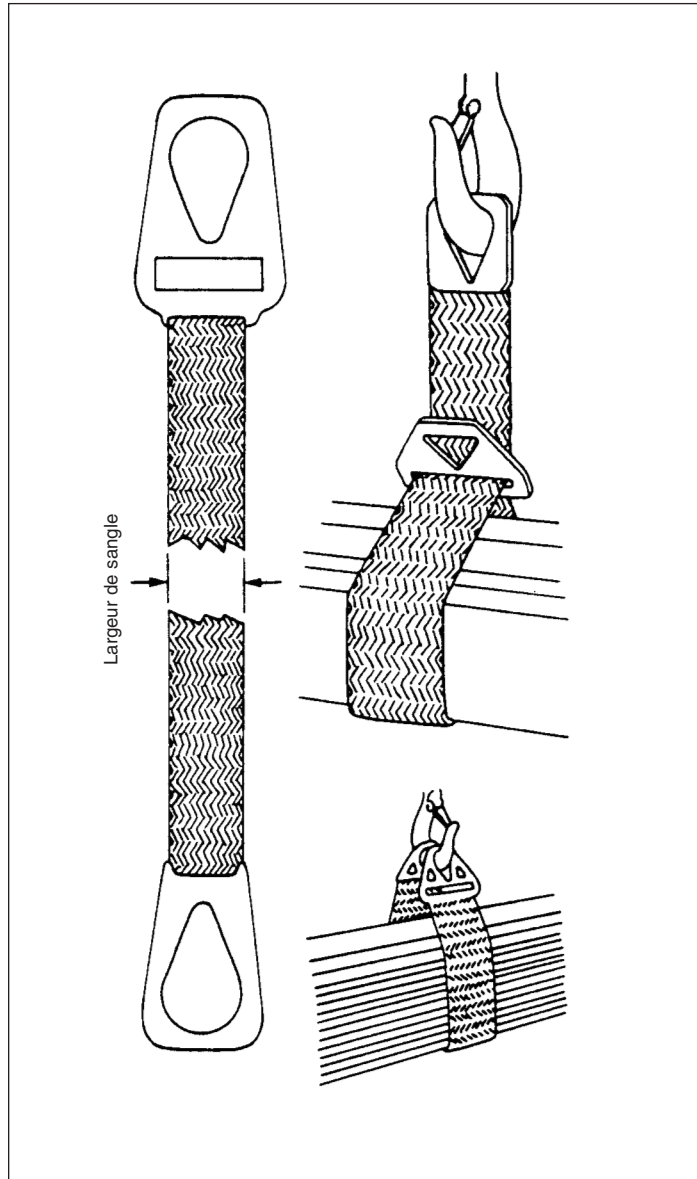
SANGLES DE NYLON						
1 200 kg/cm de largeur de tissu						
Charges maximales d'utilisation – kg (Facteur de sécurité = 5) (deux boucles, boucles tordues, raccords en triangle, raccords à étranglement)						
Largeur de l'élingue (cm)	Élingue verticale simple	Attache à étranglement	Attache à panier (brins verticaux)	Élingue multibrin à 2 brins et attache à panier à brins inclinés		
				 Angle d'élingage		
				60°	45°	30°
2,5	500	370	1 000	860	710	500
5,1	1 000	750	2 000	1 730	1 410	1 000
7,6	1 500	1 120	3 000	2 590	2 120	1 500
10,2	2 000	1 500	4 000	3 460	2 820	2 000
12,7	2 490	1 870	4 980	4 320	3 530	2 490
15,2	2 990	2 250	5 980	5 180	4 230	2 990
				Dans le cas des attaches à double étranglement, multiplier les valeurs ci-dessus par 3/4.		
						
1. Pour les élingues sans fin ou les estropes, multiplier les valeurs du tableau par 2. 2. Les valeurs ont été ajustées pour refléter l'efficacité de la fabrication (EF) au moyen des formules et des tableaux élaborés par le Web Sling Association. Ces valeurs tiennent compte de la perte de résistance attribuable aux coutures et à la fabrication. 3. Toutes les sangles de levage doivent être munies d'une étiquette indiquant leur capacité nominale, conformément à la réglementation de l'OH&S.						

Remarque – Ce tableau n'est présenté qu'à titre indicatif. Vérifier auprès du fabricant pour connaître la CMU des élingues utilisées.

Sangles métalliques

Les sangles métalliques, également appelées élingues en toile ou en treillis métallique, sont bien adaptées au levage de charges aux surfaces abrasives ou chaudes ou qui risquent de couper une élingue de câble textile ou métallique. Les sangles métalliques résistent à l'abrasion et aux coupures, agrippent la charge fermement sans s'étirer et peuvent supporter des températures pouvant atteindre 288 °C. Elles ont en outre des surfaces d'appui plates et lisses, peuvent épouser des formes irrégulières, ne tortillent pas, ne s'emmêlent pas et résistent à la corrosion (fig. 43).

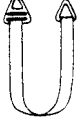
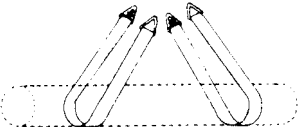
Figure 43 – Sangles métalliques



Lorsque la charge est susceptible d'endommager l'élingue ou, inversement, lorsque l'élingue risque d'endommager la charge, l'élingue peut être revêtue de caoutchouc ou de plastique. Le tableau 7 présente les charges maximales d'utilisation de ce type d'élingue.

On notera que la charge maximale d'utilisation des attaches à étranglement n'est pas réduite en raison du fait que l'effet de charnière du treillis métallique empêche les spirales de fil métallique individuelles de plier.

Tableau 7

SANGLES MÉTALLIQUES						
Largeur de la sangle (cm)	CHARGES MAXIMALES D'UTILISATION – KG (Facteur de sécurité = 5)					
	Élingue verticale simple 	Attache à étranglement 	Attache à panier (brins verticaux) 	Élingue multibrin à 2 brins et attache à panier à brins inclinés 		
				60°	45°	30°
TRAVAUX RIGoureux (CALIBRE 10)						
5	700	500	1 400	1 200	950	700
8	1 200	900	2 400	2 100	1 700	1 200
10	1 800	1 400	3 600	3 100	2 500	1 800
15	2 700	2 000	5 400	4 700	3 800	2 700
20	3 600	2 700	7 200	6 200	5 000	3 600
25	4 500	3 400	9 000	7 800	6 400	4 500
30	5 400	4 100	10 800	9 400	7 700	5 400
TRAVAUX MOYENS (CALIBRE 12)						
5	600	450	1 200	1 000	850	600
8	900	700	1 800	1 600	1 300	900
10	1 200	900	2 400	2 100	1 700	1 200
15	2 040	1 500	4 080	3 500	2 900	2 040
20	2 700	2 000	5 400	4 700	3 800	2 700
25	3 400	2 550	6 800	5 900	4 800	3 400
30	4 100	3 100	8 200	7 100	5 800	4 100
TRAVAUX LÉGERS (CALIBRE 14)						
5	400	300	800	700	550	400
8	600	450	1 200	1 050	850	600
10	900	700	1 800	1 550	1 300	900
15	1 350	1 000	2 700	2 300	1 900	1 350
20	1 800	1 350	3 600	3 100	2 550	1 800
25	2 250	1 700	4 500	3 900	3 200	2 250
30	2 700	2 000	5 400	4 700	3 800	2 700
				Dans le cas des attaches à double panier, multiplier les valeurs ci-dessus par 2. 		
Note : Les valeurs pour les attaches à étranglement sont les mêmes que pour les élingues verticales simples.						

Remarque – Ce tableau n'est présenté qu'à titre indicatif. Vérifier auprès du fabricant pour connaître la CMU des élingues utilisées.

Élingues de câble textile

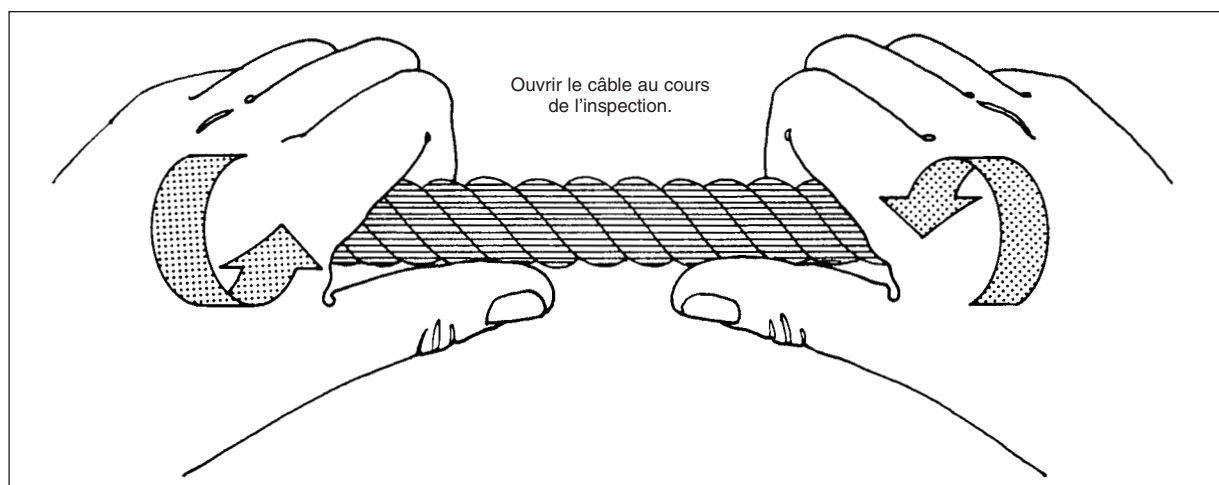
Il est préférable d'utiliser des élingues de câble textile dans certains cas, car elles sont souples, s'ajustent bien à la charge et n'endommagent pas sa surface. Elles ne doivent toutefois être utilisées qu'avec des charges légères et ne doivent jamais servir à lever des objets présentant des arêtes vives susceptibles de couper le câble, ni être utilisées dans des conditions où elles seraient exposées à de hautes températures, à une abrasion importante ou à des acides.

Il importe de choisir un câble de type et de diamètre appropriés à son usage, au poids à lever et à l'angle d'élingage. Avant de lever une charge avec une élingue de câble textile, il faut inspecter cette dernière avec soin. Les câbles de fibre textile, particulièrement ceux en manille, se détériorent plus rapidement que les câbles métalliques et leur résistance réelle est très difficile à évaluer.

Comme dans le cas des autres types d'élingues, les élingues de câble textile doivent être inspectées régulièrement. Rechercher les signes d'usure externe et de coupure, d'usure interne entre les torons et de détérioration des fibres.

Ouvrir le câble en décommettant les torons, en prenant garde de ne pas les tortiller. L'intérieur du câble doit être aussi luisant et propre que lorsqu'il était neuf. Vérifier la présence de fils et de torons cassés ou lâches. La présence d'un dépôt poudreux signale une usure interne entre les torons occasionnée par la flexion en va-et-vient du câble pendant son utilisation.

Méthode correcte pour ouvrir un câble textile



Accessoires de gréage

Il importe de bien connaître les accessoires que l'on utilise, de savoir comment les utiliser et de savoir comment leur charge maximale d'utilisation (CMU) se compare à celle de la chaîne ou du câble avec lequel ils sont utilisés.

Tous les accessoires doivent avoir une résistance suffisante pour l'usage auquel on les destine. Seuls les accessoires forgés en acier allié doivent être utilisés pour les manœuvres avec des charges suspendues. Leur CMU est estampée sur ces accessoires (fig. 44).

Inspecter les accessoires à intervalles réguliers et avant chaque manœuvre de levage. Les signes avant-coureurs de défaillance comprennent les suivants :

- usure,
- fissures,
- corrosion importante,
- déformation/déviation,
- pièces non appariées,
- dommages apparents.

Figure 44

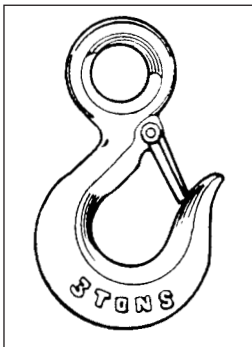
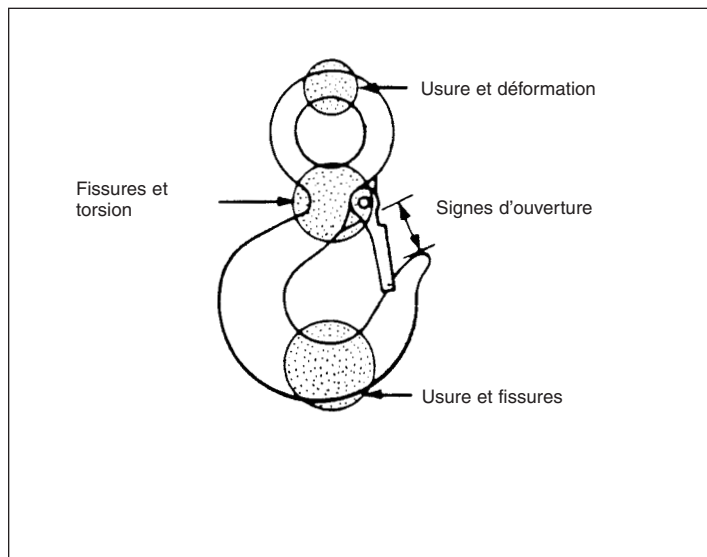


Figure 45 – Points d'inspection des crochets

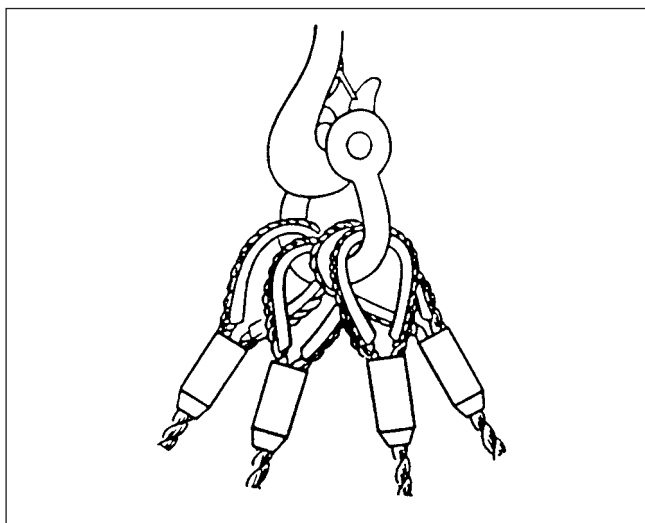


Crochets de levage

- Tous les crochets, à l'exception des crochets grappins et des crochets pélican, doivent être munis d'un linguet de sécurité.
- Les crochets doivent être en acier allié forgé et leur CMU doit être estampée sur la selle.
- La charge doit être suspendue au centre de la selle. Si la charge est suspendue à la pointe du crochet, la charge pratique de sécurité en sera réduite considérablement.
- Les crochets doivent être inspectés régulièrement et souvent. Vérifier si le crochet est usé, rouillé, fissuré ou tordu – particulièrement à la pointe – et s'il y a des signes d'ouverture de la gorge (fig. 45).

Conseil de sécurité

Lorsque deux câbles ou plus doivent être suspendus à un crochet, utiliser une manille afin de limiter l'usure des boucles et des cosses.



Serre-câbles pour câbles métalliques

Les serre-câbles sont couramment utilisés pour réaliser des boucles aux extrémités des câbles métalliques. Il en existe deux types principaux : à étrier et selle (U-bolt) et à double selle (Fist Grip).

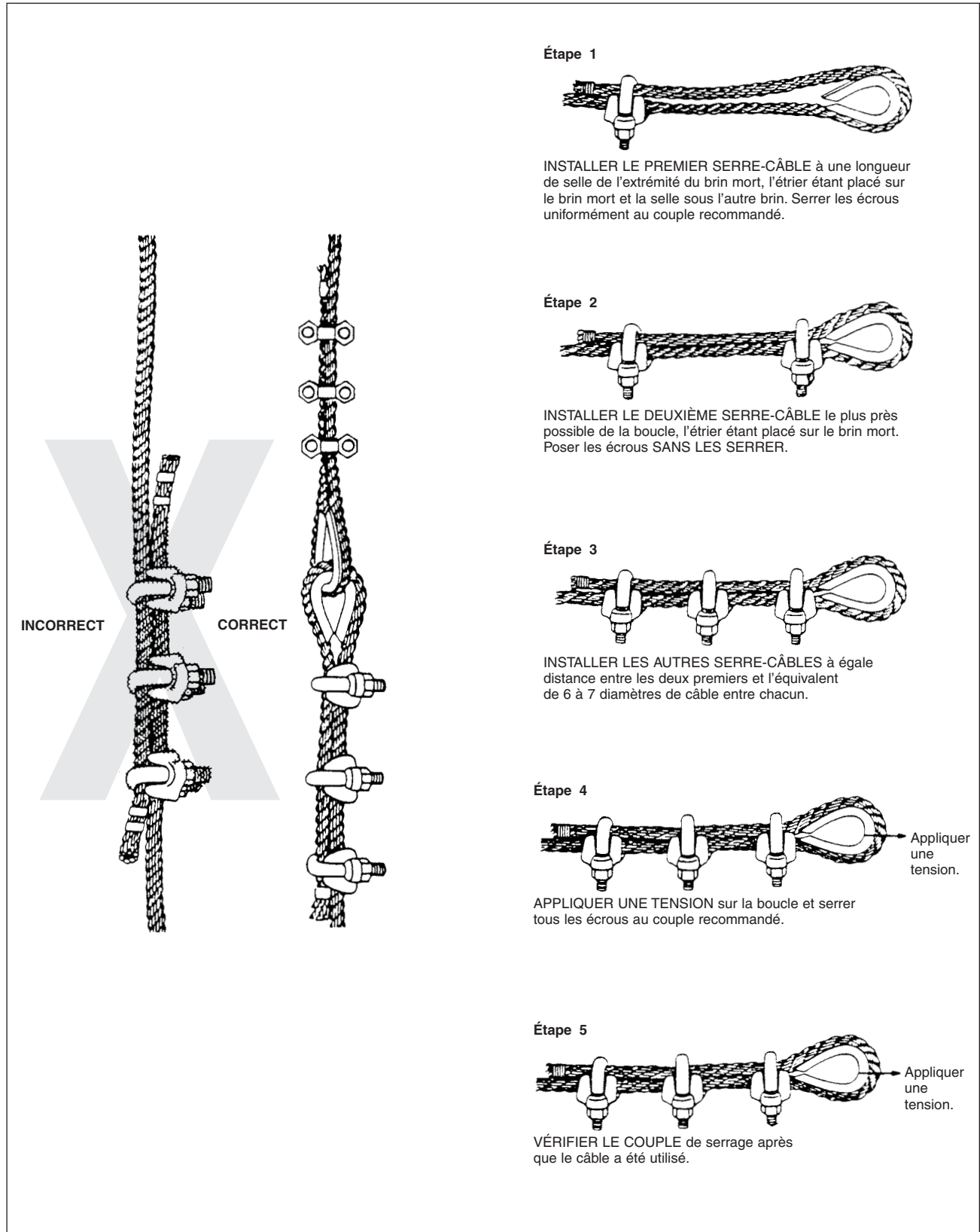
Dans le cas des serre-câbles à étrier et selle, s'assurer d'employer le type de serre-câble approprié. Il est recommandé d'opter pour des serre-câbles en acier allié forgé. Toujours s'assurer qu'ils sont correctement installés et que l'étrier fait contact avec le brin mort du câble. Serrer et resserrer les écrous conformément aux directives du fabricant.

Se reporter à la figure 46 pour déterminer le nombre de serre-câbles nécessaires en fonction du diamètre du câble ainsi que le couple de serrage approprié, et à la figure 47 pour la méthode d'installation détaillée des serre-câbles.

Figure 46

INSTALLATION DES SERRE-CÂBLES			
Diamètre du câble (mm)	Nombre minimum de serre-câbles	Longueur du brin mort à partir de la cosse (cm)	Couple en N•m Boulons non lubrifiés
8	2	14	40
10	2	16	61
11	3	18	88
13	3	29	88
14	3	30	129
16	4	30	129
19	4	45	176
22	5	48	305

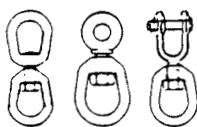
Figure 47



Émerillons

- Les émerillons diminuent l'effort de flexion qui s'exerce sur les accessoires de gréage en autorisant la libre rotation de la charge.
- Ils doivent être utilisés de préférence aux manilles dans les situations où la charge risque de tordre la manille et de lui imposer une tension excentrique.
- Leurs capacités approximatives sont données au tableau de la figure 48.
Consulter les tableaux fournis par les fabricants pour connaître les CMU exactes des émerillons que l'on se propose d'utiliser.

Figure 48

Émerillons (tous types) • Sans soudure • Acier allié forgé			
Diamètre du métal		Charge pratique de sécurité maximale (kg)	
6		400	
8		550	
10		1 000	
13		1 600	
16		2 350	
19		3 250	
22		4 500	
26		5 650	
29		6 900	
32		8 150	
38		20 500	

Manilles

- Les manilles sont offertes en différents modèles (fig. 49).
- Pour les manœuvres de levage, on doit choisir des manilles en acier allié forgé.
- Il ne faut pas remplacer les manillons par des boulons (fig. 50).
Les manillons sont conçus en fonction de la capacité de la manille.
- Vérifier si la manille présente des signes d'usure, de déformation ou d'ouverture (fig. 51).
Vérifier régulièrement le degré d'usure de la couronne.
- Ne pas utiliser de manille si elle doit être tirée ou chargée autrement qu'à la verticale ; cela réduit considérablement sa capacité et elle risque de s'ouvrir (fig. 52).
- Ne pas utiliser de manilles à manillon vissé si ce dernier risque de se dévisser sous l'effet du déplacement de la charge (fig. 53).

Figure 49

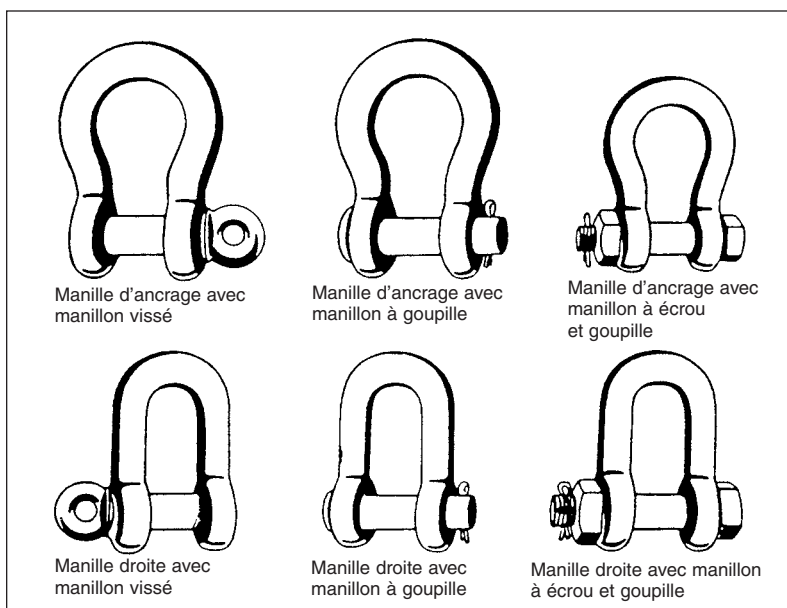


Figure 50

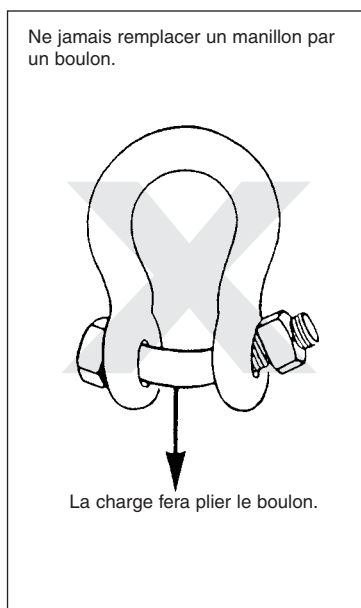


Figure 51

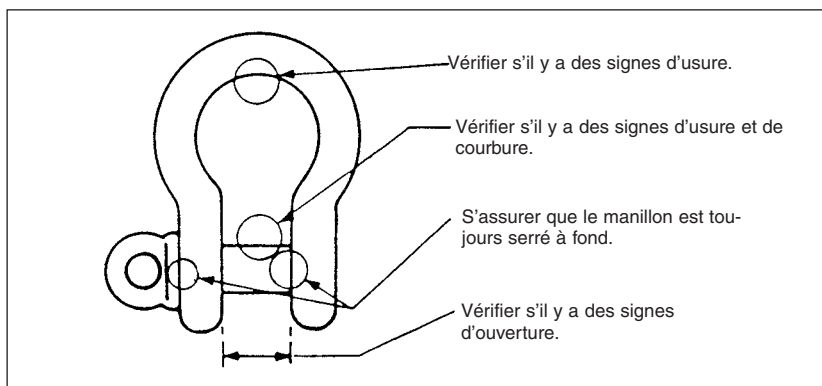


Figure 52

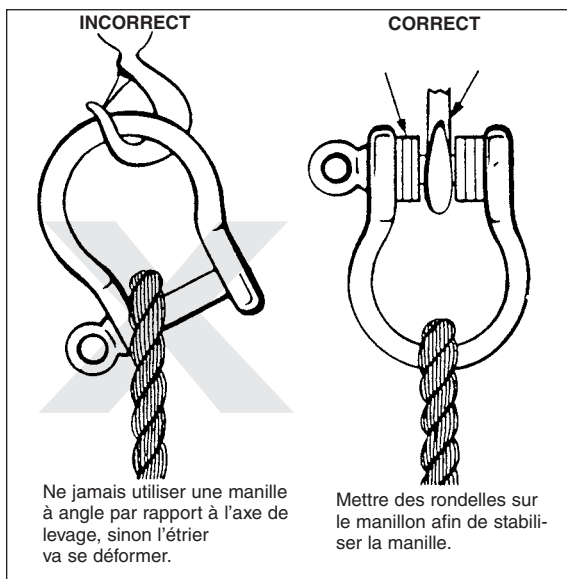
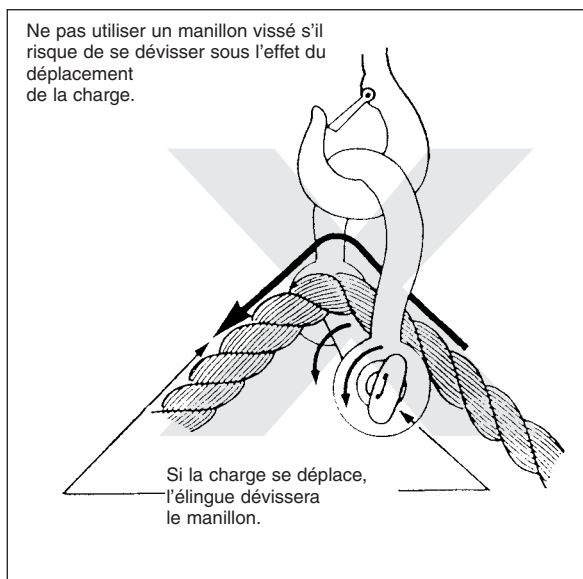


Figure 53



Boulons à œil

- Pour les manœuvres de levage, on doit choisir des boulons à œil ou à anneau en acier allié forgé.
- Utiliser des boulons dotés d'une embase ou d'un épaulement. Les boulons sans embase conviennent aux levages à la verticale, mais ils peuvent plier et perdre une grande partie de leur capacité s'ils sont soumis à une tension oblique (fig. 54). Même munis d'une embase, les boulons à œil et à anneau perdent une partie de leur capacité lorsqu'ils subissent une tension oblique.
- S'assurer que l'embase du boulon est à angle droit avec l'axe du trou, que le boulon fait contact avec la surface dans laquelle il est vissé et que les écrous sont serrés au couple approprié (fig. 55).
- Au besoin, installer des rondelles afin d'assurer un contact solide et uniforme avec la surface dans laquelle le boulon est vissé (fig. 55).
- S'assurer que les trous taraudés devant recevoir les boulons filetés sont suffisamment profonds pour offrir une prise uniforme (fig. 55).
- La tension doit être appliquée dans le plan de l'œil, jamais dans l'autre sens (fig. 55). Cette précaution est particulièrement importante avec les élingues multibrins, qui exercent toujours une tension oblique sur les boulons à œil à moins qu'un palonnier ne soit installé.
- Ne jamais introduire la pointe d'un crochet dans un boulon à œil. Utiliser plutôt une manille (fig. 55).
- Éviter de passer une élingue dans deux boulons à œil. Fixer plutôt une élingue dans chaque boulon.

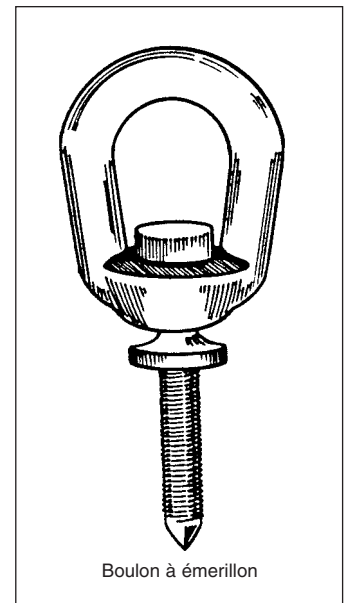


Figure 54

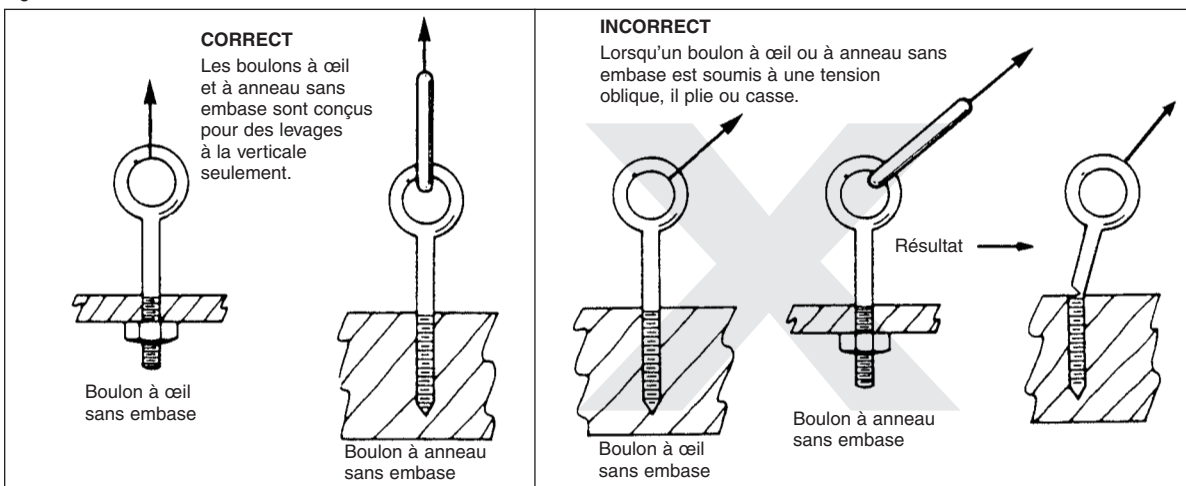
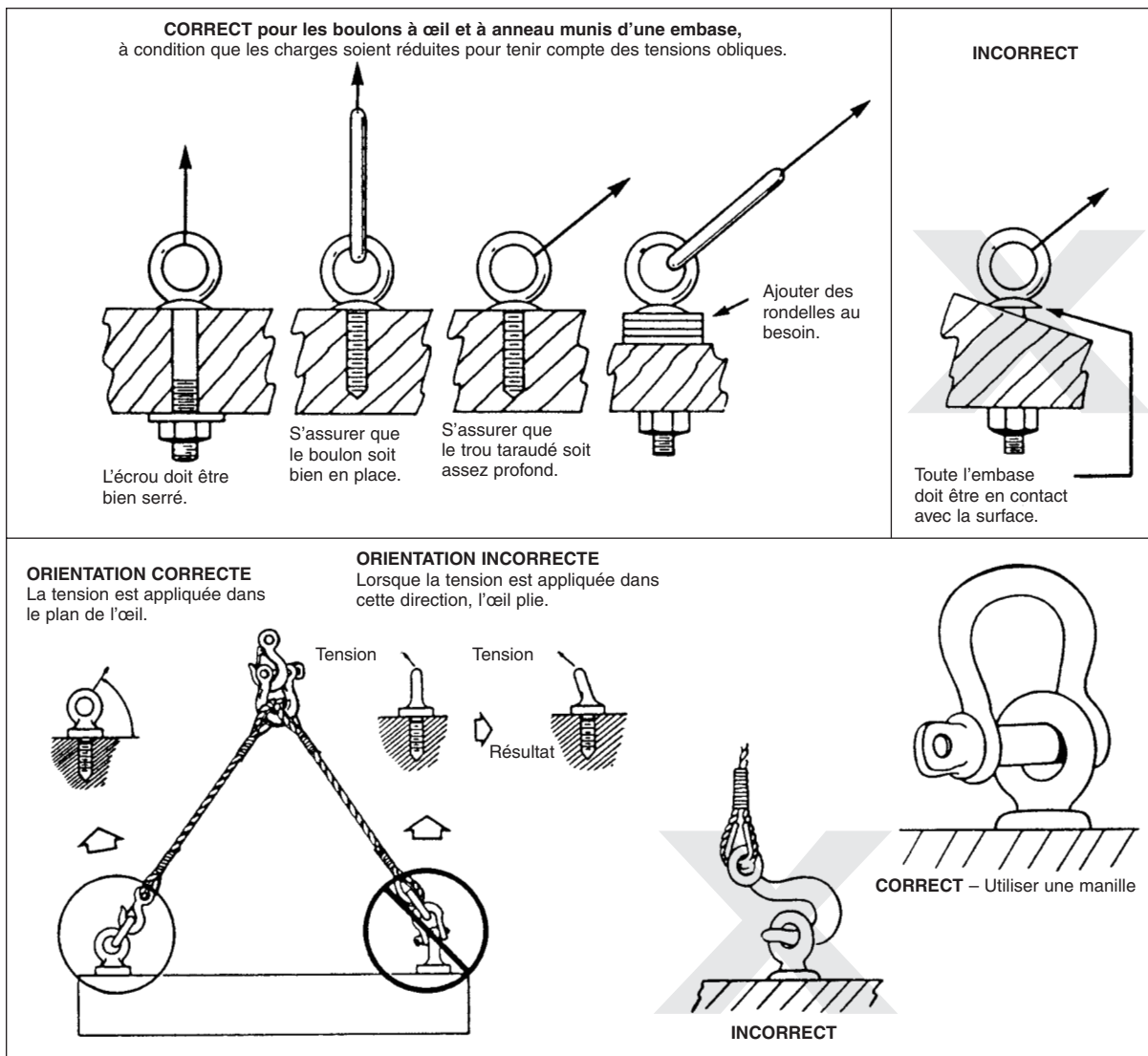


Figure 55



Moufles à chape ouvrante

- Un moufle à chape ouvrante est un moufle à une ou plusieurs poulies dont la chape s'ouvre sur un côté pour qu'on puisse y installer un câble sans avoir à l'enfiler dans le moufle (fig. 56).
- Modèles offerts avec divers accessoires : crochets, manilles, œillets et émerillons.
- Ce type de moufle est normalement utilisé lorsque l'on doit changer le sens de la traction d'un câble. La tension exercée sur le moufle varie énormément selon l'angle entre le brin d'entraînement et le brin entraîné. Lorsque les deux brins sont parallèles, une tension de 450 kg sur le brin d'entraînement se traduit par une tension de 900 kg sur le moufle, le crochet et le dispositif de fixation. La tension diminue en proportion de l'augmentation de l'angle entre les brins (fig. 57).
- Pour déterminer la tension exercée sur le moufle, le crochet et le dispositif de fixation, multiplier la tension de traction sur le brin d'entraînement ou le poids de la charge levée par le facteur approprié du tableau de la figure 57 et ajouter 10 % pour tenir compte de la friction sur la poulie.

Figure 56
Chape ouverte

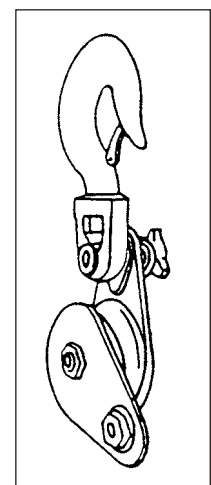
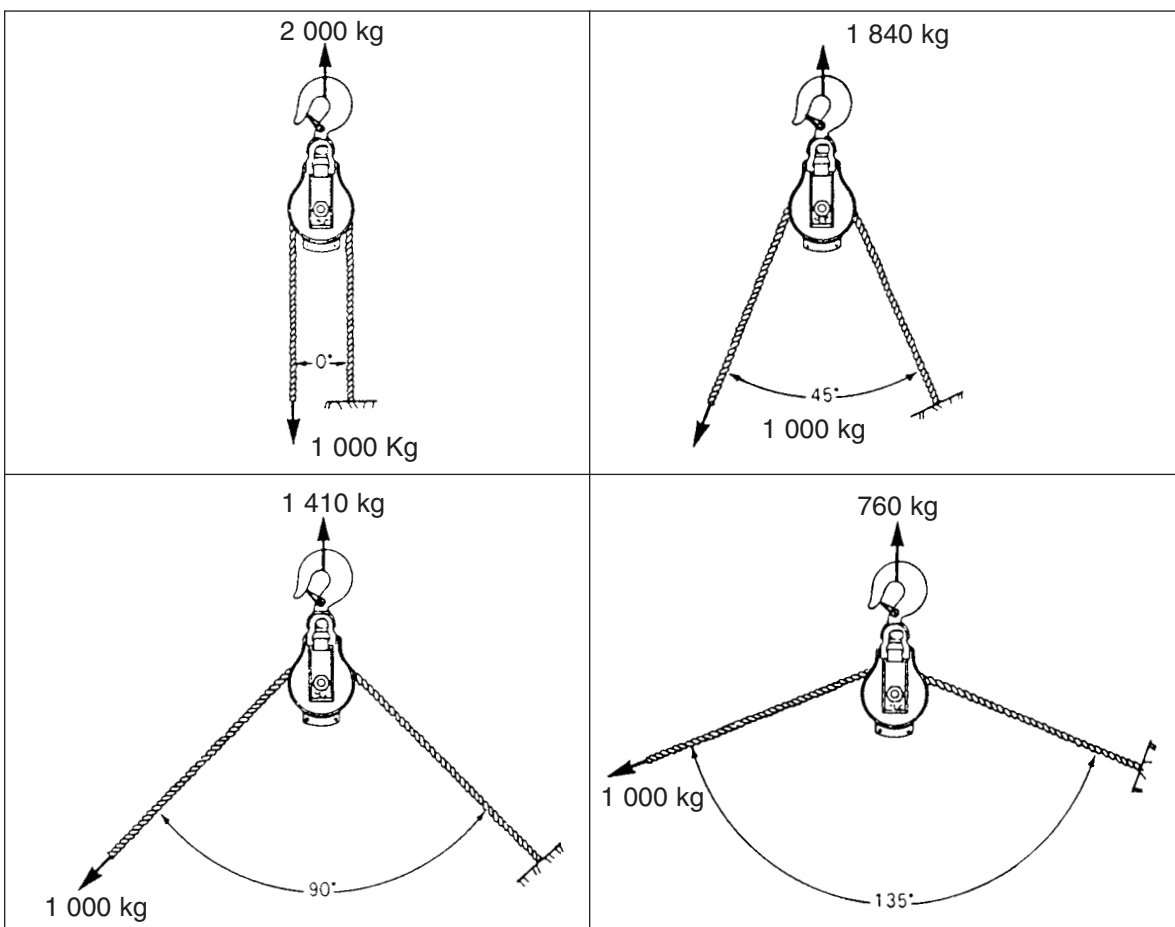


Figure 57



FACTEURS DE MULTIPLICATION POUR LE CALCUL DE L'EFFORT DE TRACTION EXERCÉ SUR LES MOUFLES À CHAPE OUVRANTE	
Angle formé par le brin d'entraînement et le brin entraîné	Facteur de multiplication
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

Tendeurs

- Les tendeurs peuvent être munis à leurs extrémités d'un œillet, d'un crochet, d'une manille, d'une tige ou d'une combinaison de ces accessoires (fig. 58).
- Les charges nominales se fondent sur le diamètre extérieur de la section filetée des accessoires installés aux extrémités, ainsi que sur le type d'accessoire. Les manilles, les œillets et les tiges ont la même capacité nominale, tandis que les crochets ont une capacité inférieure.
- Les tendeurs doivent être fabriqués en acier allié sans soudure.
- Si un tendeur doit être utilisé dans une situation où il y a de la vibration, on doit alors assujettir la section centrale aux accessoires afin de l'empêcher de tourner et de se desserrer. Utiliser à cette fin un fil métallique de sûreté ou un contre-écrou fourni par le fabricant (fig. 59).
- Ne pas serrer un tendeur plus qu'un boulon de même dimension.
- Inspecter les tendeurs fréquemment afin de s'assurer qu'ils ne présentent pas de fissures aux extrémités (particulièrement au collet de la tige), de déformations (accessoires, tiges et section centrale), de fissures ou de gauchissement de la section filetée interne, ou encore de filets endommagés.

Figure 58

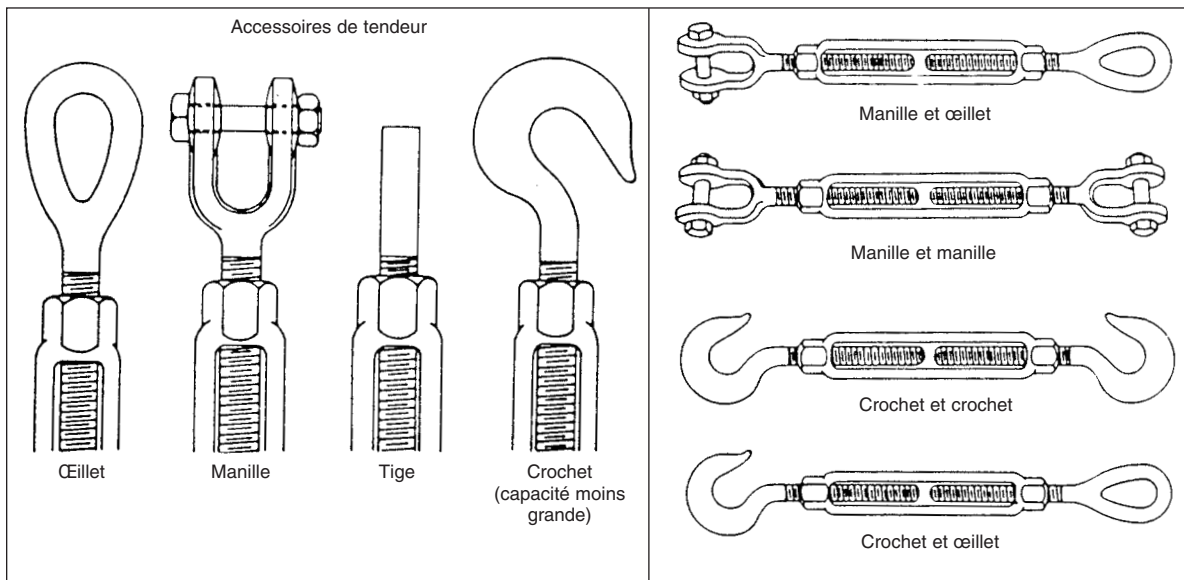


Figure 59



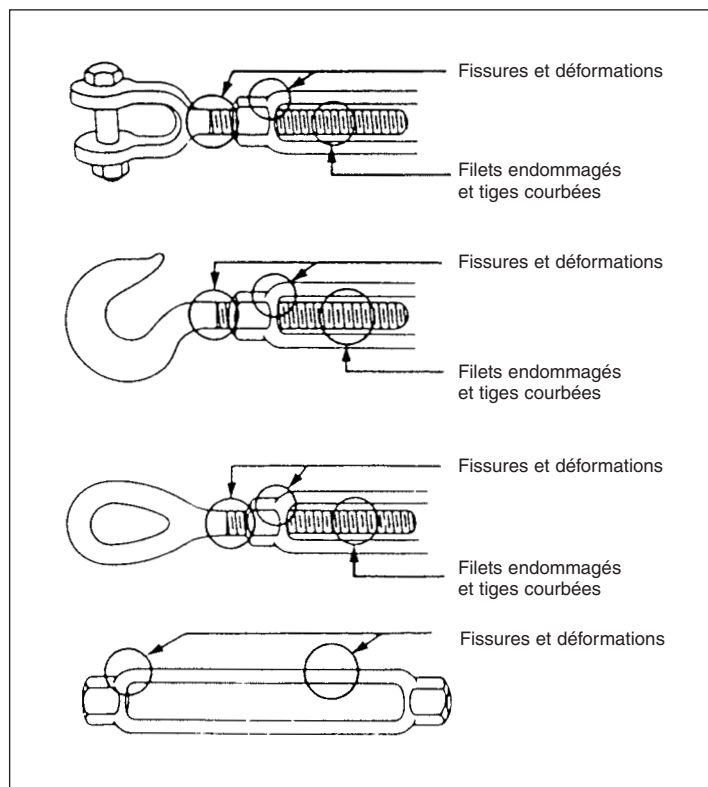
Le tableau 8 présente les charges maximales d'utilisation pour les tendeurs en fonction du diamètre du manchon des accessoires. Noter comment l'utilisation de crochets diminue la CMU.

Tableau 8

Tendeurs – Sans soudure – Acier allié forgé		
Diamètre du manchon de l'accessoire (mm)	CMU de toute combinaison de manille, œillet et tige (kg)	CMU des tendeurs munis d'au moins un crochet (kg)
6	220	180
8	360	300
10	550	450
13	1 000	680
16	1 600	1 020
19	2 350	1 350
22	3 250	1 800
26	4 500	2 250
32	6 900	2 250
38	9 700	3 400
44	12 700	–
51	16 800	–
64	27 200	–
70	34 000	–

La figure 60 montre les endroits des tendeurs qui nécessitent une attention particulière au moment de l'inspection.

Figure 60 – Points d'inspection



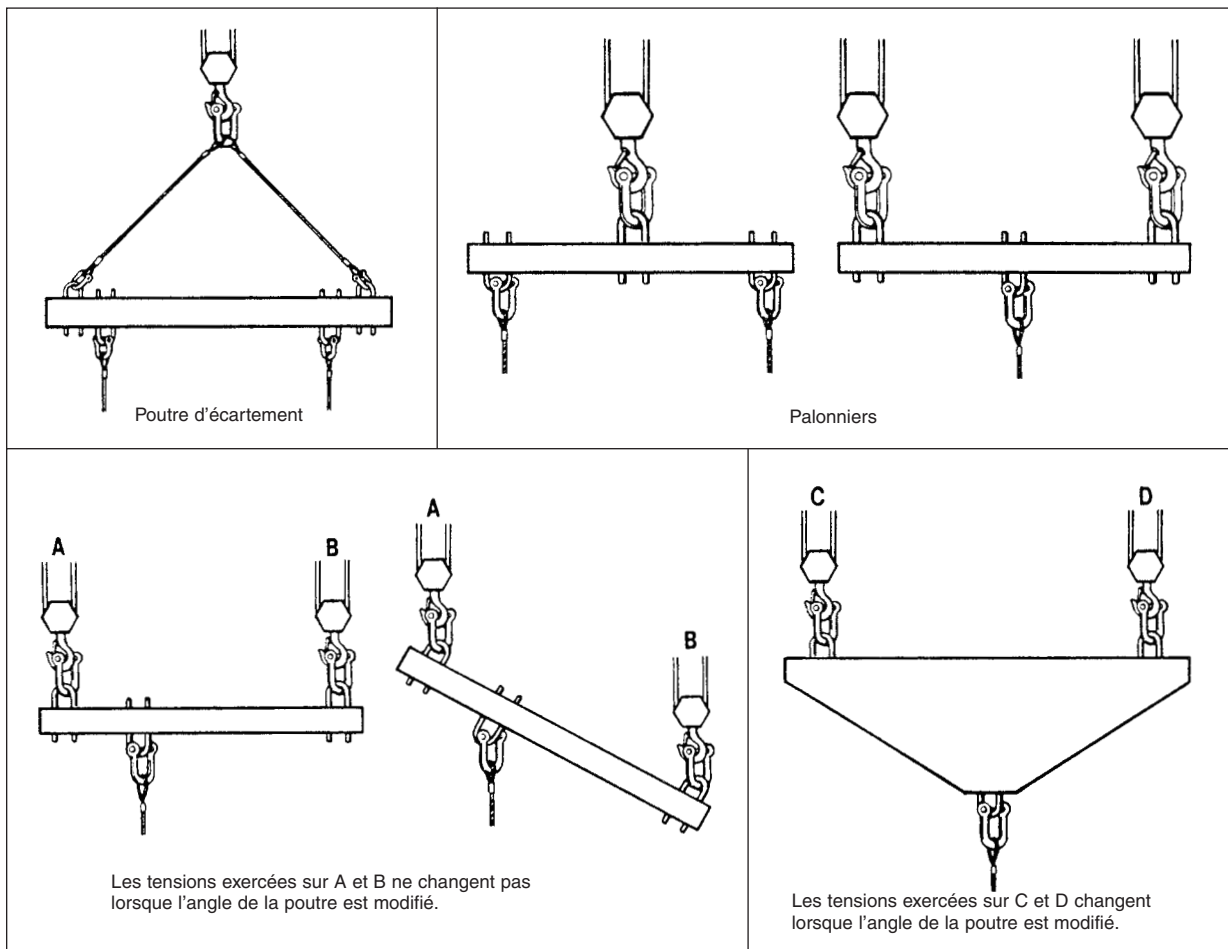
Poutres d'écartement et palonniers

Les poutres d'écartement sont habituellement utilisées pour lever de longues charges. De cette façon, la charge ne risque pas de basculer, de glisser ou de plier et les élingues ne risquent pas d'écraser la charge ou de former des angles trop aigus par rapport à l'horizontale.

Les palonniers servent pour leur part à répartir la charge également entre les élingues et à maintenir une charge égale entre les deux câbles dans le cas des levages en tandem.

Les poutres d'écartement et d'équilibrage sont habituellement fabriquées pour un usage particulier. Si l'on doit utiliser une poutre qui n'est pas conçue spécifiquement pour l'usage que l'on veut en faire, on doit s'assurer que sa largeur, sa profondeur, sa longueur et le matériau dont elle est faite sont appropriés.

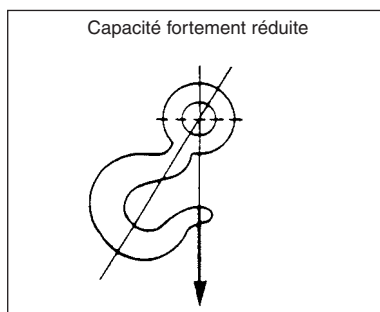
La capacité des poutres dotées de plusieurs points d'attache dépend de la distance entre ces points. Par exemple, si la distance entre les points d'attache est doublée, la capacité de la poutre est réduite de moitié.



Conseils pour le levage

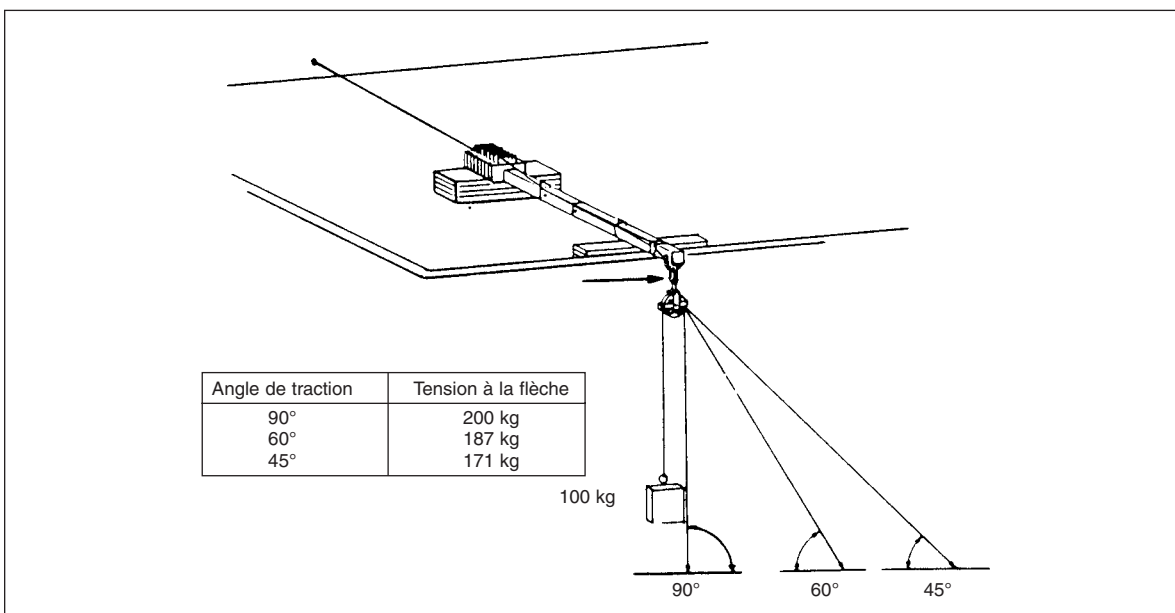
- Ne jamais faire un tour complet autour d'un crochet avec un câble métallique; cela pourrait endommager le câble.
- S'assurer que la charge est centrée sur le crochet. Une charge décentrée peut réduire dangereusement la capacité du crochet (fig. 61).

Figure 61 – **Chargement en bout**



- Ne jamais placer une charge à la pointe du crochet à moins que celui-ci ne soit conçu à cette fin. Le chargement en bout peut réduire de plus de la moitié la capacité du crochet.
- Ne jamais passer le câble de la grue autour de la charge. Il faut plutôt la suspendre au crochet de la grue au moyen d'élingues ou d'autres accessoires de gréage.
- Éviter de plier les élingues de câble métallique à proximité des accessoires qui y sont fixés ou des boucles.
- Il importe de bien comprendre l'effet de l'angle de traction sur la tension exercée sur la flèche de la grue (fig. 62).

Figure 62 – **Incidence de l'angle de traction sur la tension exercée sur la poutre**



Section 4

Outils et accessoires de gréage

- ☐ **Crics et vérins**
- ☐ **Cales et piles**
- ☐ **Galets**
- ☐ **Plans inclinés**
- ☐ **Palans à levier (treuils à cliquet)**
- ☐ **Palans à chaîne**
- ☐ **Treuils manuels (Tirfor)**
- ☐ **Palans électriques et ponts roulants**
- ☐ **Treuils motorisés**
- ☐ **Points d'ancrage**

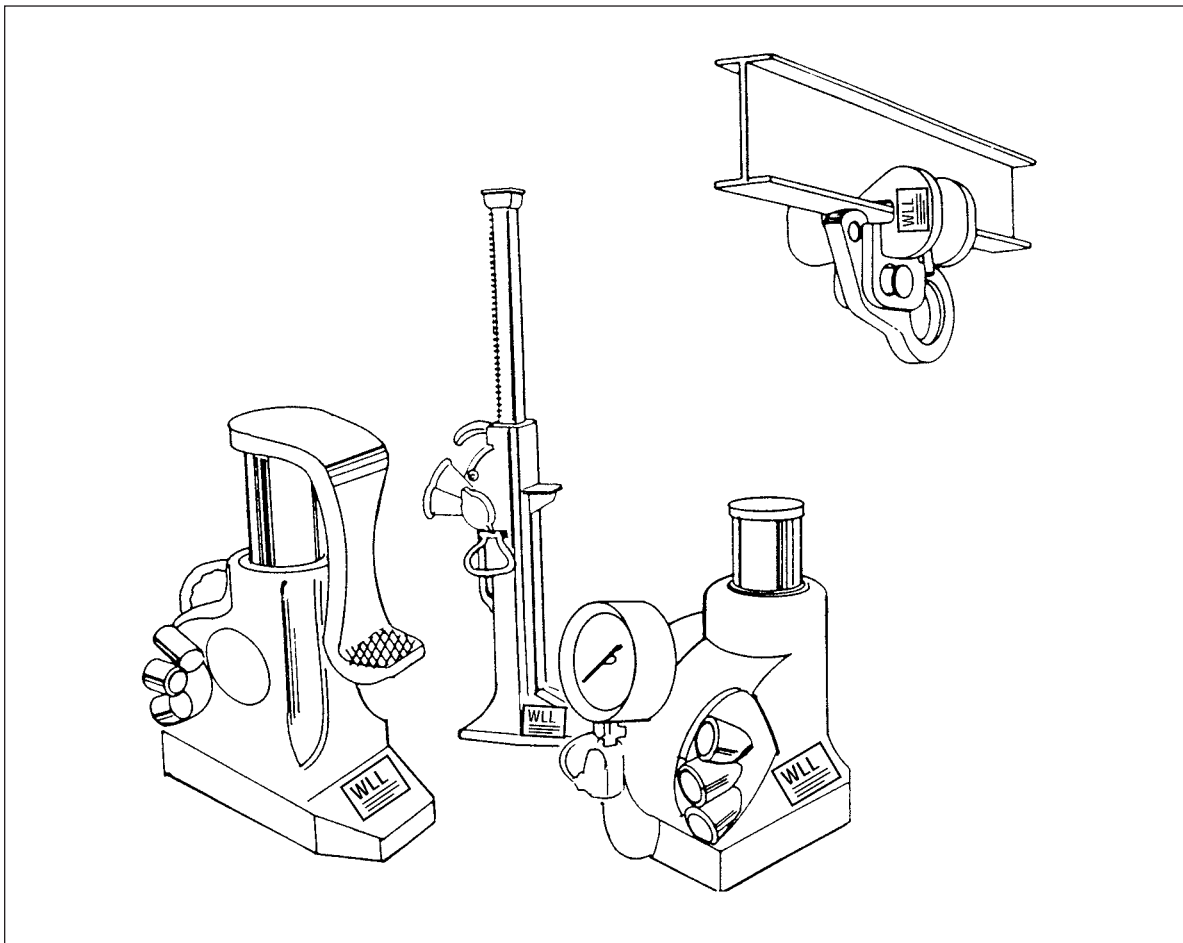
OUTILS ET ACCESSOIRES DE GRÉAGE

Le *Règlement concernant les chantiers de construction* (NdT : de l'Ontario) exige la mise en place d'un programme d'inspection et de maintenance visant à s'assurer que le matériel de gréage est tenu en bon état de fonctionnement. Les méthodes mises en œuvre doivent permettre de s'assurer que les inspections et les travaux de maintenance ont non seulement été effectués, mais ont également été dûment consignés.

Les manœuvres de gréage font souvent appel à un outillage varié, notamment à des vérins, des galets, des palans et des treuils. Chacun de ces outils possède ses propres caractéristiques, usages et exigences destinés à assurer un fonctionnement et un entretien sécuritaires.

La réglementation dans le domaine de la construction exige en outre que les consignes d'utilisation des fabricants de ces outils puissent être consultées sur le lieu de travail. Il incombe au gréeur de bien lire ces consignes et de s'y conformer afin d'utiliser et d'entretenir correctement son équipement. Le gréeur doit aussi prendre connaissance des avertissements qui peuvent être estampés, imprimés ou fixés d'une quelconque manière sur l'équipement de gréage.

La présente section décrit certains des outils et accessoires de gréage les plus courants ainsi que les méthodes d'utilisation et de maintenance sécuritaires de ce genre d'équipement.

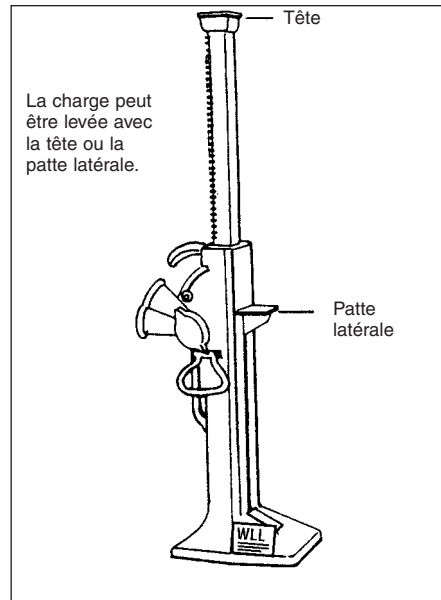


Crics et vérins

Bien qu'il en existe de toutes sortes, les crics à crémaillère et les vérins hydrauliques pour travaux lourds sont les plus couramment employés en construction.

Les crics à crémaillère ont habituellement une capacité maximale d'une vingtaine de tonnes environ en raison de l'effort physique requis pour soulever une charge d'un tel poids. Ils ont toutefois une course beaucoup plus longue que celle des vérins hydrauliques et peuvent donc lever une charge plus haut sans qu'il soit nécessaire d'ajouter des cales. La plupart des crics à crémaillère possèdent, près de la semelle, une patte latérale permettant de soulever des charges se trouvant à proximité du sol. La charge à soulever peut être appuyée sur la tête ou sur la patte latérale du cric. Ce genre de cric est souvent appelé cric relève-voie (fig. 1).

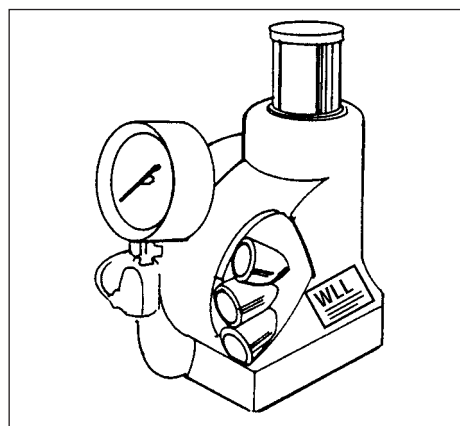
Figure 1 – Cric à crémaillère



Ne jamais se servir d'un tuyau pour rallonger le levier d'un cric à crémaillère. Si une rallonge est nécessaire, cela signifie que le cric a dépassé sa capacité.

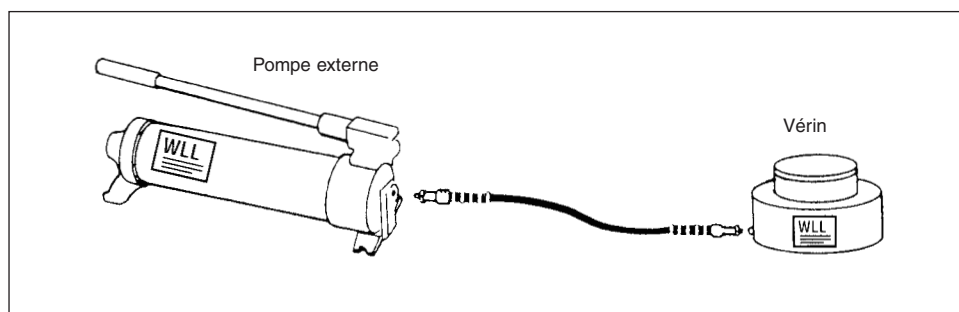
Les vérins hydrauliques sont très populaires sur les chantiers de construction parce qu'ils sont compacts et peuvent soulever de très lourdes charges. On peut se procurer facilement sur le marché des modèles qui varient en capacité de quelques tonnes à 100 tonnes. Certains appareils d'usage particulier peuvent même atteindre une capacité de 1 000 tonnes. La hauteur de levage est habituellement limitée à un maximum d'environ 20 cm, mais elle peut atteindre 90 cm avec certains modèles (fig. 2).

Figure 2 – Vérin hydraulique autonome



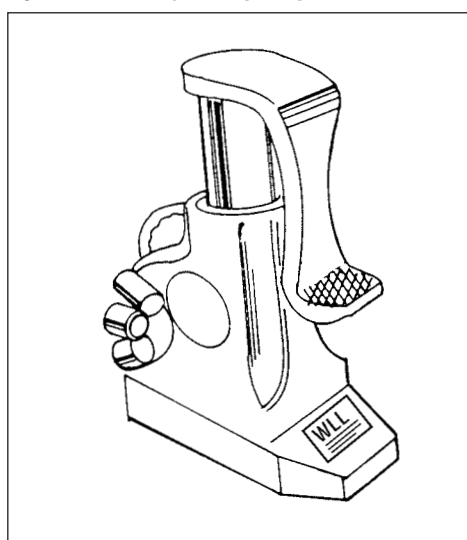
Il existe également des vérins hydrauliques à profil surbaissé qui peuvent être placés sous une charge offrant un très faible dégagement (fig. 3). Ces vérins sont utiles pour lever une charge à une hauteur suffisante pour y installer un vérin normal.

Figure 3 – Vérin à profil surbaissé



Tout comme dans le cas des crics à crémaillère, certains modèles de vérin hydraulique sont dotés d'une patte latérale (fig. 4).

Figure 4 – Vérin hydraulique à patte latérale



La pompe du vérin hydraulique peut être intégrée ou non au vérin. Les pompes externes peuvent être actionnées à la main ou par un moteur électrique, tandis que les pompes intégrées au vérin sont toujours actionnées à la main.

Quel que soit le type de vérin hydraulique, il importe de ne pas tenter de lever la charge plus haut lorsque le vérin a atteint la limite de sa course. La pression additionnelle qui serait ainsi exercée sur le liquide hydraulique pourrait endommager les joints d'étanchéité et faire éclater le tuyau d'alimentation s'il s'agit d'un vérin à pompe externe.

La plupart des vérins à pompe externe sont toutefois munis d'une soupape de surpression. Certaines soupapes sont réglées en usine à la pression maximale absolue, tandis que d'autres peuvent être réglées à une valeur plus faible par l'utilisateur. Il importe de s'assurer de bien connaître le fonctionnement de ce dispositif de sûreté.

La plupart des vérins hydrauliques peuvent être munis d'un manomètre sur leur bâti ou sur celui de la pompe pour surveiller la pression du liquide hydraulique. Le manomètre peut être calibré en fonction du vérin pour mesurer la pression approximative exercée sur l'appareil.

Le tuyau de raccordement entre la pompe et le vérin nécessite une attention particulière. S'assurer que le tuyau n'est ni plié ni fissuré. Vérifier les raccords, particulièrement au niveau du sertissage, car cette section est vulnérable à la fissuration et est souvent le maillon faible du tuyau. Il convient également de vérifier si les raccords sont bien serrés et si le filetage est endommagé, usé ou faussé. Ne jamais oublier que le tuyau est soumis à des pressions pouvant atteindre quelque 70 000 kPa.

Ne pas utiliser de tuyaux d'alimentation inutilement longs. Un tuyau plus court réduit l'encombrement des lieux et les risques de bris accidentels.

Le levier du vérin ou de la pompe manuelle est conçu de manière à atteindre sans effort physique indu la capacité et la pression nominales de l'appareil. Éviter de rallonger le levier avec un tuyau, car ici encore, si la charge ne peut être levée au moyen du seul levier du vérin, cela signifie qu'il est surchargé.

Le vérin ne doit être utilisé qu'en position verticale absolue, sinon la pression latérale qui s'exercerait autrement risque de faire frotter le piston contre le bâti. Une telle situation entraînerait la formation de rayures sur le piston, occasionnant ainsi une fuite de liquide hydraulique au joint d'étanchéité qui pourrait faire glisser le vérin.

Il convient d'agir avec une extrême prudence lorsque l'on se sert d'un vérin hydraulique à proximité de travaux de soudage ou de produits corrosifs. Des étincelles ou des acides pourraient piquer la surface du vérin ou endommager le tuyau d'alimentation.

En règle générale, les vérins hydrauliques ne sont pas équipés de clapets de non-retour. Les vérins à pompe externe peuvent toutefois en être munis au raccord du tuyau d'alimentation, une précaution qui est recommandée. Dans certains cas, le vérin hydraulique peut être muni d'un écrou de retenue que l'on peut serrer contre le bâti pour maintenir la charge levée pendant une courte période.

Les vérins ne doivent jamais servir à supporter une charge pendant une longue période. On utilisera plutôt des cales, qui sont beaucoup plus stables et sécuritaires. Dans la mesure du possible, la charge doit être calée graduellement à mesure qu'elle est soulevée, afin de parer aux imprévus.

On doit toujours soulever une charge par les extrémités, une extrémité à la fois. Ne jamais tenter de la soulever latéralement, un côté à la fois, car cette manœuvre occasionne une plus grande instabilité de la charge.

Si l'on doit travailler ou y récupérer un objet sous une charge supportée par des vérins, installer d'abord des cales de sûreté sous la charge à titre de précaution.

S'assurer que les pièces de bois utilisées comme cales ou comme piles sont assez longues pour répartir la charge sur une surface suffisamment importante et offrir une bonne stabilité. La hauteur des piles ne doit pas dépasser la longueur des pièces de bois utilisées.

Tous les vérins doivent faire l'objet d'une inspection périodique minutieuse, selon leur utilisation. Ceux qui sont utilisés régulièrement au même endroit devraient être inspectés aux six mois ou plus fréquemment si l'on fait pratiquement toujours appel à leur capacité maximale. Les vérins expédiés sur un chantier pour un usage particulier doivent être inspectés à leur réception et à leur retour. Les vérins soumis à une pression ou à un choc extrême doivent être inspectés immédiatement.

En raison des dimensions relativement restreintes du socle des vérins, il importe de s'assurer que le sol sur lequel ils reposent peut supporter les fortes pressions qui s'exercent dans ce genre de manœuvre. L'installation de cales ou de plaques sous les vérins permet de répartir la charge sur une plus grande surface et de réduire ainsi la pression sur les appuis.

Inspection des crics et des vérins

Qu'il s'agisse de crics à crémaillère ou de vérins hydrauliques, tous doivent être inspectés avant chaque quart de travail ou chaque usage. Vérifier les points suivants :

- ☐ engagement incorrect ou usure extrême du cliquet et de la crémaillère ;
- ☐ dents de crémaillère fissurées ou cassées ;
- ☐ piston plongeur fissuré ou endommagé ;
- ☐ fuite de liquide hydraulique ;
- ☐ piston plongeur rayé ou endommagé ;
- ☐ mauvais fonctionnement de la tête pivotante ;
- ☐ accessoires endommagés ou incorrectement assemblés.

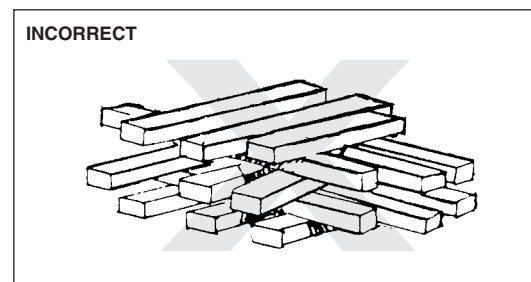
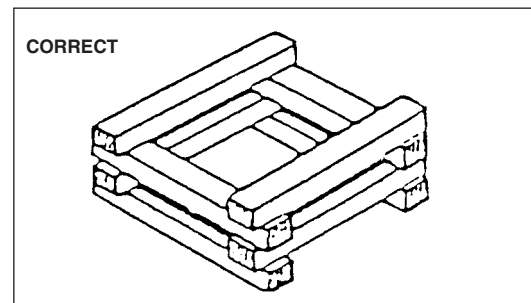
Rappel – Lorsqu'on se sert d'un cric ou d'un vérin, on doit toujours essayer de caler la charge à mesure qu'elle est soulevée. Ne jamais utiliser de vérins ou de crics pour soutenir une charge pendant une longue période. Installer plutôt des cales de manière convenable.

Cales et piles

Les cales et les piles doivent :

- être suffisantes pour soutenir la charge ;
- être installées sur un sol ferme et plat ;
- être disposées à proximité l'une de l'autre ;
- être sèches et exemptes de corps gras ;
- être empilées à une hauteur ne dépassant pas la longueur des pièces de bois utilisées ;
- être installées au fil de la progression du levage ;
- répartir la charge sur une surface suffisamment grande pour assurer sa stabilité.

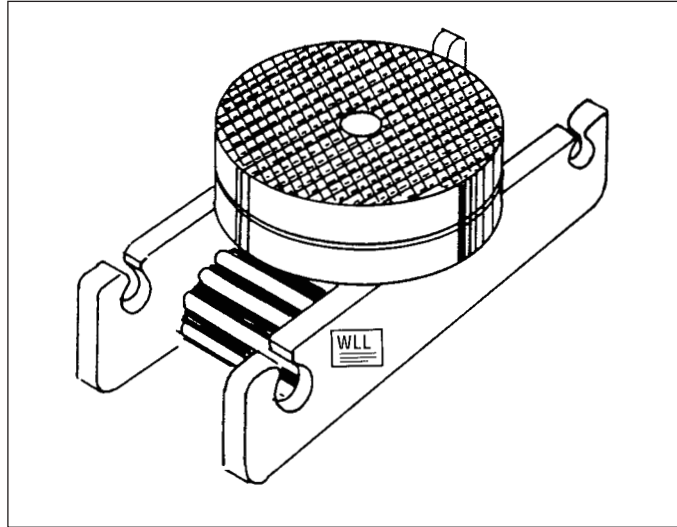
Note : Dans certains cas, un blocage plein pourrait s'avérer nécessaire.



Galets

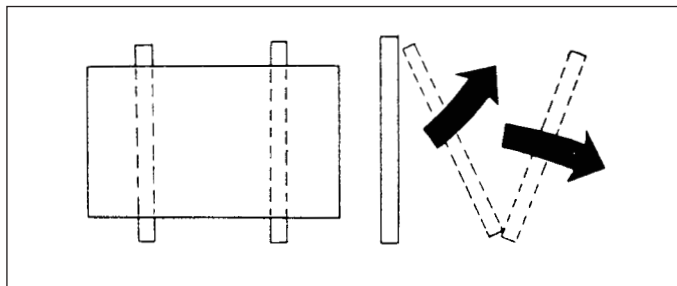
Les galets peuvent servir à déplacer des charges à l'horizontale ou sur un plan légèrement incliné, à condition que la surface soit ferme et plane. Certains modèles sont constitués de disques d'aluminium ou d'acier ou de tuyaux en tôle d'acier de fort calibre (fig. 5).

Figure 5 – Galet à tête pivotante



Les galets cylindriques sont utiles pour déplacer des charges sur de courtes distances ou lorsque l'on doit leur faire négocier des virages. Les galets peuvent alors être disposés à angle afin de faire glisser latéralement l'extrémité de la charge pour lui faire contourner un obstacle dans un endroit où la marge de manœuvre est réduite.

Figure 6 – Galets cylindriques



Les galets cylindriques doivent être ronds, droits et lisses afin de limiter l'effort nécessaire pour déplacer la charge.

Les galets de type roulette sont offerts dans diverses configurations pour surfaces planes, rails, poutres en I ou voies de roulement. Ils produisent très peu de friction et permettent de déplacer de lourdes charges pratiquement sans effort. De fait, le gréeur pourra même parfois souhaiter davantage de friction afin d'avoir une meilleure maîtrise de la manœuvre. Le recours à des galets cylindriques pourrait alors être préférable afin que la charge n'échappe pas au contrôle du gréeur.

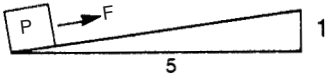
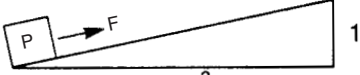
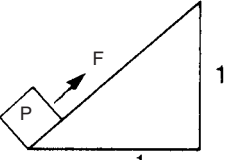
À cet égard, la maîtrise de la manœuvre est l'aspect le plus important de l'emploi des galets. On doit s'assurer de disposer d'un équipement suffisant, y compris des élingues et leurs accessoires, pour garder le plein contrôle sur les tensions qui s'exerceront à chaque étape de la manœuvre. Il convient à cet égard de toujours fixer à la charge un deuxième dispositif de retenue, tel qu'un treuil ordinaire ou de type Tirfor, afin de parer aux imprévus. Les risques de secousses brusques doivent aussi être pris en compte dans le choix du treuil devant servir de dispositif de protection.

Vérifier l'état du sol avant d'utiliser des galets. La pression aux points d'appui peut être réduite par l'emploi d'un plus grand nombre de galets et de grandes feuilles d'aluminium ou de tôle qui serviront de tapis pour répartir la pression. S'assurer que les joints des tapis ou des patins sont décalés les uns par rapport aux autres. Par ailleurs, il est souvent souhaitable d'évaluer la structure de soutènement des planchers, car un étayage temporaire peut parfois s'avérer nécessaire.

Plans inclinés

La méthode utilisée pour calculer l'effort de traction sur un plan incliné est une méthode approximative. Bien que largement utilisée en raison de sa simplicité, cette méthode donne des valeurs supérieures aux efforts réellement requis. La formule est plus précise pour les faibles inclinaisons (1:5) que pour celles plus raides (1:1). Le tableau 1 montre la différence entre l'effort réel requis et l'effort calculé compte tenu d'un coefficient de friction de 5 %.

Tableau 1

Effort réel par rapport à l'effort calculé au moyen de la méthode simplifiée – Coefficient de friction de 5 %		
	Méthode simplifiée Effort réel Erreur	$F = 0,250 P$ $F = 0,245 P$ 2 %
	Méthode simplifiée Effort réel Erreur	$F = 0,383 P$ $F = 0,364 P$ 5 %
	Méthode simplifiée Effort réel Erreur	$F = 0,550 P$ $F = 0,492 P$ 12 %
	Méthode simplifiée Effort réel Erreur	$F = 1,050 P$ $F = 0,742 P$ 42 %

La méthode simplifiée convient à la plupart des applications parce que le coefficient de friction est lui-même approximatif.

Formule (coefficient de friction de 5 %)

$$F = P \times H/L \times 0,50 P$$

Où

F = Effort requis

H = Hauteur

L = Longueur

P = Poids de la charge

Le tableau 2 donne quelques exemples de coefficient de friction. À noter toutefois que certaines combinaisons de matériaux présentent une plage de valeurs considérables.

Tableau 2

Exemples de coefficients de friction	
Acier sur acier	40-60 %
Cuir sur métal	60 %
Bois sur pierre	40 %
Fer sur pierre	30-70 %
Plaques enduites de graisse	15 %
Charge sur roues ou sur galets	2-5 %

Palans à levier (treuils à cliquet)

Les treuils à cliquet sont des appareils portatifs permettant de lever ou de tirer des charges sur de courtes distances. Ils peuvent être utilisés pour effectuer des manœuvres à la verticale, à l'horizontale ou en diagonale. Tous les autres points abordés à la section sur les palans à chaîne s'appliquent également aux treuils à cliquet.

Un treuil à cliquet qui ne peut être manœuvré sans l'aide d'une rallonge ou d'une deuxième personne ne convient pas au travail à effectuer. Utiliser un treuil de plus grande capacité.

Consignes de sécurité pour les palans à levier

- Rechercher les défauts.
- Ne pas installer de rallonge au levier.
- Ne pas surcharger le palan. La charge maximale d'utilisation (CMU) doit être inscrite sur l'appareil.
- Ne pas suspendre la charge à la pointe du crochet.
- Ne pas utiliser la chaîne de levage comme élingue ou comme collier étrangleur.
- S'assurer d'avoir un bon appui des pieds avant de manœuvrer le palan.
- Ne pas laisser de charge suspendue sans surveillance.
- Garder la chaîne du palan droite.
- Se tenir à bonne distance de la charge et de la trajectoire de la chaîne de levage.
- Garder les crochets supérieur et inférieur alignés afin que le bâti puisse pivoter librement.
- Ne pas utiliser un palan dont la chaîne est tortillée, déformée, endommagée ou usée.
- S'assurer que l'ancrage et la structure sont en mesure de supporter la charge.

Palans à chaîne

Les palans à chaîne sont pratiques parce que la manœuvre peut être interrompue et la charge maintenue stationnaire à n'importe quelle hauteur. En raison de la lenteur de la cadence de levage, le palan à chaîne permet en outre un positionnement vertical précis de la charge.

Les palans à chaîne doivent être gréés de manière que les crochets supérieur et inférieur soient alignés selon un axe rectiligne. Ils sont conçus pour être utilisés uniquement à la verticale ou le plus près possible de la verticale. Si le palan est incliné, la tige du crochet supérieur peut être endommagée et la gorge du crochet peut ouvrir. Par ailleurs, si le boîtier d'embrayage appuie contre un objet pendant que le palan est sous tension, il pourrait être endommagé ou cassé (fig. 10).

Toujours s'assurer du libre mouvement du palan lorsqu'il est suspendu.

Avant de se servir du palan, vérifier si la chaîne comporte des entailles ou des goujures, si elle est tordue et si elle présente des signes d'usure. Vérifier également si le guide de chaîne est utilisé. Mesurer l'ouverture de la gorge des crochets, vérifier leur libre rotation et s'assurer qu'ils sont munis d'un linguet de sécurité. Si le palan a subi des chocs au chargement, est tombé ou a été échappé, il doit être inspecté avec soin avant d'être remis en service. Examiner le dispositif de freinage en soulevant la charge à quelques centimètres du sol afin de examiner s'il y a glissement de la chaîne.

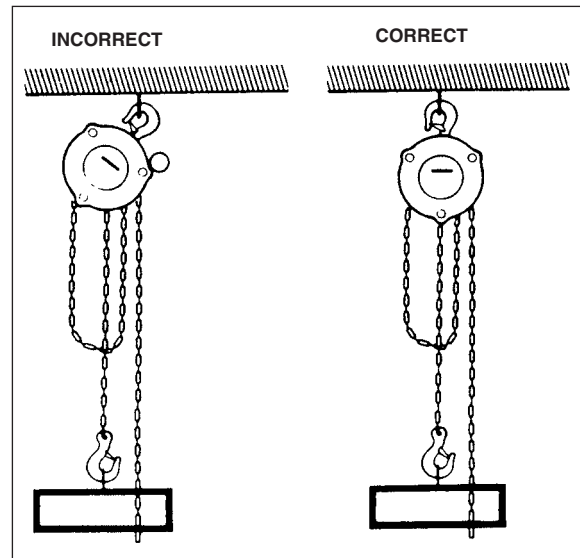
Il importe de suivre les recommandations du fabricant lorsque la chaîne du palan doit être remplacée, car le pas de la chaîne de levage varie d'un fabricant à l'autre. Une chaîne destinée à une marque de palan ne s'engrènera pas correctement dans la noix de levage d'un palan d'une autre marque et le palan ne fonctionnera pas convenablement, s'il consent à fonctionner.

La chaîne de levage des palans à chaîne est cémentée afin de réduire son usure superficielle et ne peut être utilisée à aucune autre fin. Elle possède un coefficient d'allongement de 3 % avant rupture, comparativement à au moins 15 % pour les chaînes en acier allié de nuance 8. Les chaînes de levage étant trop cassantes pour servir à d'autres usages, il importe de les détruire en les coupant en petites sections inutilisables lorsqu'elles sont mises hors service. Il ne faut jamais tenter de réparer soi-même une chaîne de levage ; une soudure détruira le traitement thermique de toute la chaîne.

Consignes de sécurité pour les palans à chaîne

- Procéder à une inspection régulière afin de détecter les signes d'usure ou d'avarie.
- Éviter de surcharger le palan.
- Ne pas laisser de charge suspendue sans surveillance.
- Éviter de se tenir sous la charge.
- Ne pas utiliser la chaîne de levage comme élingue ou comme collier étrangleur.
- Ne pas suspendre la charge à la pointe du crochet.
- Éviter de lever une charge en diagonale.
- Les palans à chaîne doivent être utilisés à la verticale.
- Une chaîne à main unique ne doit être tirée que par un seul opérateur à la fois.
- S'assurer que la chaîne est bien engagée dans la noix de levage avant de lever la charge.
- S'assurer que l'ancrage et la structure sont en mesure de supporter la charge.
- Effectuer la maintenance du palan selon les spécifications du fabricant.

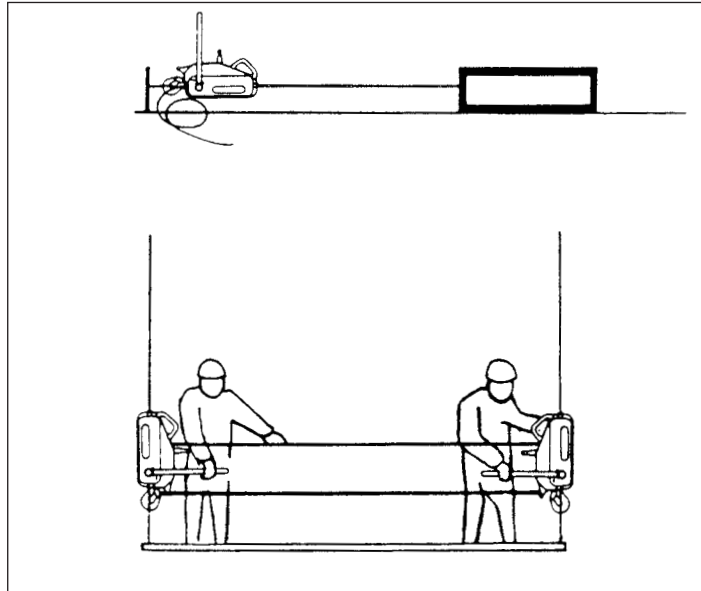
Figure 10



Treuil manuel (Tirfor)

Les treuils manuels, que l'on appelle communément par leur nom commercial « Tirfor », sont utiles pour tirer ou lever des charges sur de longues distances parce qu'ils sont équipés d'un câble d'acier en continu. Comme dans le cas des treuils à cliquet, ils s'utilisent dans n'importe quelle position. Le câble peut être tiré à travers l'appareil, comme une chaîne dans un treuil à cliquet, ou au contraire l'appareil même peut se déplacer le long d'un câble fixe, sur un échafaudage volant par exemple (fig. 11).

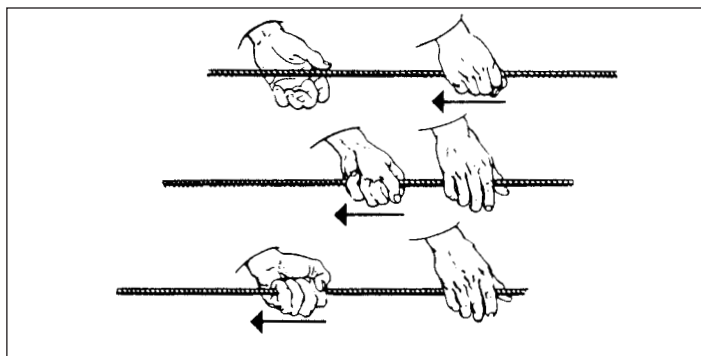
Figure 11 – Usages des Tirfor



Les Tirfor ont une capacité de $\frac{3}{4}$ à $3 \frac{1}{2}$ tonnes et leur câble peut être passé à travers un ensemble de mofles afin de profiter de l'avantage mécanique de ce dernier de ces treuils et d'accroître la capacité de l'appareil.

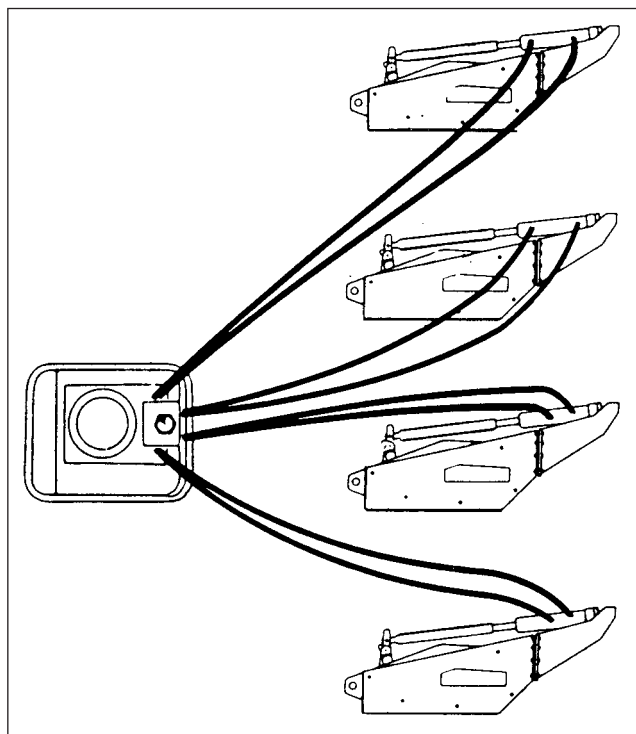
Les Tirfor sont actionnés au moyen de deux leviers, l'un pour la marche avant et l'autre pour la marche arrière. Ces leviers actionnent deux mâchoires qui, alternativement, agrippent le câble et le tirent à travers l'appareil. La figure 12 illustre le mouvement des mâchoires sur le câble. Un troisième levier permet de dégager les deux mâchoires pour procéder à l'installation, au tensionnement ou au dégagement du câble.

Figure 12 – Principe de fonctionnement des Tirfor



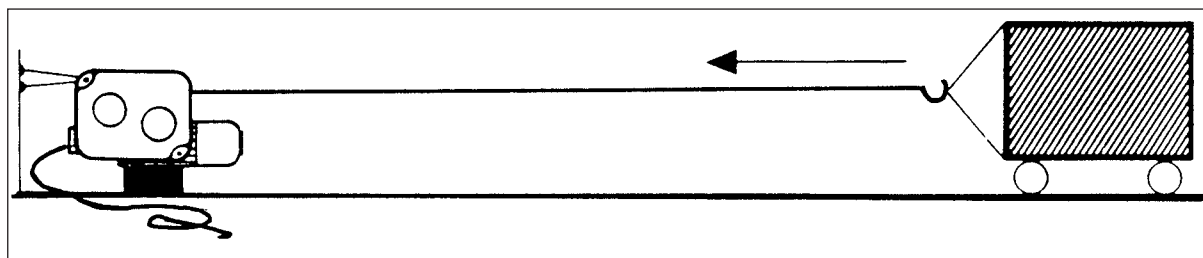
Les Tirfor peuvent être équipés d'un piston hydraulique pour actionner les leviers. Un maximum de quatre appareils peuvent être actionnés simultanément à partir d'une même source d'alimentation hydraulique (fig. 13).

Figure 13 – Tirfor actionnés à partir d'une même source d'alimentation hydraulique



Un autre modèle de treuil utilise un mécanisme à disques qui saisissent le câble et le font avancer dans un mouvement continu (fig. 14). Ce genre de treuil, qui peut être équipé d'un système d'entraînement électrique, pneumatique ou hydraulique, offre une plus grande vitesse de défilement du câble, mais a une capacité moindre que le modèle à mâchoires.

Figure 14 – Treuil à disques



Les câbles pour Tirfor sont spécialement conçus pour les pressions de serrage et les efforts de traction qu'ils sont appelés à subir. Faits d'acier galvanisé et non lubrifiés, ils ont une tolérance de diamètre très serrée. Aucun autre type de câble ne doit être utilisé avec les Tirfor.

Il convient de manipuler le câble d'un Tirfor avec précaution afin d'éviter de le tortiller, ce qui entraînerait le blocage du mécanisme et empêcherait le câble de passer à travers le treuil. Le câble doit en outre être tenu propre et exempt de corps huileux afin d'assurer un fonctionnement sûr et sans à-coups.

Tout comme les palans à chaîne et les treuils à cliquet, les Tirfor doivent faire l'objet d'essais en traction afin de s'assurer qu'ils fonctionnent correctement dans les deux sens et qu'ils ne présentent pas de risques de glissement du câble.

Palans électriques et ponts roulants

Les palans électriques à câble et à chaîne peuvent être suspendus à un point d'ancrage fixe ou à un chariot mobile. Le chariot peut être motorisé mais dans bon nombre de cas, le palan est déplacé en tirant doucement sur la télécommande. Ces appareils ne peuvent se déplacer que le long d'un rail fixe rectiligne.

Par contre, les ponts roulants se déplacent sur un rail qui, lui-même, se déplace sur des chemins de roulement (translation). Ils ont une plus grande capacité que les autres types de palans et le câble comporte habituellement deux brins ou plus.

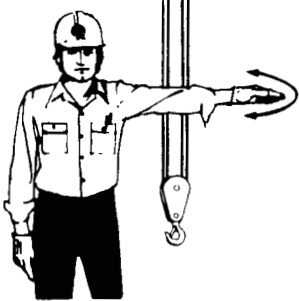
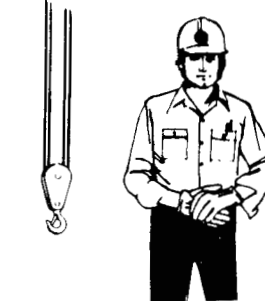
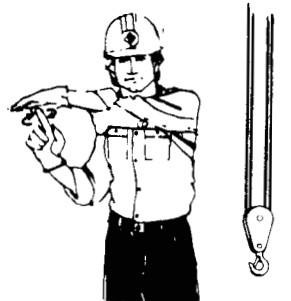
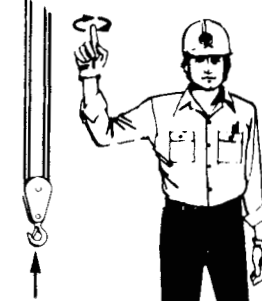
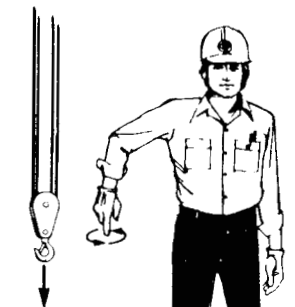
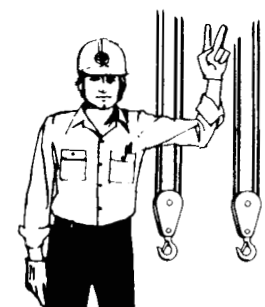
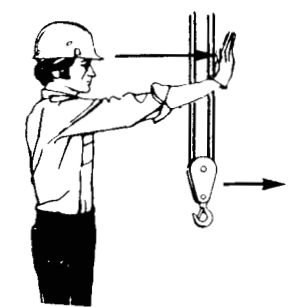
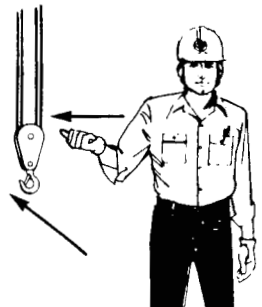
Ces différences mises à part, tous ces appareils ont un mode de fonctionnement analogue et nécessitent sensiblement les mêmes précautions. Les opérateurs de ces appareils doivent observer les consignes suivantes.

- Bien connaître et ne jamais dépasser la charge pratique de sécurité de l'appareil.
- Veiller à ce que les commandes fonctionnent correctement, sans jeu, délai de réponse ou effort excessif.
- Vérifier si le câble du boîtier de commande suspendu présente des entailles ou des signes de torsillement ou d'usure.
- Vérifier si le câble de levage présente des signes d'effilochage, de formation de coques ou d'écrasement entre le câble et le tambour.
- Vérifier si le câble est convenablement aligné et enroulé sur le tambour.
- Vérifier si le crochet est fissuré, plié ou tordu et si le linguet de sécurité fonctionne correctement.
- Ne pas tenter d'allonger ou de réparer la chaîne ou le câble de levage.
- Lire et observer les consignes des fabricants ainsi que les consignes et avertissements affichés sur l'appareil.
- Placer l'appareil directement au-dessus de la charge à lever.
- Après avoir introduit le crochet dans l'anneau de levage, tendre légèrement le palan afin de bien asseoir l'anneau de levage dans la gorge du crochet et de bien aligner celui-ci.
- Vérifier entre les manœuvres de levage si le câble est correctement enroulé autour du tambour.
- S'assurer que la voie de circulation prévue est libre de toute présence humaine ou d'obstacle matériel et que le lieu de destination est prêt à recevoir la charge.
- Vérifier si les freins présentent des signes de dérive excessive.
- Veiller à ce qu'il y ait un dégagement suffisant pour ne pas gêner la manœuvre.
- Se tenir du côté du boîtier de commande suspendu afin de dégager le plus possible la charge et de prévenir l'entremêlement des câbles.
- Éviter les démarrages, les arrêts et les changements de direction brusques.
- Ne lever la charge qu'à une hauteur suffisante pour éviter les obstacles.
- Ne pas faire passer de charge au-dessus d'autres travailleurs; attendre que le champ soit libre avant de procéder.
- Surveiller l'apparition d'éventuelles déficiences ou fluctuations dans le fonctionnement de l'appareil.
- Ne pas laisser une charge suspendue sans surveillance ou, s'il est impossible de faire autrement pendant un court laps de temps, verrouiller les commandes.
- Ne pas permettre à des personnes non qualifiées de faire fonctionner un palan.
- Ne jamais manœuvrer un palan à la limite extrême de sa chaîne ou de son câble.
- Éviter d'entrechoquer deux palans, un palan et un montant d'extrémité ou un crochet et le corps du palan.
- Ne jamais utiliser la chaîne ou le câble du palan comme élingue.
- Ne jamais utiliser la chaîne ou le câble du palan comme conducteur de terre pour des travaux de soudage et ne jamais toucher la chaîne ou le câble avec une électrode de soudage sous tension.
- Éviter de faire balancer la charge ou le crochet lorsque le palan fonctionne.
- Exercer une traction en ligne droite afin que ni le corps du palan, ni la chaîne ou le câble de levage ne forment un angle autour de quoi que ce soit.

Certains palans sont équipés d'un interrupteur de fin de course. En règle générale, ce genre de dispositif arrête automatiquement la course de l'appareil aux limites verticales et horizontales permises de sa course (s'il est monté sur rail). Vérifier le bon fonctionnement de ces interrupteurs tous les jours.

Lorsque l'opérateur ne voit pas clairement le trajet prévu entre la charge et sa destination, un signaleur doit le guider dans sa manœuvre. Les signaux pour les manœuvres des ponts roulants diffèrent de ceux destinés aux grues mobiles et à tour en raison des différences dans les mouvements de ces appareils (fig. 15). S'assurer que tous les intéressés connaissent bien les signaux propres aux ponts roulants.

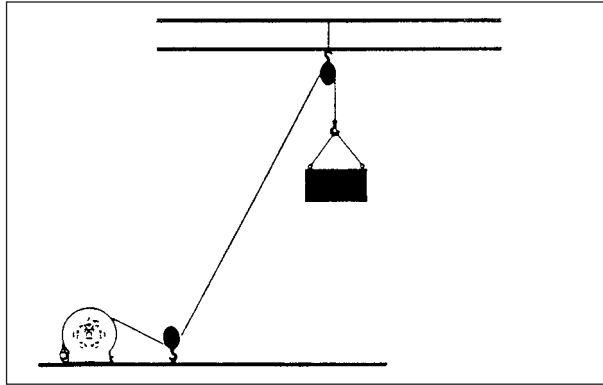
Figure 15 – Signaux manuels pour ponts roulants

			
Arrêt Bras allongé, paume vers le bas, déplacer la main de gauche à droite	Immobilisation Joindre les mains devant soi.	Lentement Utiliser une main pour donner le signal du mouvement et placer l'autre main, immobile, devant la première. On montre ici le signal pour un levage lent.	Levage Avant-bras vers le haut et index levé, dessiner de petits cercles horizontaux avec la main.
			
Descente Avant-bras vers le bas et index pointé vers le sol, dessiner de petits cercles horizontaux avec la main.	Appareils de levage multiples Lever un doigt pour le moufle « 1 » et deux doigts pour le moufle « 2 ». Faire ensuite le signal désiré.	Translation Bras allongé, main ouverte et légèrement relevée, faire un mouvement de poussée dans la direction désirée.	Déplacement du chariot Paume vers le haut, doigts repliés et pouce pointant dans la direction du mouvement, faire un mouvement saccadé horizontal de la main.

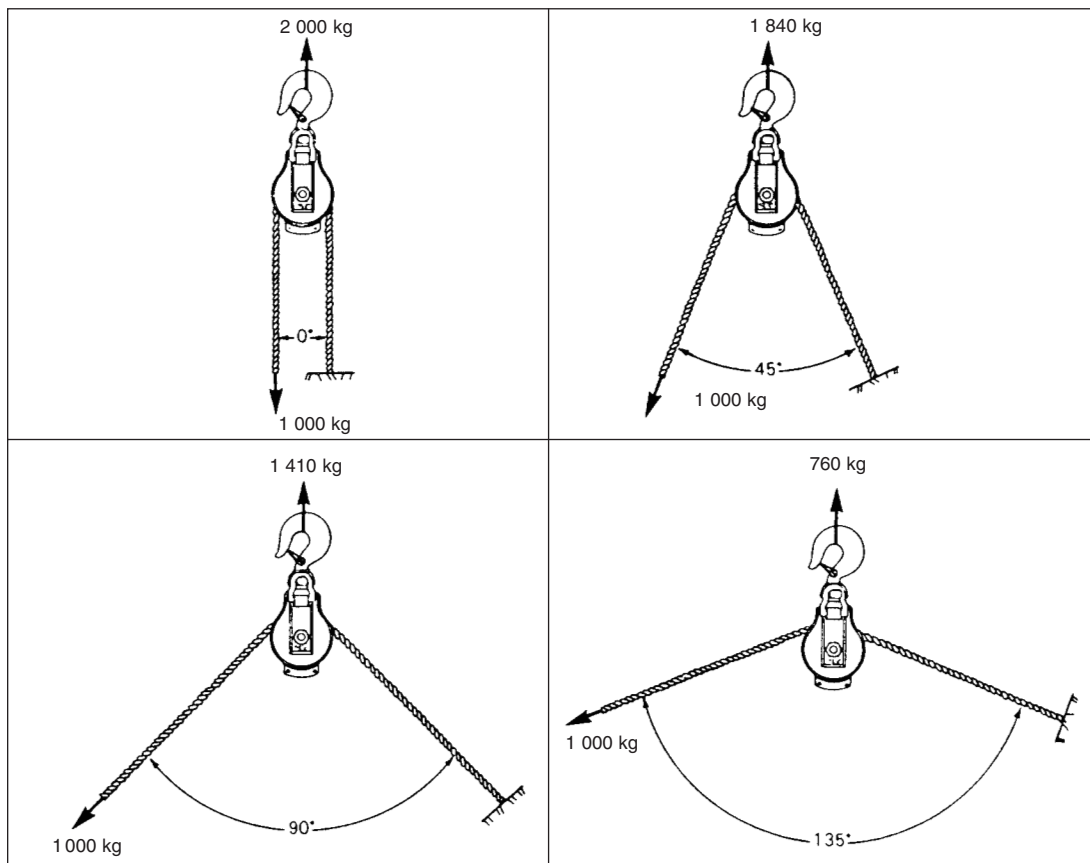
Treuil motorisés

Les treuils sur socle, également appelés chariots tracteurs, sont des appareils compacts et polyvalents qui servent à de nombreuses manœuvres de levage ou de traction. Ils sont particulièrement utiles dans les endroits inaccessibles aux grues mobiles ou dont la hauteur libre ne permet pas d'utiliser une grue. La figure 16 montre un arrangement constitué d'un chariot tracteur et d'un moufle à chape ouvrante pour lever des charges. S'assurer que le câble présente un angle descendant à la sortie du tambour et que son extrémité non tendue est solidement ancrée.

Figure 16



Les efforts qui s'exercent sur les moufles à chape ouvrante et sur leurs points d'ancrage sont fonction de l'angle du câble de traction. La figure ci-dessous montre cette variation de l'effort exercé sur le moufle selon l'angle du câble.



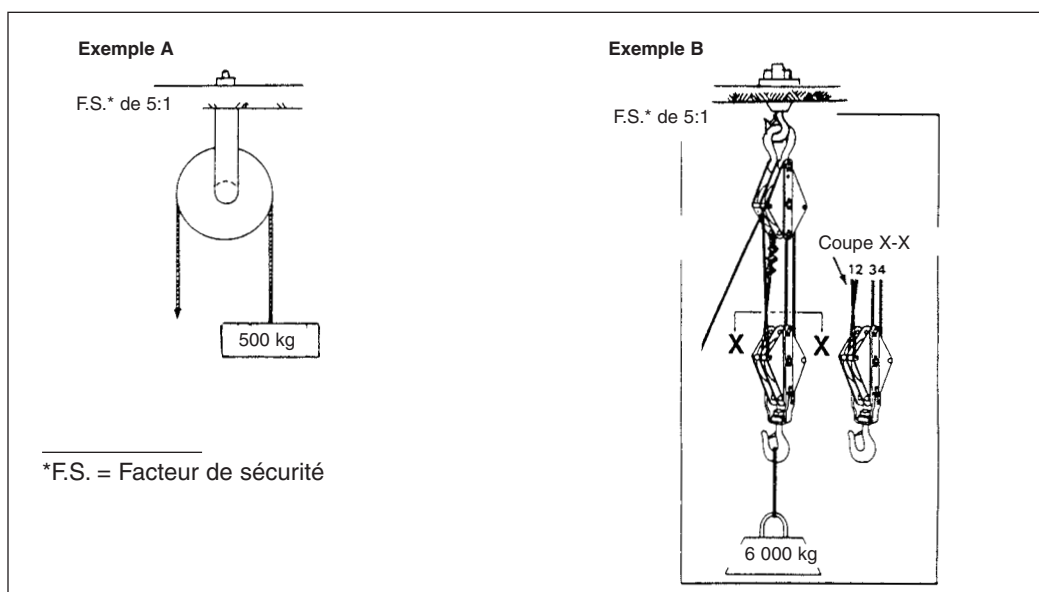
Les câbles métalliques utilisés avec les chariots tracteurs doivent avoir une âme indépendante afin de résister à l'effort de compression exercé par les couches successives de câble sur le tambour.

Points d'ancrage

Les palans, les treuils ordinaires et Tirfor ainsi que les autres appareils de gréage doivent être fixés à de solides points d'ancrage. Ces points d'ancrage peuvent être installés au plafond, au sol, aux murs ou sur d'autres structures. L'arrangement peut comporter des colonnes, des poutres, des attaches de poutre, des pattes d'attache soudées, des élingues, des moufles et des palans. Quelle que soit la méthode employée toutefois, le gréeur doit connaître les forces qui s'exercent et le genre d'ancrage qu'elles nécessitent.

Force exercée sur la structure

Les exemples suivants montrent comment calculer la force exercée sur la structure dans deux applications courantes.



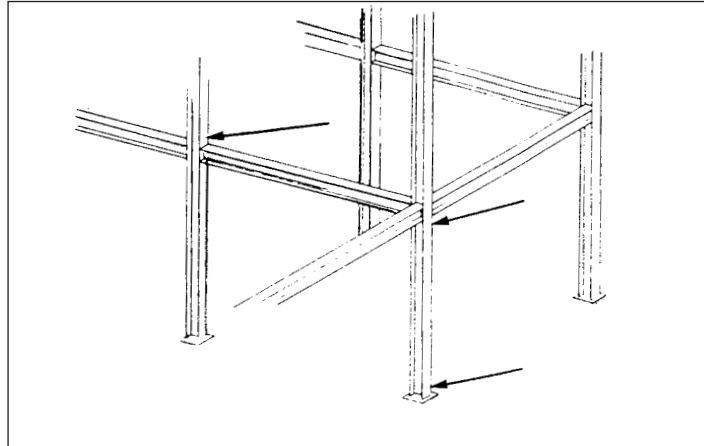
*F.S. = Facteur de sécurité

Tension exercée sur le brin menant	=	Charge ÷ Nombre de brins sous tension
Tension sur le brin menant exemple A	=	500 ÷ 1
	=	500 kg
Tension sur le brin menant exemple B	=	6 000 ÷ 4
	=	1 500 kg
Tension exercée sur la structure	=	Charge + Tension exercée sur le brin menant
Tension sur la structure exemple A	=	500 + 500
	=	1 000 kg
Tension sur la structure exemple B	=	6 000 + 1 500
	=	7 500 kg

Colonnes

Les colonnes ne sont généralement pas conçues pour supporter des contraintes latérales importantes. Les points d'ancrage doivent être situés à la base, à proximité des jonctions avec les éléments de structure latéraux (fig. 1). Comme l'élément de structure est déjà en compression, l'effet d'une flexion même légère se trouve amplifié et peut entraîner le flambage de la colonne.

Figure 1 – Emplacements des points d'ancrage sur les colonnes



Poutres

Dans le cas des poutres, la tension doit être exercée à proximité des colonnes ou d'autres éléments verticaux pour limiter l'effet de flexion (fig. 2). Dans le cas des poutres en I, il peut être nécessaire de souder des plaques de renfort sur l'âme afin que la poutre puisse supporter l'effort de cisaillement additionnel qui lui est imposé (fig. 3).

Figure 2 – Emplacement des points d'ancrage sur les poutres

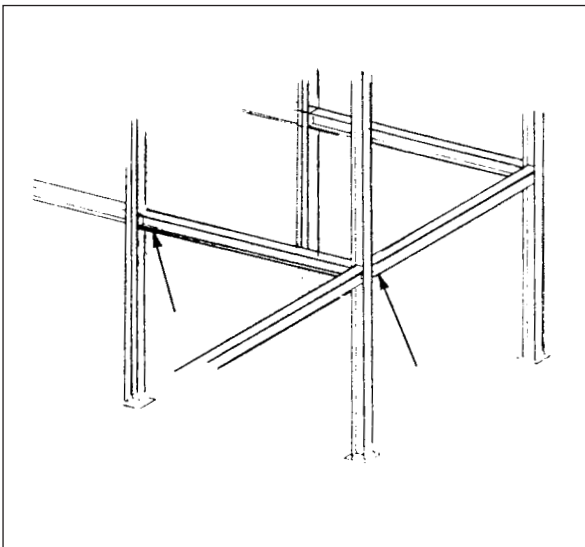
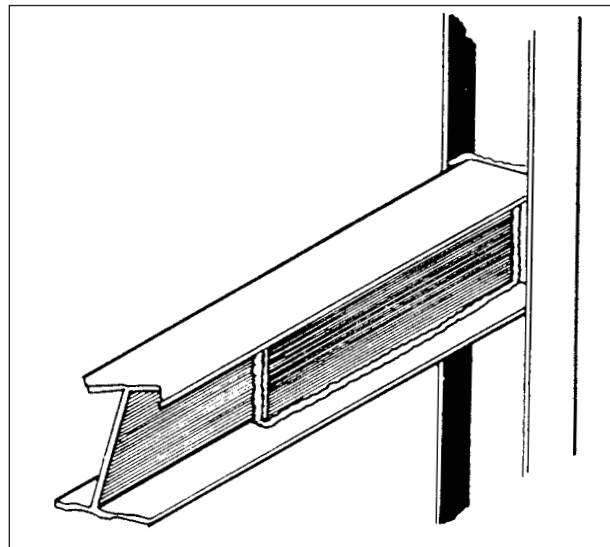


Figure 3 – Renfort d'âme

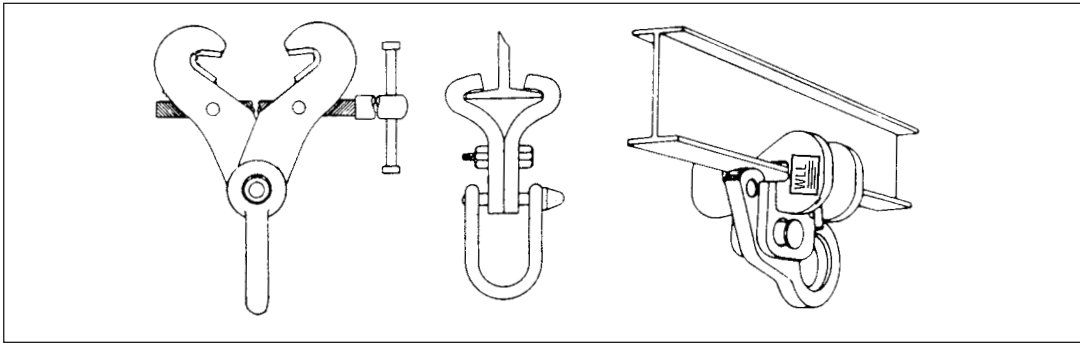


Attaches de poutre

Les attaches de poutre offrent de solides points d'ancrage lorsqu'elles sont utilisées correctement. Les modèles courants ont une capacité pouvant aller jusqu'à 12 tonnes et sont dotés de mâchoires de différentes largeurs. Quelques exemples sont illustrés à la figure 5.

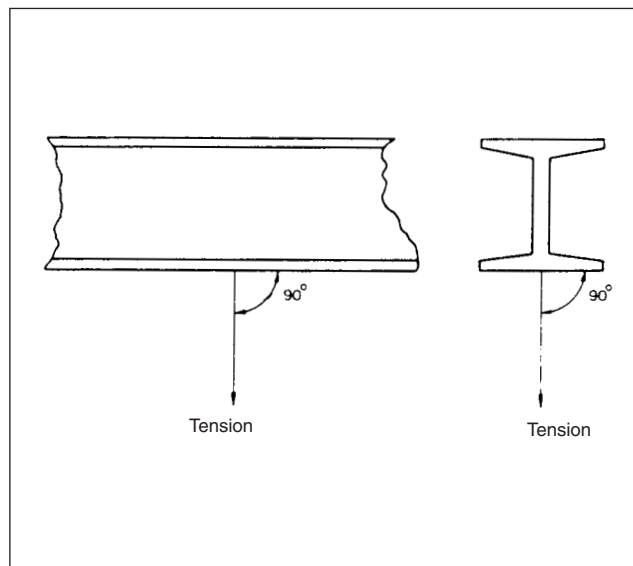
Les mâchoires sont habituellement conçues pour s'adapter à diverses largeurs d'aile. Par exemple, une attache peut convenir à des ailes de 11 à 22 cm de large. Les attaches ne doivent toutefois jamais être installées sur des ailes dont la largeur dépasse celle indiquée, car elles pourraient ne pas avoir une prise suffisante sur l'élément de structure.

Figure 5 – Attaches de poutre



La plupart des attaches de poutre sont conçues pour être utilisées à un angle de 90° par rapport à l'aile de la poutre. Si l'on doit exercer une tension en diagonale, s'assurer que l'attache convient à la situation et que la poutre peut supporter l'effort imposé (fig. 6).

Figure 6 – Tension verticale



Le gréeur doit veiller tout particulièrement à ce que la tension ne déforme pas l'aile de la poutre, une situation qui est davantage susceptible de se produire dans les sections de poutre plus légères dont les ailes sont larges et minces.

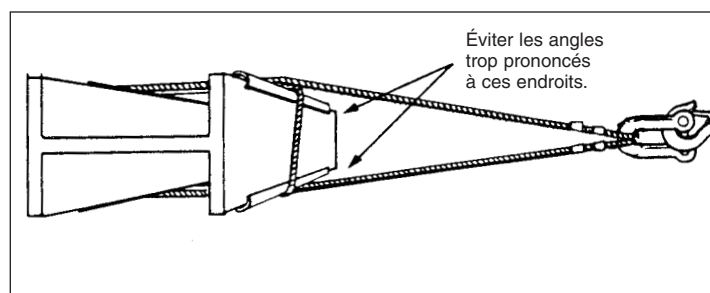
Les attaches de poutre doivent être centrées et bien assises sur l'aile.

Les fabricants sont tenus d'inscrire la charge pratique de sécurité sur les attaches de poutre. Toutefois, celle-ci ne s'applique qu'à l'attache et la capacité de la poutre doit être évaluée séparément.

Élingues

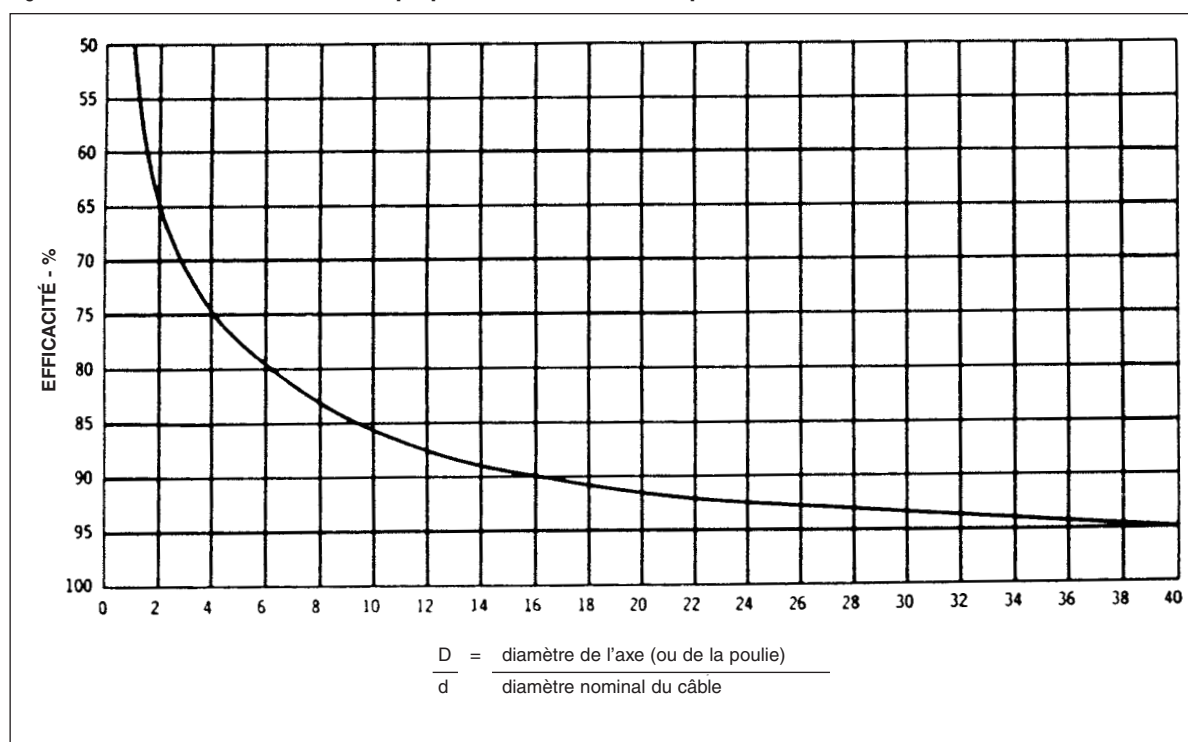
Les élingues sont couramment employées pour fixer une pièce d'équipement à une structure. L'attache à panier à enroulement est le type d'attache à privilégier parce que la charge est répartie entre les deux brins de l'élingue et la double boucle distribue la charge sur l'élément de structure. En outre, ce type d'attache risque moins de glisser qu'une attache à étranglement ou à panier simple. S'assurer toutefois que l'élingue est suffisamment longue pour ne pas créer d'angles trop prononcés (fig. 7).

Figure 7 – Fixation d'une élingue autour d'une colonne ou d'une poutre



L'emploi de protecteurs évite d'endommager l'élément de structure et l'élingue, tout en augmentant le rayon de courbure de l'élingue. La figure 8 montre l'ampleur de la diminution de la résistance d'un câble en fonction de la diminution du diamètre de courbure.

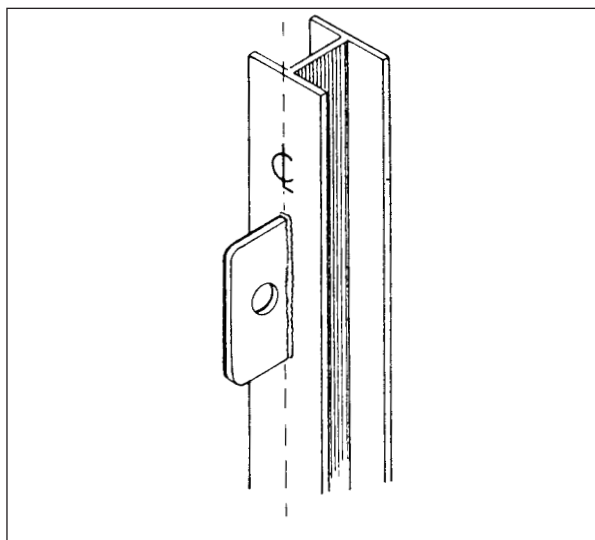
Figure 8 – Résistance d'un câble métallique passé autour d'axes ou de poulies de diamètres variés



Pattes d'attache soudées

Les pattes d'attache soudées à une poutre ou à une colonne doivent avoir une composition métallique compatible à celle de l'élément de structure et être soudées au moyen d'une baguette de soudeuse appropriée. La patte d'attache doit être soudée sur l'axe central de l'aile et dans l'axe de l'âme (fig. 9). La tension doit aussi être maintenue dans l'axe de la patte d'attache et non en diagonale.

Figure 9 – Emplacement d'une patte d'attache sur une poutre en I



Quelle que soit la méthode de fixation, il importe de savoir que la structure n'est habituellement pas conçue pour supporter les efforts additionnels qui y sont exercés. Le seul moyen d'éviter les risques associés à ce genre de situation consiste à confier l'évaluation des efforts à un ingénieur en structure.

Section 5

Conduite des grues

- ☐ Responsabilités
- ☐ Types et configurations de base
- ☐ Risques propres aux aires de levage
- ☐ Travail à proximité des lignes électriques
- ☐ Travail à proximité des tours de transmission
- ☐ Facteurs influençant la capacité de la grue
- ☐ Sommaire de l'installation d'une grue
- ☐ Choix de la grue
- ☐ Signalisation

CONDUITE DES GRUES

La conduite des grues comporte de plus grands risques de catastrophe que la plupart des autres activités propres aux chantiers de construction. Les accidents attribuables aux manœuvres de levage à l'aide d'une grue figurent souvent parmi les plus coûteux du domaine de la construction, non seulement au chapitre des dégâts matériels, mais aussi en termes de pertes de vies humaines. Il importe donc que toutes les personnes qui participent à la conduite des grues connaissent bien leurs fonctions et leurs responsabilités, ainsi que leur rôle à l'égard de la sécurité générale de chaque manœuvre.

Les préparatifs commencent par une définition sans équivoque des responsabilités de chacun. Bien qu'aucun ensemble de directives ne puisse couvrir tous les détails des nombreux types de manœuvres associés aux grues, il importe d'énoncer les grandes responsabilités des principaux acteurs de ce secteur, c'est-à-dire les propriétaires, les grutiers, les superviseurs de chantier et les autres travailleurs.

Étant donné que les responsabilités vont de pair avec la connaissance, les gréeurs doivent être bien formés et expérimentés. À cet égard, ils doivent être en mesure :

- d'évaluer les poids ;
- de juger les distances, les hauteurs et les dégagements ;
- de choisir les accessoires de gréage et de levage appropriés à la charge ;
- de gréer la charge en toute sécurité.

Les signaleurs doivent pour leur part être compétents et capables de diriger la grue et la charge de manière à assurer la sécurité et l'efficacité des manœuvres. La connaissance des signaux manuels de levage est impérative pour les signaleurs comme pour les grutiers.

En règle générale, le grutier est responsable de la sécurité de la manœuvre dès que la charge quitte le sol. S'il a un motif raisonnable de croire que la manœuvre pourrait être dangereuse ou non sécuritaire, il doit refuser de poursuivre l'opération tant que ses préoccupations n'ont pas été transmises au superviseur, que la situation n'a pas été corrigée et qu'il n'a pas reçu confirmation que les conditions sont de nouveau sécuritaires.

La présente section contient également des renseignements utiles à l'intention des gréeurs, des grutiers et des autres personnes associées directement ou indirectement à la conduite des grues. Ces renseignements portent sur les principales responsabilités et précautions ainsi que les principaux risques touchant les aires de manœuvre des grues, de même que sur les facteurs qui influent sur la capacité des grues, les points de coincement et les autres risques dans le périmètre de l'équipement, les considérations relatives à la sécurité de l'installation, les exigences relatives à la présence de signaleurs et les signaux manuels internationaux de levage.

Responsabilités

Propriétaire de la grue

Le propriétaire de la grue doit :

- fournir un équipement sûr et approprié qui convienne aux exigences du travail à effectuer ;
- s'assurer que le grutier soit compétent et qu'il connaisse ses responsabilités ;
- veiller à ce que les personnes responsables de l'entretien, des réparations, du transport, de l'installation et des opérations connexes aient la formation et l'expérience requises pour exercer leurs fonctions respectives ;
- veiller à la formation et au perfectionnement de l'ensemble du personnel ;
- veiller à ce que les responsabilités et le niveau d'autorité de chaque membre du personnel soient clairement désignés ;
- veiller à ce qu'un programme d'inspection et d'entretien détaillé de l'équipement soit en place et accompagné des carnets de bord et de la documentation nécessaire ;
- s'assurer que l'équipe de supervision du client et du chantier soit compétente et qu'elle connaisse ses responsabilités ;
- veiller à ce que l'équipement soit inspecté et entretenu conformément aux consignes du fabricant et de la réglementation en vigueur.

Grutier

Le grutier est généralement responsable de la sécurité des manœuvres de la grue à partir du moment où la charge quitte le sol. Il doit connaître :

- le modèle de grue qu'il est appelé à conduire ainsi que ses caractéristiques, ses fonctions et ses limites ;
- les renseignements fournis dans le manuel d'opération de la grue ;
- le tableau des charges de levage de la grue, y compris les notes et avis afférents, ainsi que la méthode de calcul ou d'évaluation de la capacité nette de la grue dans toutes les configurations possibles ;
- les procédures d'inspection et d'entretien appropriées qui doivent être suivies conformément aux directives du fabricant et du propriétaire ;
- les conditions du chantier susceptibles d'influer sur les manœuvres de la grue, y compris la présence de lignes électriques aériennes ;
- les méthodes fondamentales de gréage.

Le grutier doit en outre :

- informer le propriétaire de tout problème d'équipement par écrit, de préférence dans le carnet de bord de la grue ;
- consigner dans le carnet de bord toutes les inspections et tous les travaux d'entretien et autres effectués sur la grue au chantier ;
- s'assurer que le chantier soit convenablement préparé en vue des travaux que doit effectuer la grue ;
- passer en revue les plans et les exigences avec l'équipe de supervision du chantier ;
- établir le poids de la charge et de l'équipement de gréage ainsi que l'endroit où doit être déposée la charge ;

[Bien qu'il n'incombe pas au grutier de déterminer le poids de la charge, il doit en assumer la responsabilité s'il le fait ou s'il lève la charge sans en vérifier le poids auprès de l'équipe de supervision du chantier.]

- déterminer le nombre de brins requis pour le câble de levage ;
- s'assurer au moyen du tableau des charges de levage que la grue possède une capacité nette suffisante pour chaque levage prévu ;
- choisir la meilleure configuration de flèche, de fléchette et de grue en fonction des caractéristiques de la charge et du chantier ;
- assumer la responsabilité du montage, de l'installation et du gréage de la grue ;
- suivre les consignes de manœuvre du fabricant, conformément au tableau des charges de levage ;
- tenir compte de tous les facteurs susceptibles de diminuer la capacité de la grue et réduire le poids de la charge en conséquence ;
- garder le contact avec le signaleur ;
- s'assurer que l'aide-grutier se trouve dans un endroit sûr pendant la manœuvre ;
- conduire la grue doucement, en toute sécurité et en conservant la pleine maîtrise de l'appareil ;
- éteindre le moteur de la grue et désengager les pièces mobiles si elle doit être laissée sans surveillance.

Équipe de supervision du chantier

L'équipe de supervision du chantier (contremaître du chantier, contremaître des gréeurs, chefs d'équipe des différents corps de métier, etc.) a la responsabilité générale des manœuvres de levage et doit, par conséquent, en planifier toutes les étapes. Plus particulièrement, elle doit :

- superviser tous les travaux nécessitant l'utilisation de la grue ;
- déterminer le poids et le rayon de levage exacts et en informer le grutier ;
- s'assurer que l'équipe de gréage soit expérimentée et capable d'évaluer les poids, de juger les distances, les hauteurs et les dégagements, de choisir les accessoires de gréage et de levage appropriés à la charge et d'arrimer la charge solidement et de façon sûre ;
- superviser l'équipe de gréage ;
- veiller à ce que la charge soit correctement élinguée ;
- s'assurer que les signaleurs soient capables de diriger la grue et sa charge et qu'ils connaissent les signaux manuels internationaux lorsque aucune autre forme de communication n'est possible ;
- désigner des signaleurs et en informer le grutier ;
- veiller à la sécurité de l'équipe de gréage et des autres personnes touchées par les manœuvres de la grue ;
- tenir le public et les autres travailleurs non essentiels à bonne distance de la grue pendant les manœuvres ;
- contrôler les déplacements du personnel dans la zone de manœuvre ;
- veiller à ce que toutes les précautions requises soient prises lors de manœuvres à proximité de lignes électriques ;
- veiller à ce que tous les travailleurs qui participent aux manœuvres comprennent bien leur travail, leurs responsabilités et leur rôle en ce qui a trait à la sécurité générale de chaque manœuvre.

Types et configurations de base

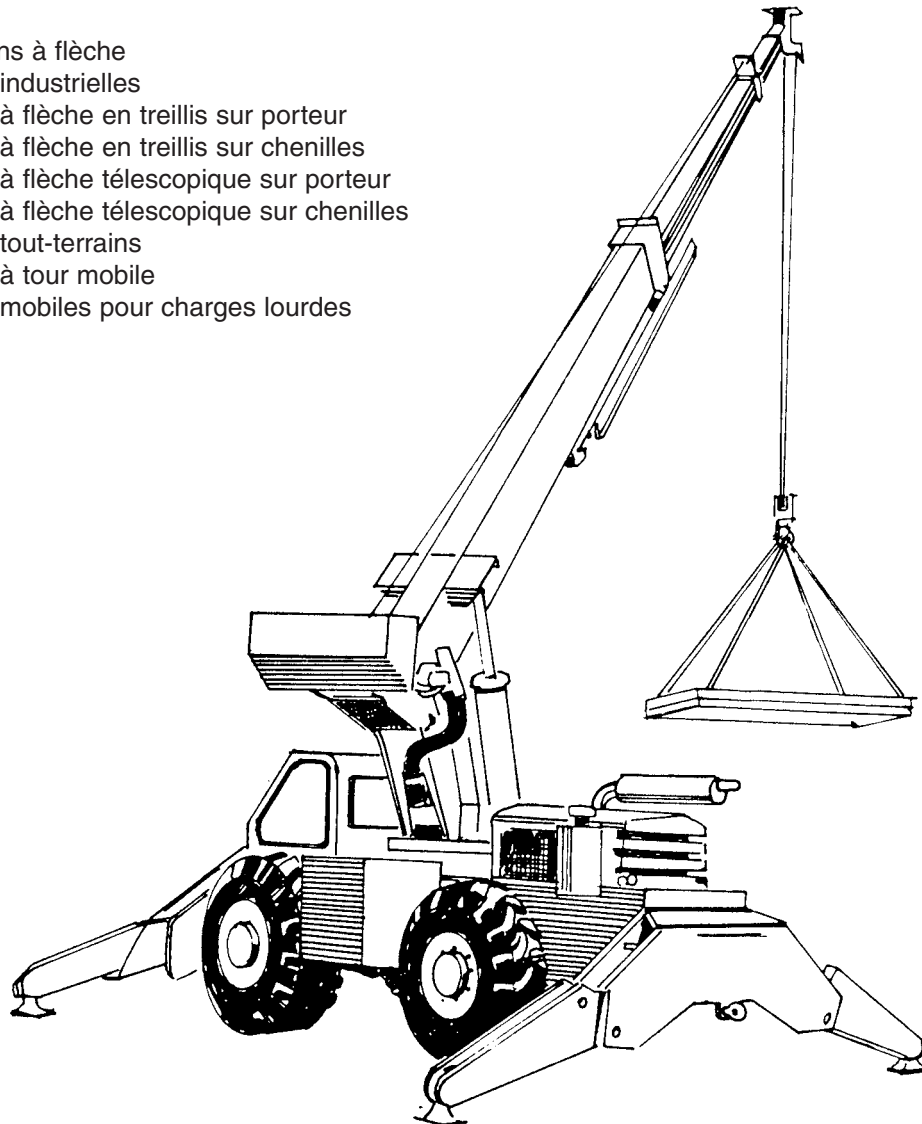
Fruit d'une longue évolution, la grue mobile d'aujourd'hui satisfait, par l'éventail des types et des modèles offerts sur le marché, aussi bien les besoins généraux que les impératifs particuliers du domaine de la construction et de l'industrie dans son ensemble. La présente section traite des grues mobiles utilisées dans le domaine de la construction et à des fins industrielles.

Les caractéristiques de fonctionnement fondamentales sont essentiellement les mêmes pour toutes les grues mobiles. Il s'agit des caractéristiques suivantes :

- Longueur de flèche réglable
- Angle de flèche réglable
- Levée et descente des charges
- Déplacement en rotation des charges
- Déplacement (translation) autonome sur le chantier

La grande catégorie des grues mobiles englobe une diversité de types et de configurations, dont les suivants :

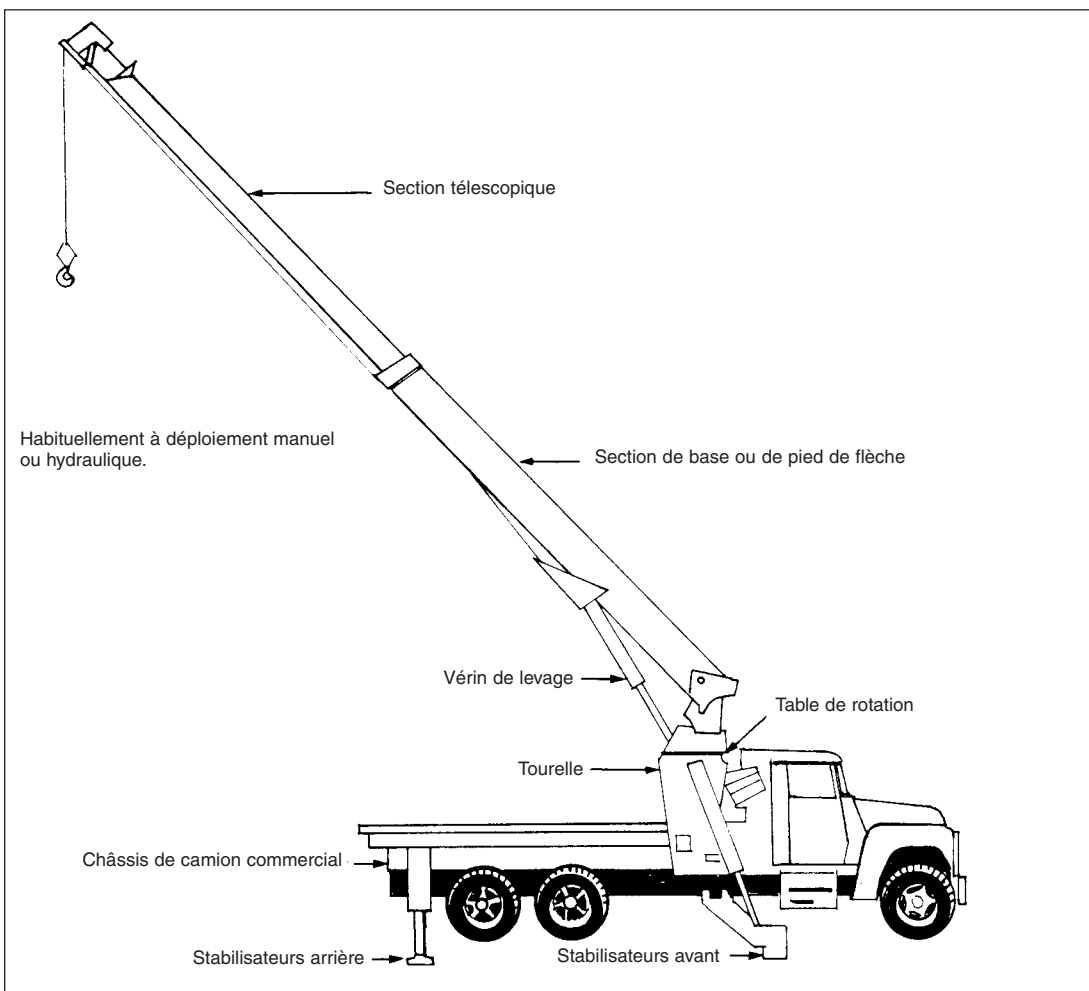
- Camions à flèche
- Grues industrielles
- Grues à flèche en treillis sur porteur
- Grues à flèche en treillis sur chenilles
- Grues à flèche télescopique sur porteur
- Grues à flèche télescopique sur chenilles
- Grues tout-terrains
- Grues à tour mobile
- Grues mobiles pour charges lourdes



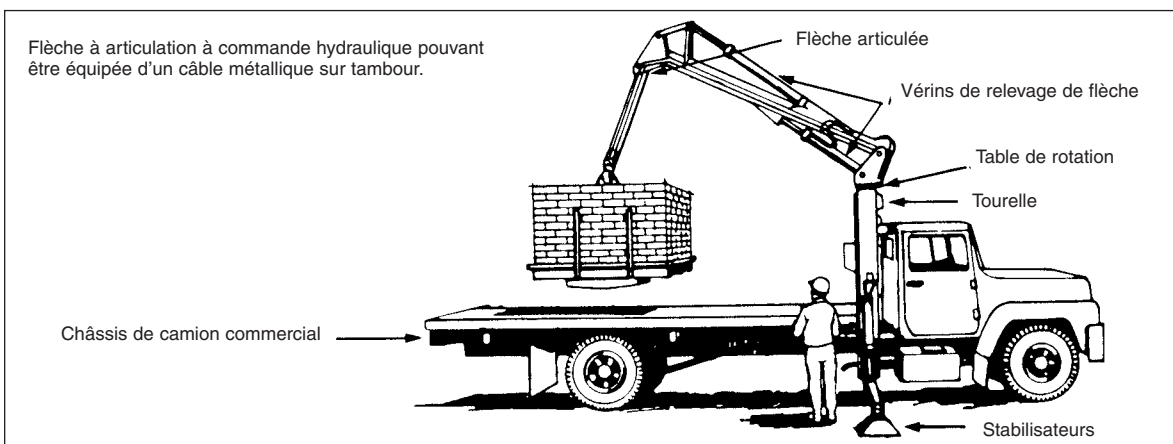
Camions à flèche

Contrairement aux autres grues mobiles, ce type de grue est monté sur un camion qui n'est pas spécifiquement conçu pour les travaux de levage. La grue est en effet montée sur le châssis d'un camion commercial spécialement renforcé pour la recevoir. Malgré cette absence de spécialisation, la grue possède une capacité et une longueur de flèche respectables. Cette catégorie de grue existe en deux configurations.

Camion à flèche télescopique



Camion à flèche articulée

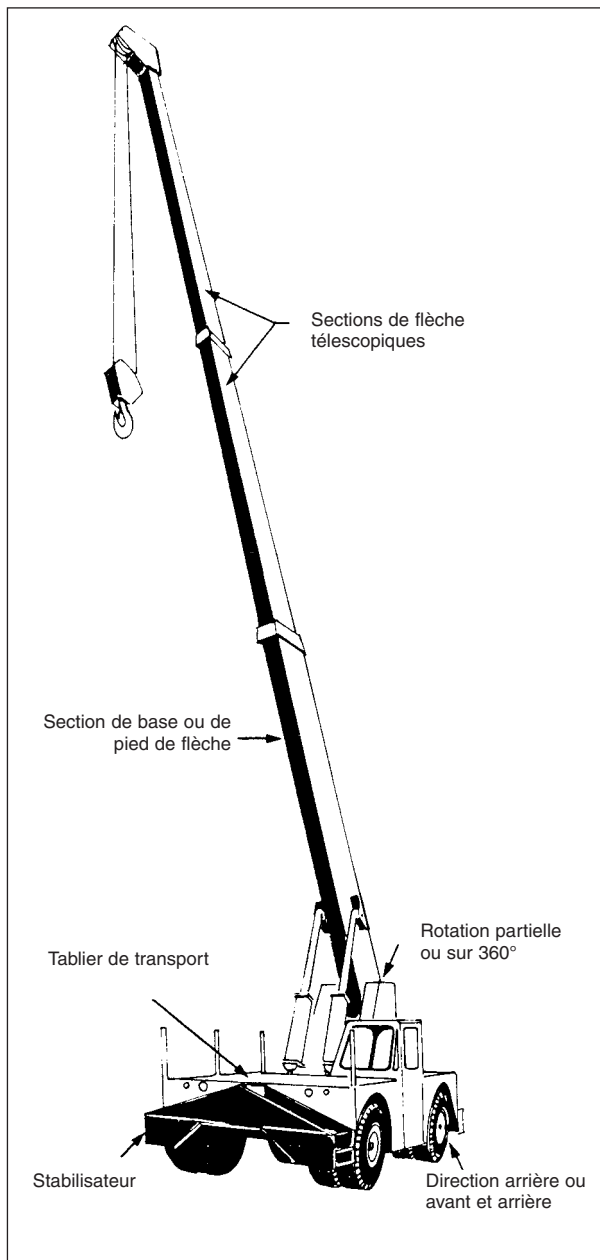


Grues industrielles

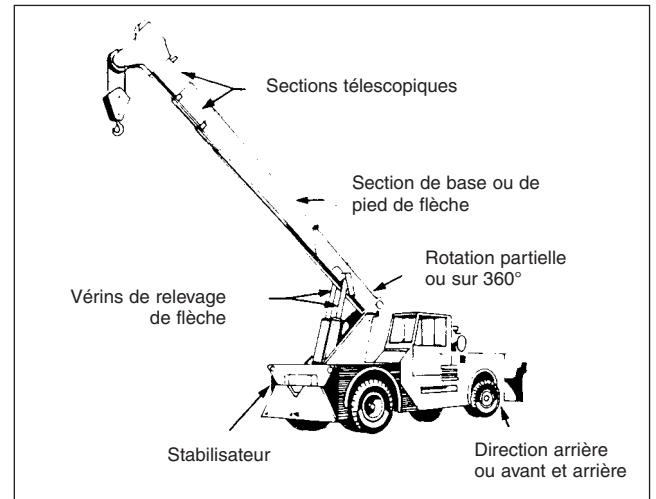
Ces grues sont principalement destinées aux chantiers industriels où l'état de la surface des aires de travail est nettement meilleur que dans la plupart des chantiers de construction. Elles ont un centre de gravité bas qui permet de les manœuvrer dans des passages étroits sans l'aide de stabilisateurs.

Bien que ces grues ne fassent pas l'objet d'une analyse particulière, leurs caractéristiques sont essentiellement identiques à celles des grues mobiles à flèche télescopique qui, elles, sont décrites en détail.

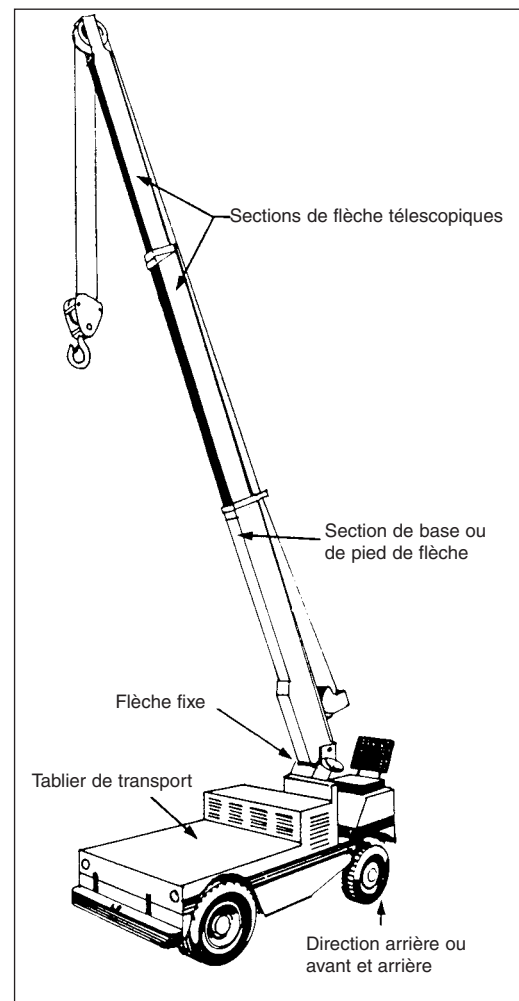
Grue à flèche rotative et à tablier de transport



Grue de transport



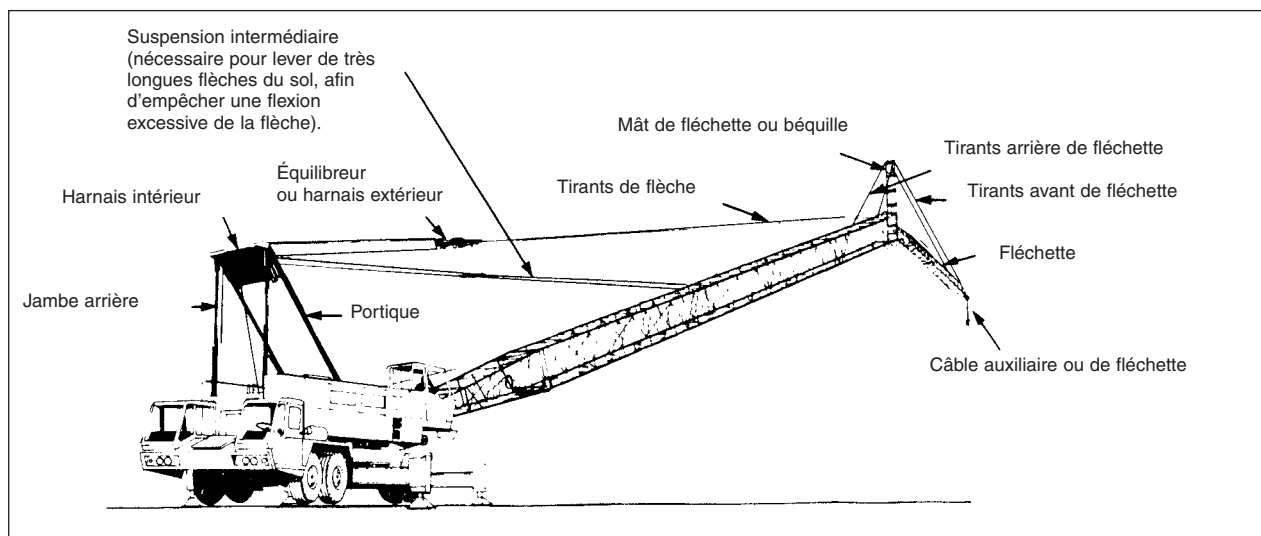
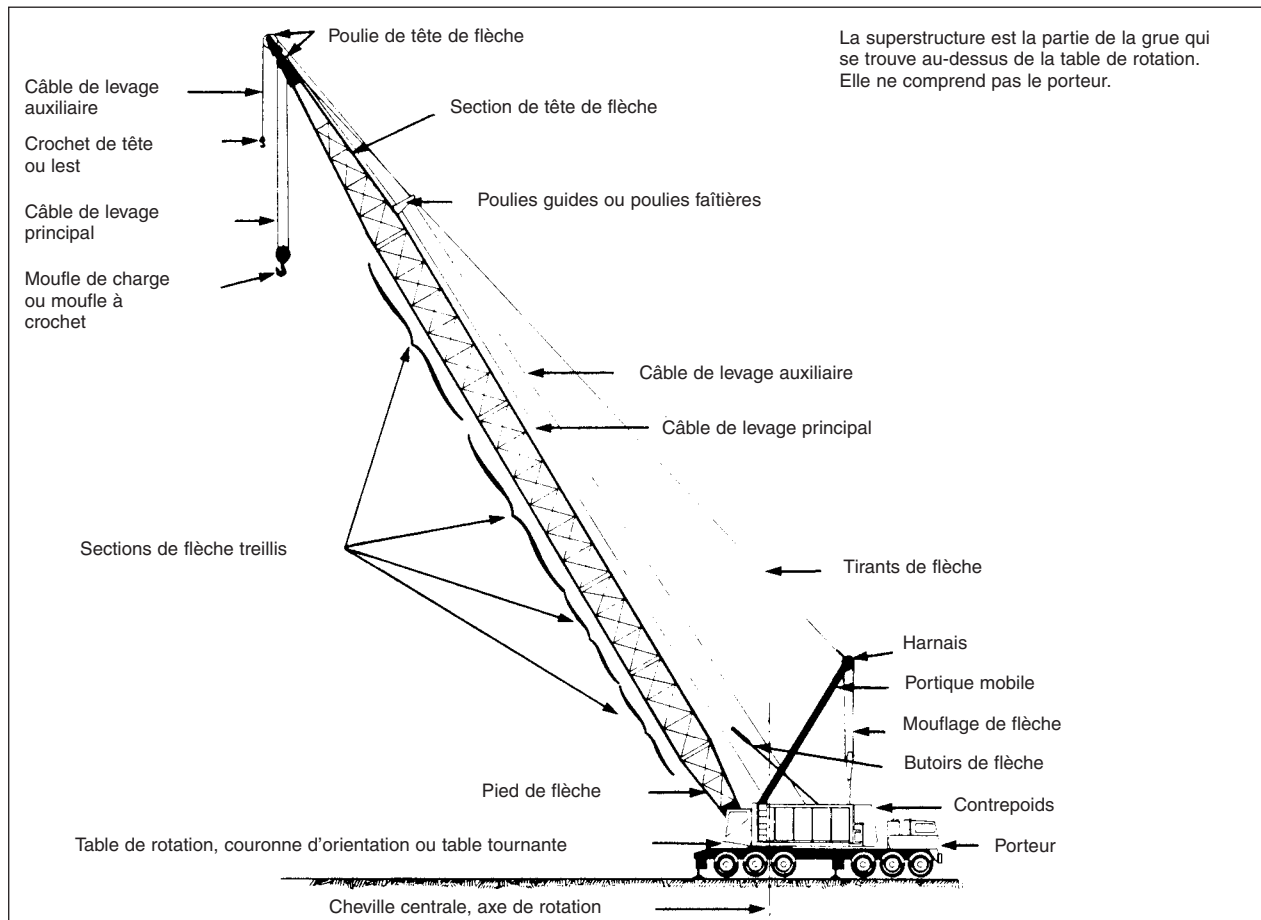
Grue à flèche fixe et à tablier de transport



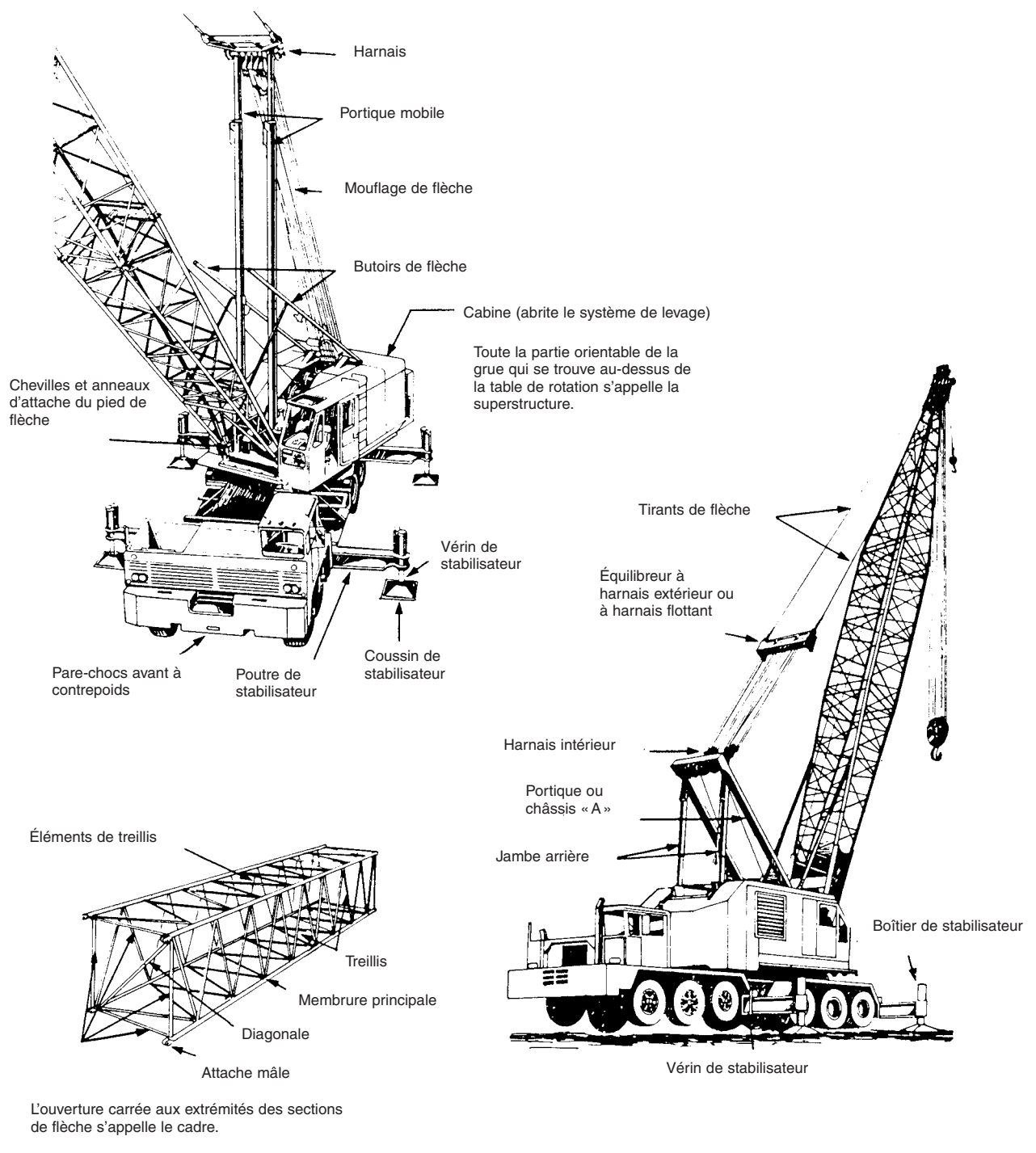
Grues à flèche en treillis sur porteur

Le « camion porteur » de ce type de grue ne doit pas être confondu avec les camions commerciaux ordinaires transformés en camions à flèche. Il est spécialement conçu pour recevoir une grue ainsi que les charges que celle-ci doit supporter.

Les grues sur porteur sont également connues sous divers autres noms tels que « grue sur camion à flèche », « grue conventionnelle », « grue mobile », etc.

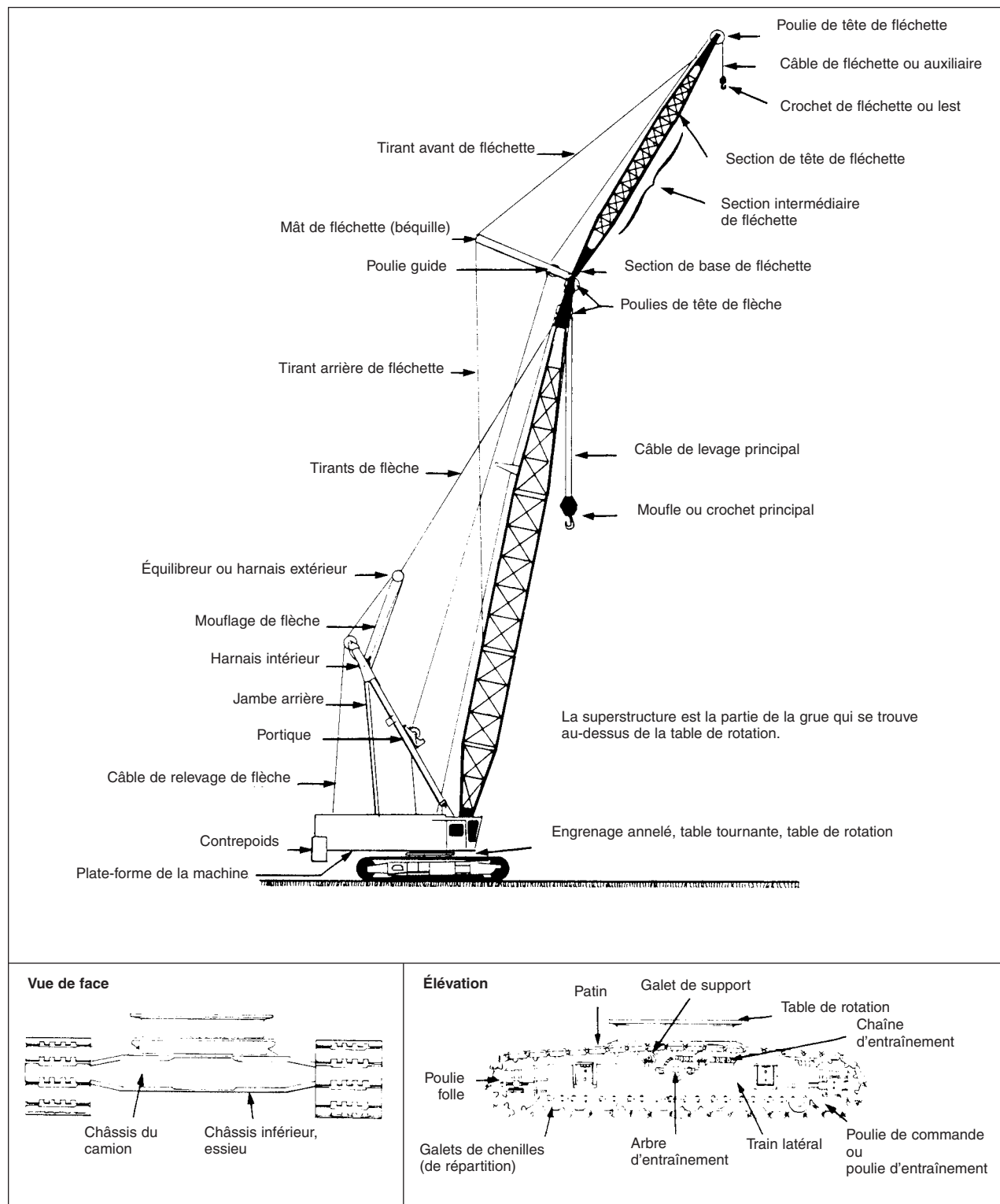


Grues à flèche en treillis sur porteur (suite)



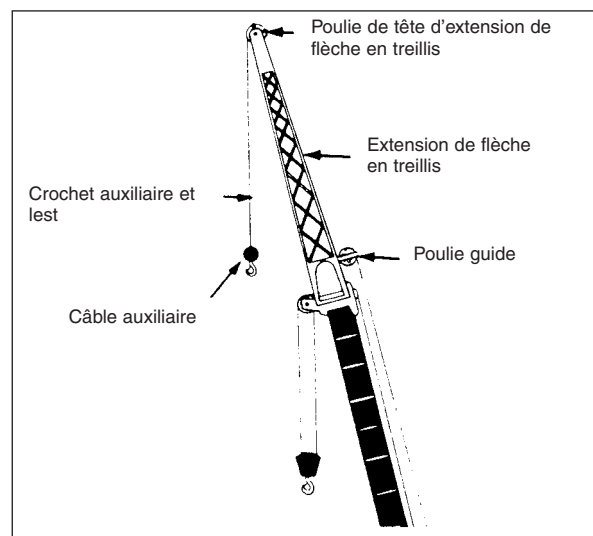
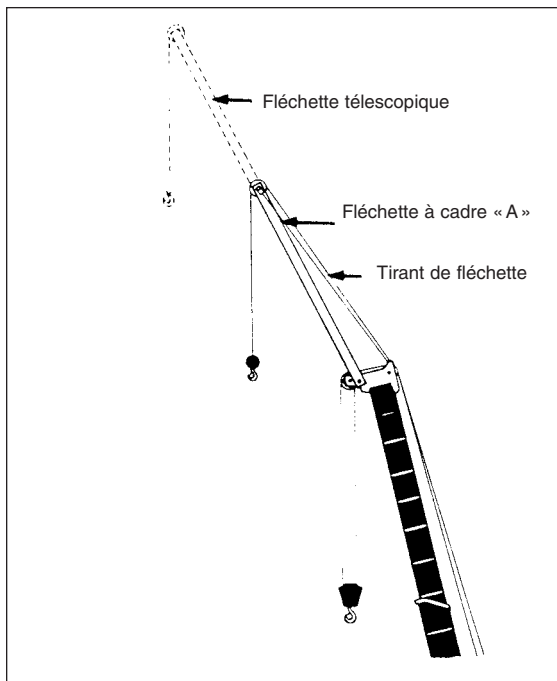
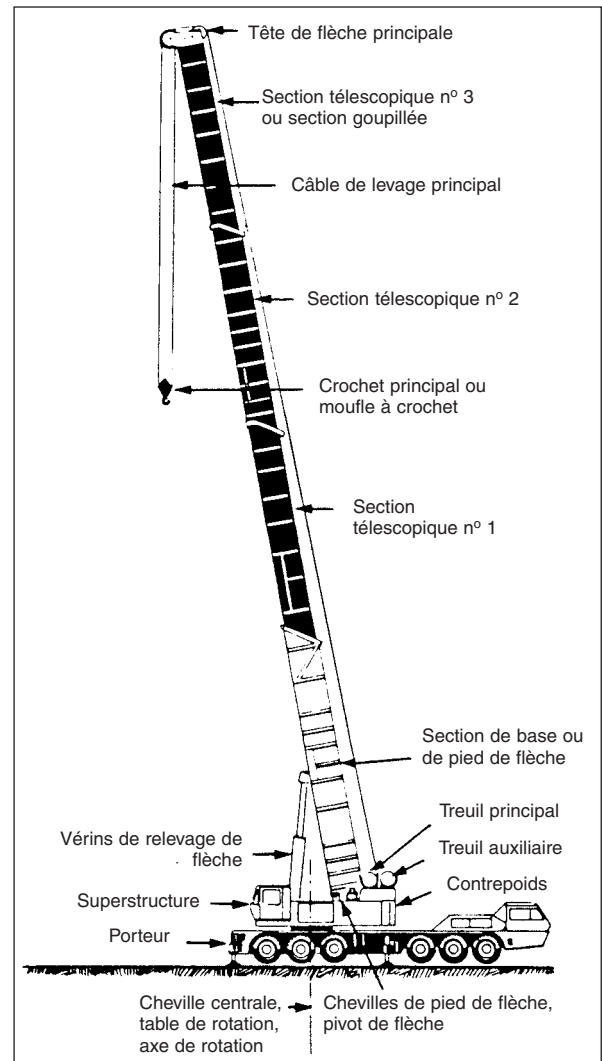
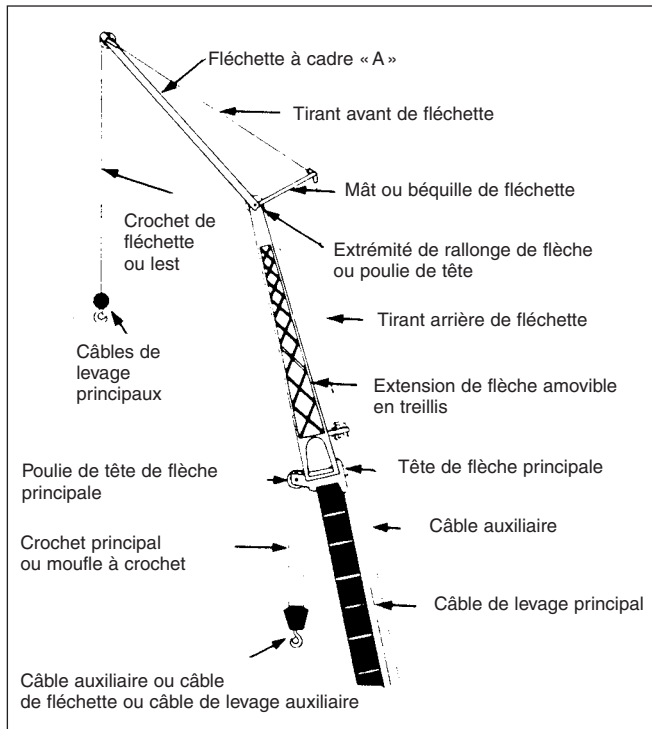
Grues à flèche en treillis sur chenilles

Exception faite de la partie porteuse et de la méthode d'évaluation de la charge, la superstructure de ce type de grue est identique à celle des grues à flèche en treillis sur porteur. Cette illustration montre un porteur avec entraînement mécanique à chaîne; des systèmes d'entraînement de chenilles hydrostatiques existent également.

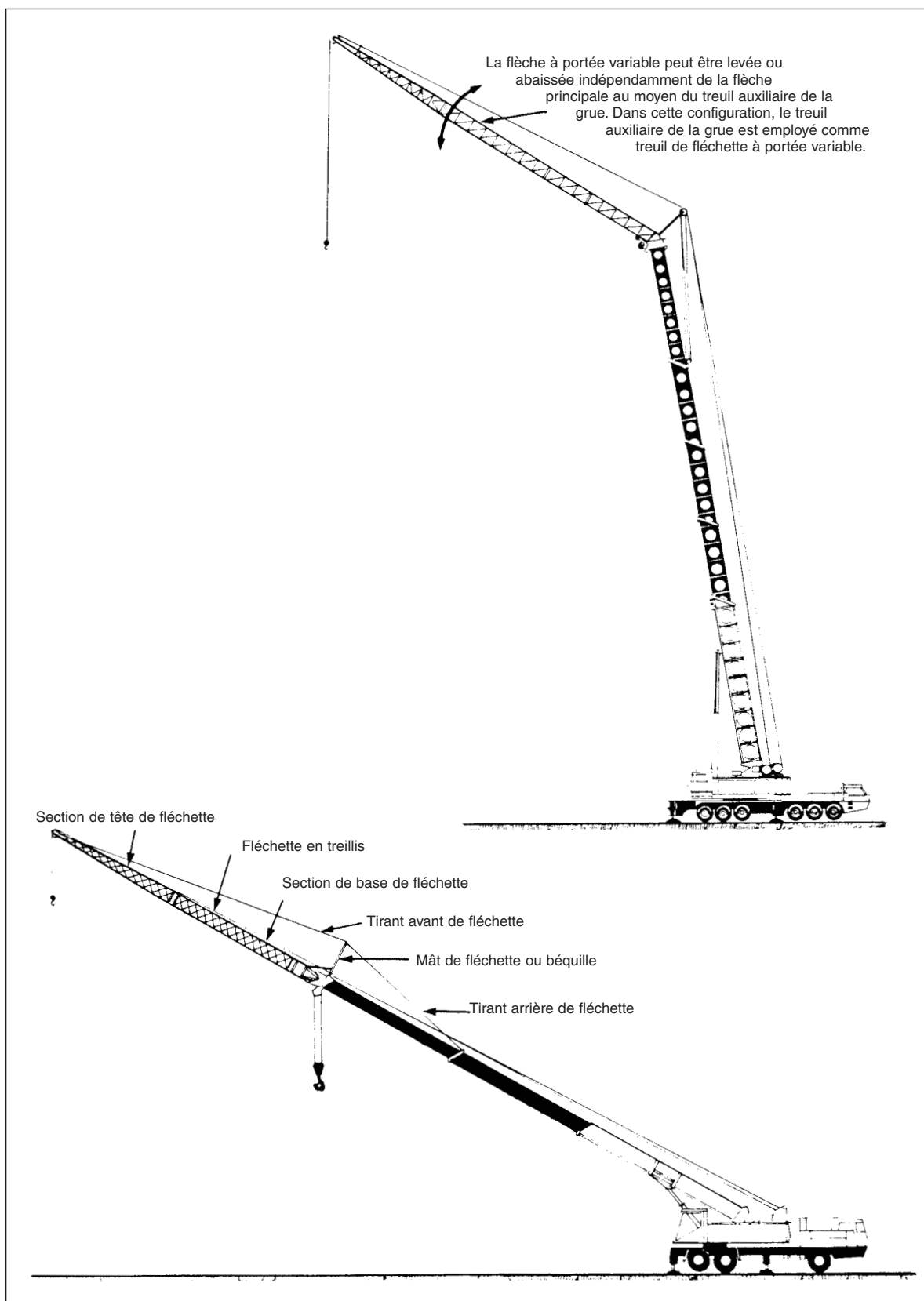


Grues à flèche télescopique sur porteur

Ce type de grue est également monté sur un porteur spécialement conçu à cette fin. La grue peut être équipée d'une variété de fléchettes et de rallonges de flèche, qui peuvent être remisées sur ou sous le pied de la flèche principale.



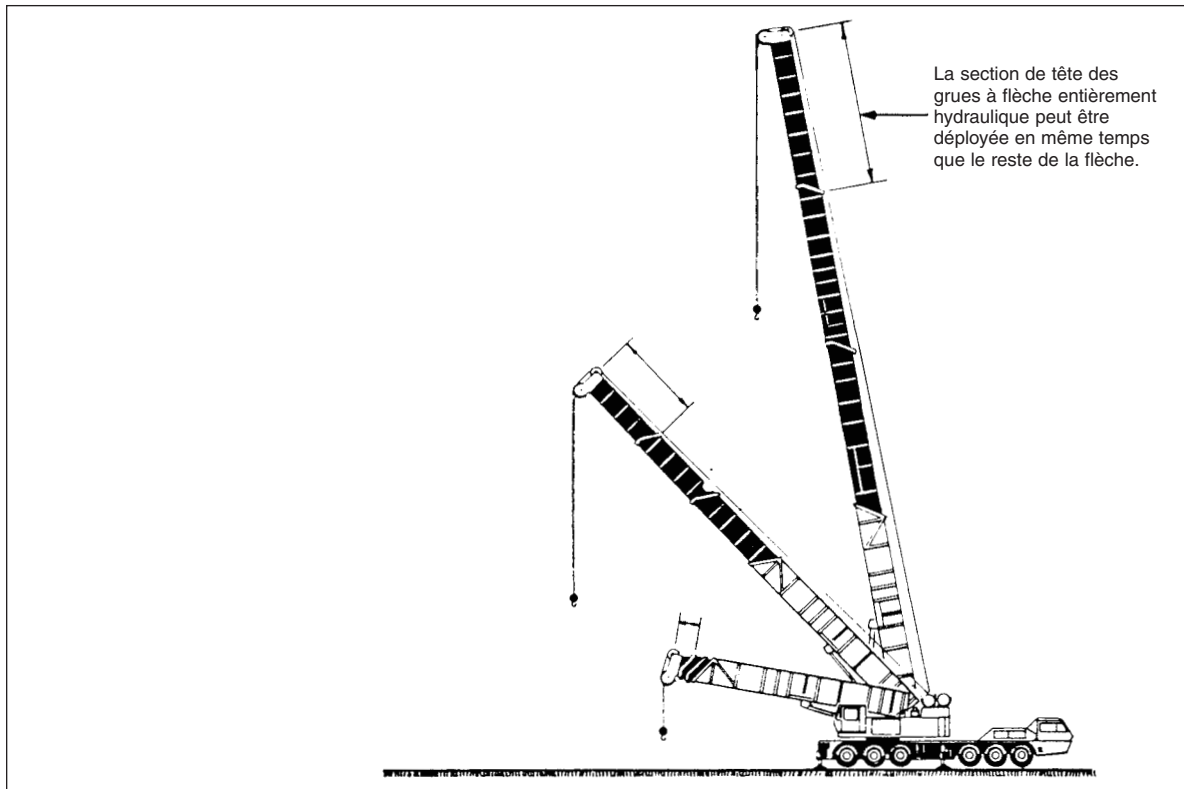
Grues à flèche télescopique sur porteur (suite)



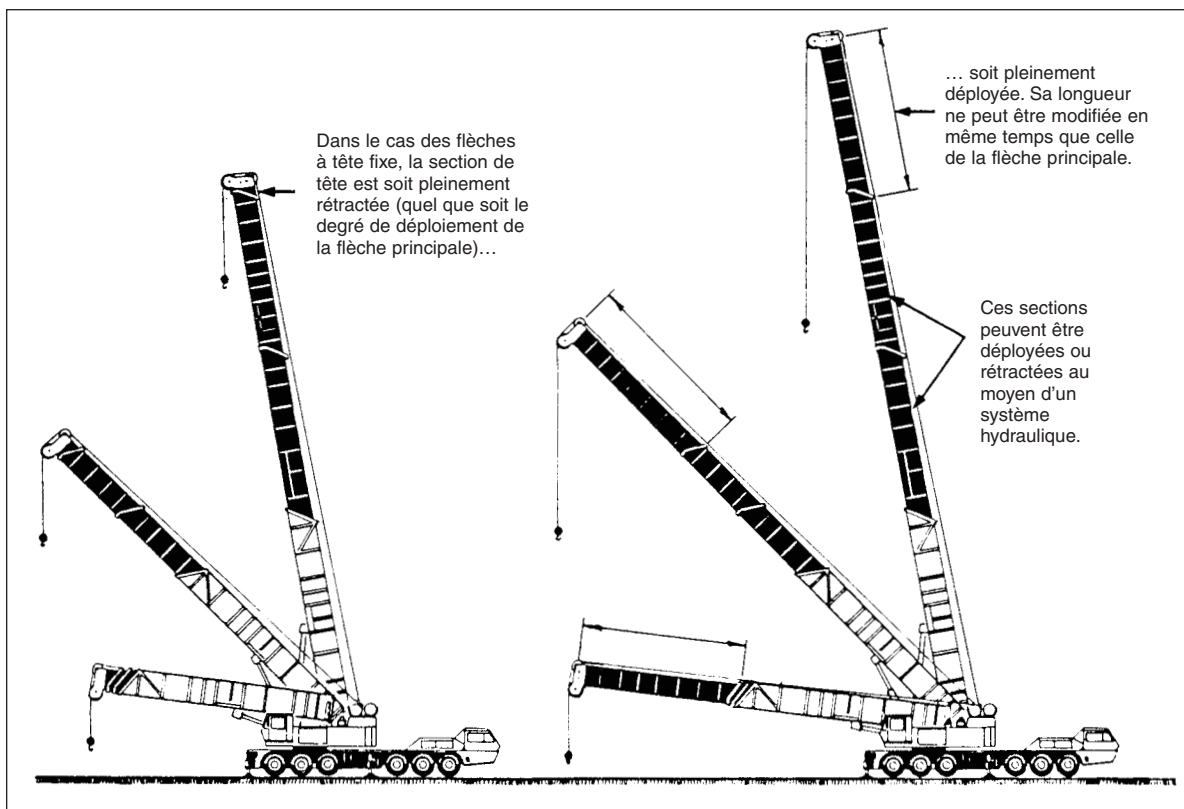
Grues à flèche télescopique sur porteur (suite)

Les grues à flèche télescopique sur porteur se subdivisent selon le type de section de tête dont elles sont équipées.

Flèche entièrement hydraulique

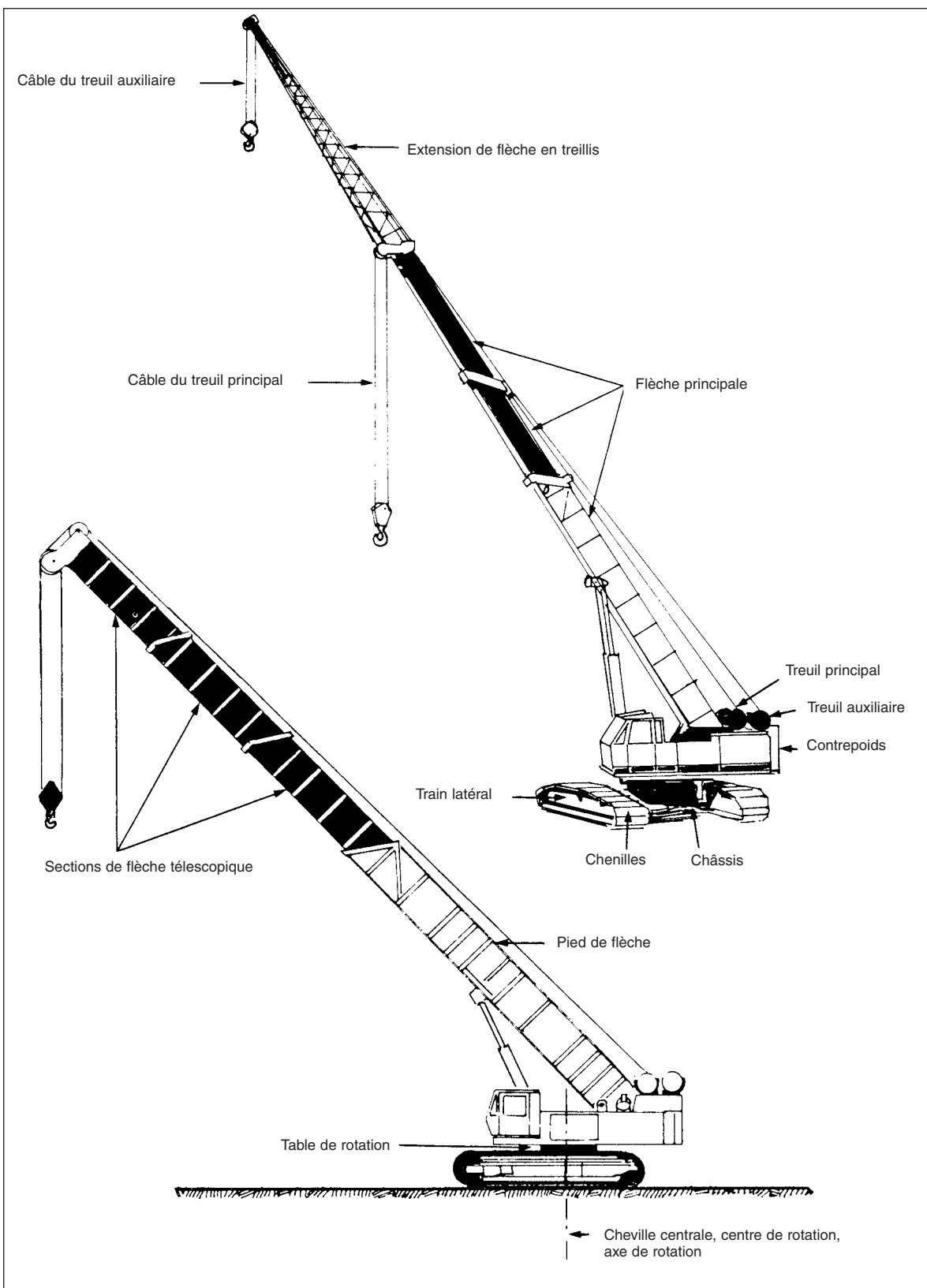


Flèche à tête fixe



Grues à flèche télescopique sur chenilles

La superstructure de ce type de grue est identique à celle des grues à flèche télescopique sur porteur. La partie porteuse et la méthode d'évaluation de la charge diffèrent toutefois.

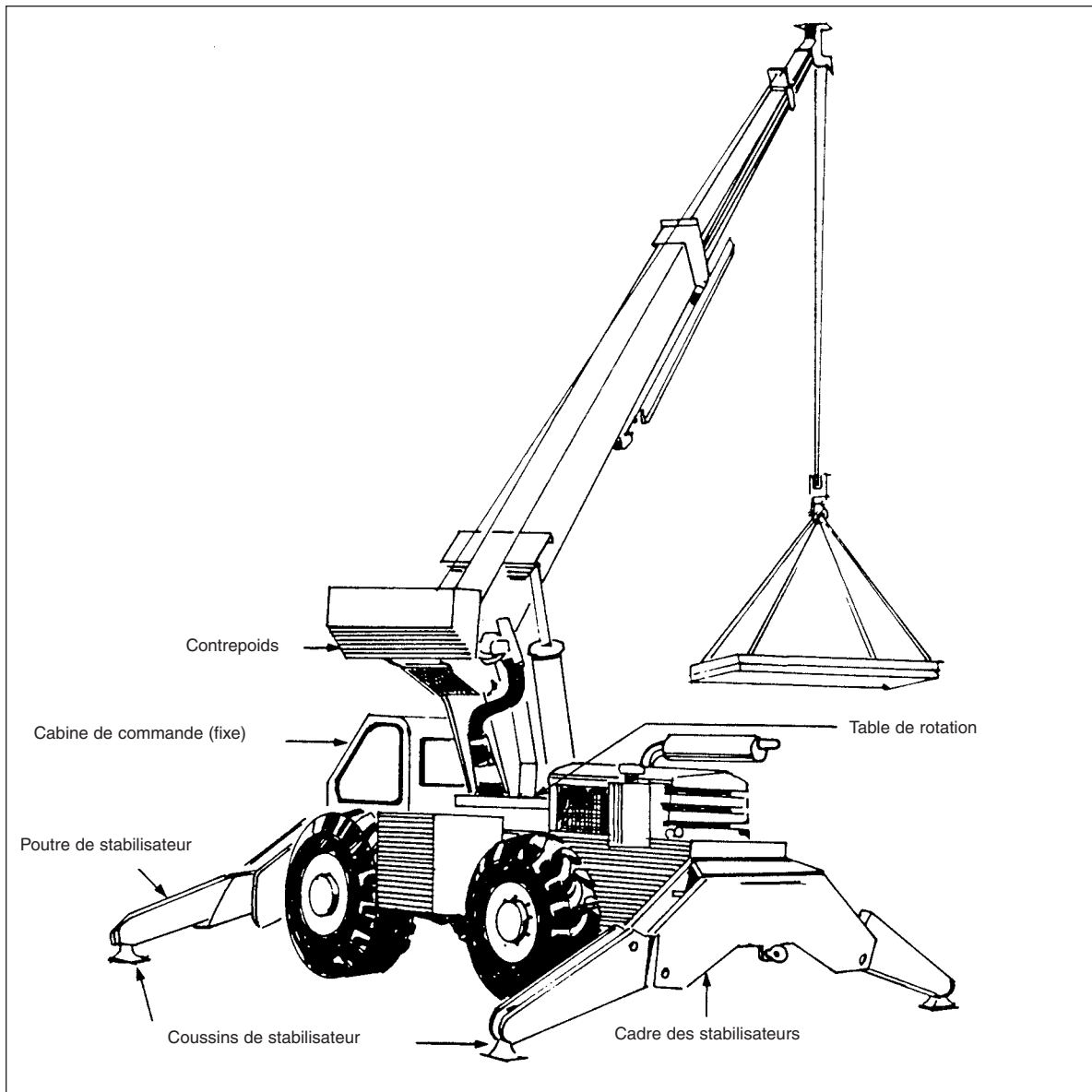


Grues tout-terrains

Les pneus surdimensionnés des grues tout-terrains leur permettent de se déplacer sur le relief accidenté des chantiers de construction et aux autres endroits au relief semblable. Leur empattement court et leur système de direction en crabe augmentent leur manœuvrabilité. Pour le transport de charges en terrain accidenté toutefois, ces grues doivent se conformer aux mêmes restrictions que les autres types de grues.

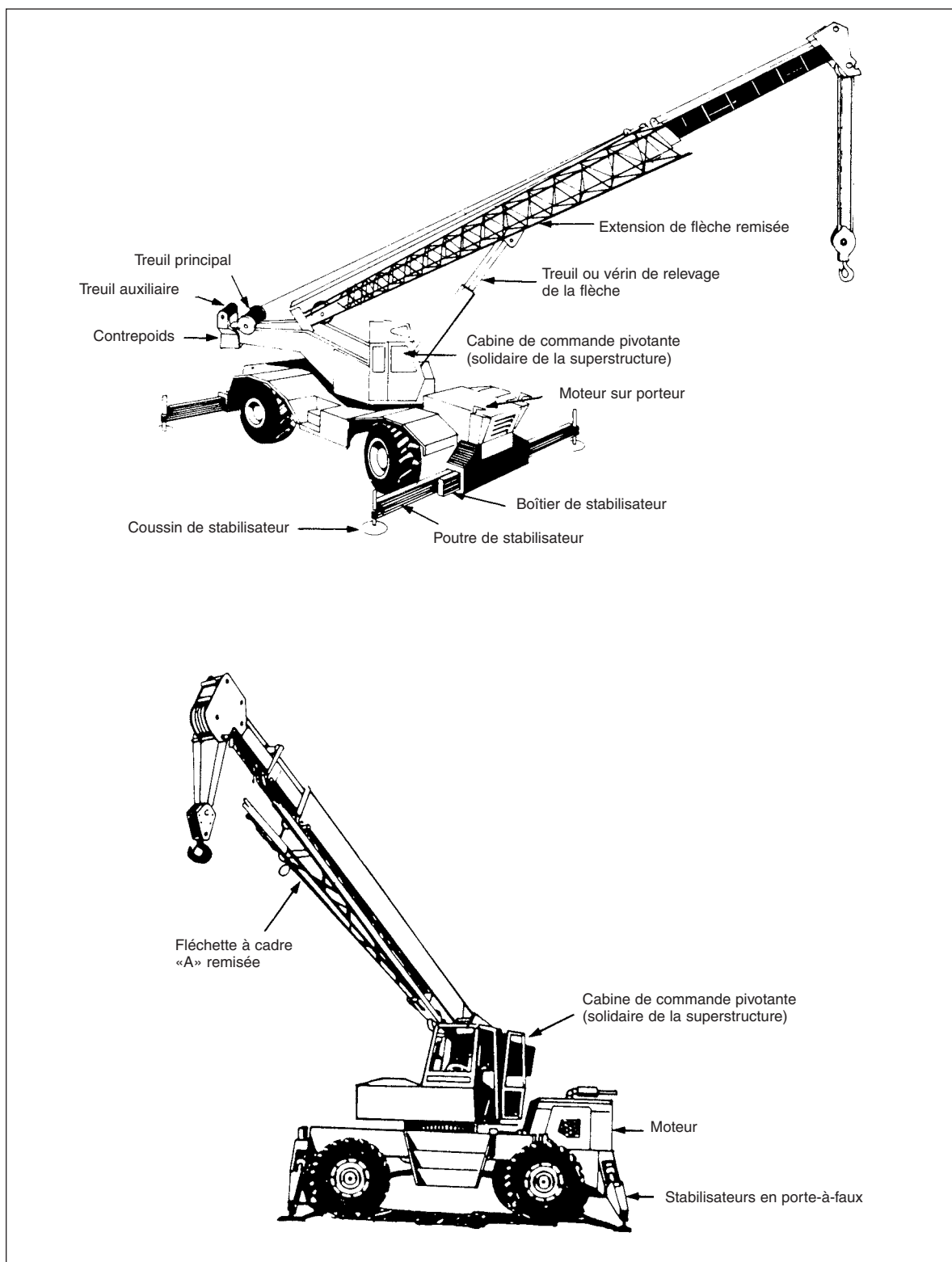
Tout comme les grues à flèche télescopique sur porteur, les grues tout-terrains peuvent être équipées d'une flèche entièrement hydraulique ou à section de tête fixe, ainsi que des mêmes types de fléchettes ou d'extensions de flèche. Deux configurations de base sont proposées sur le marché.

Cabine fixe



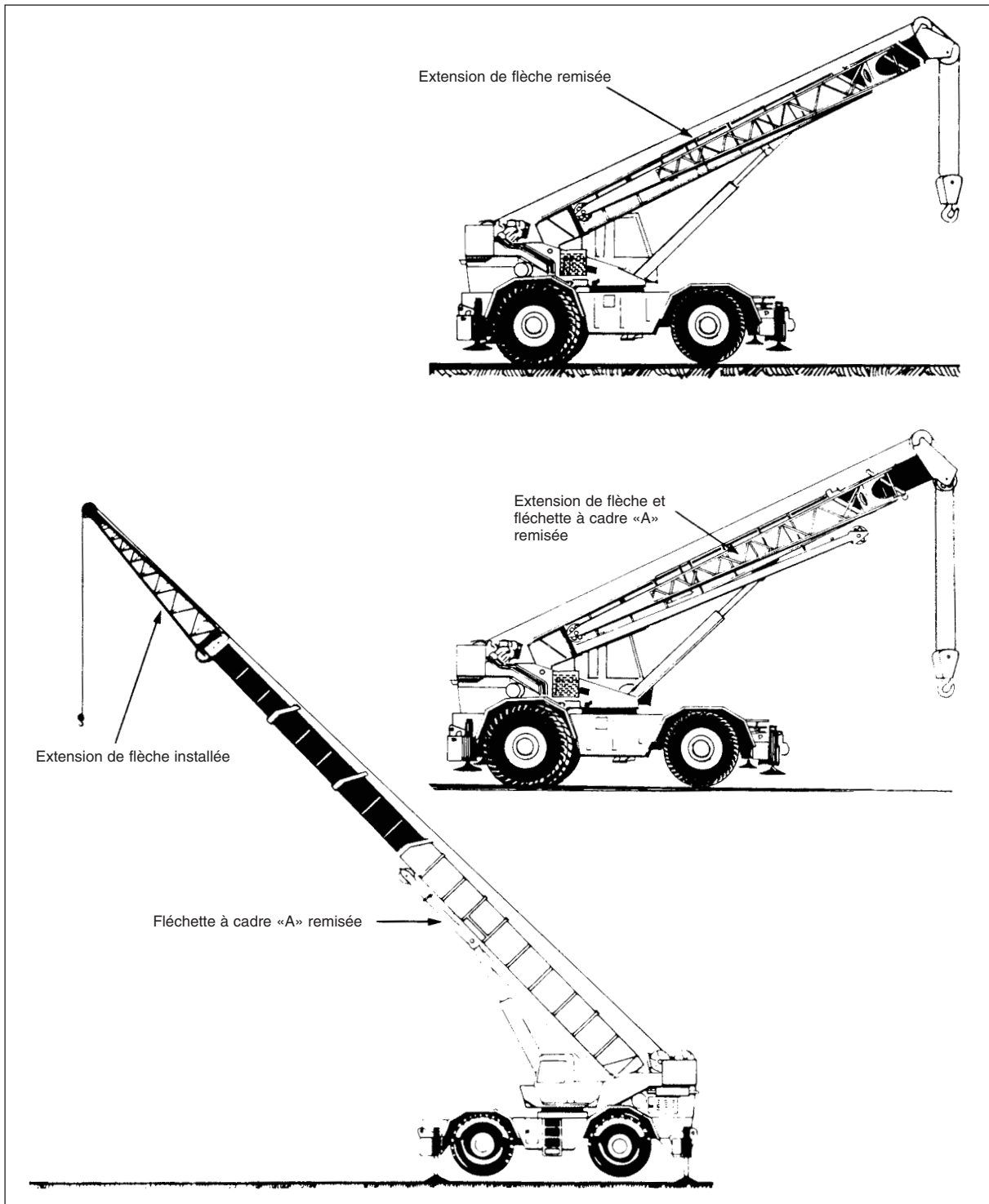
Grues tout-terrains (suite)

Cabine pivotante



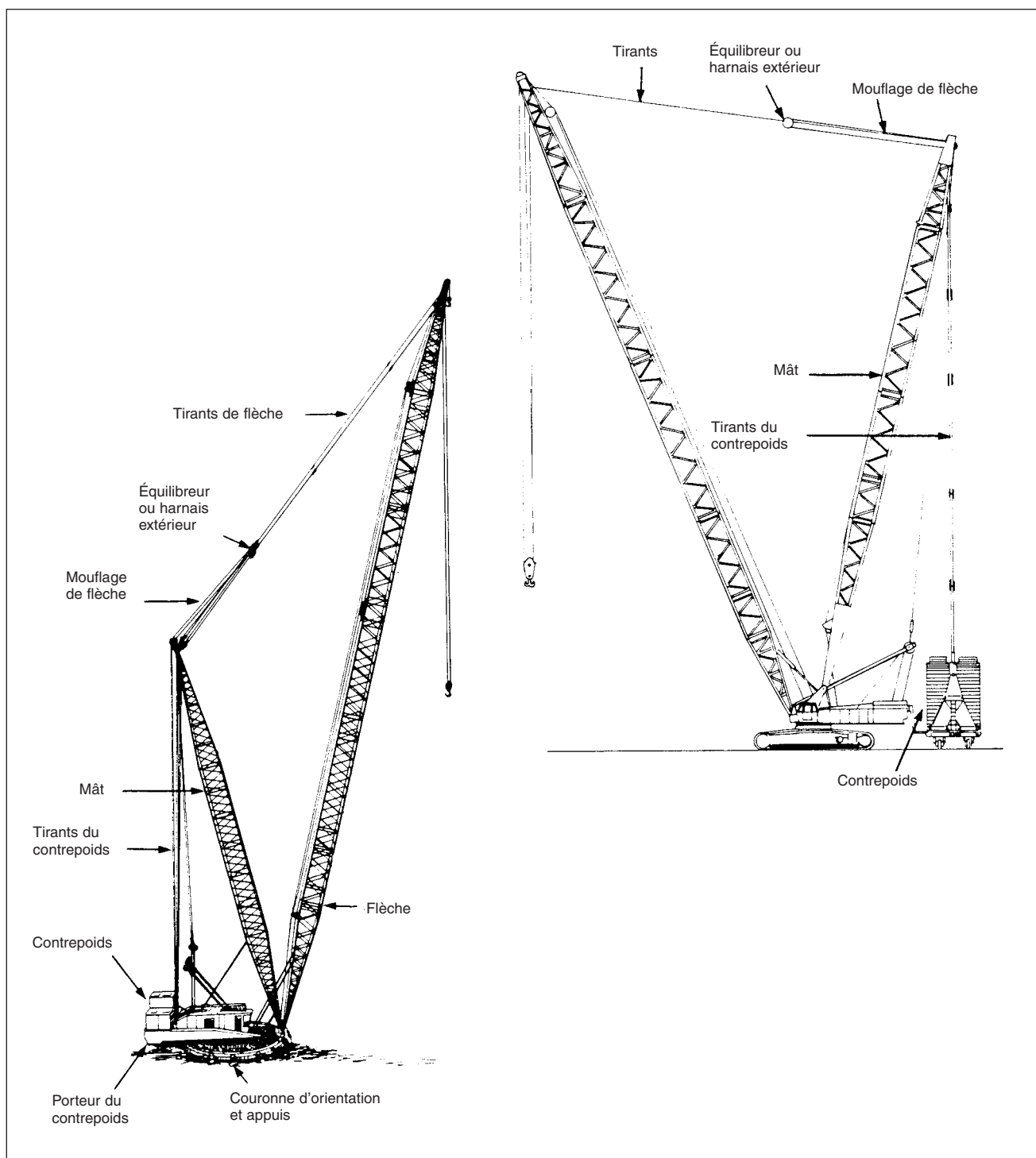
Grues tout-terrains (suite)

Tout comme les grues à flèche télescopique sur porteur, les grues tout-terrains peuvent être équipées d'une flèche entièrement hydraulique ou à section de tête fixe, de même que de divers types de fléchettes et d'extensions de flèche en treillis qui se rangent sur ou sous la première section de la flèche principale.



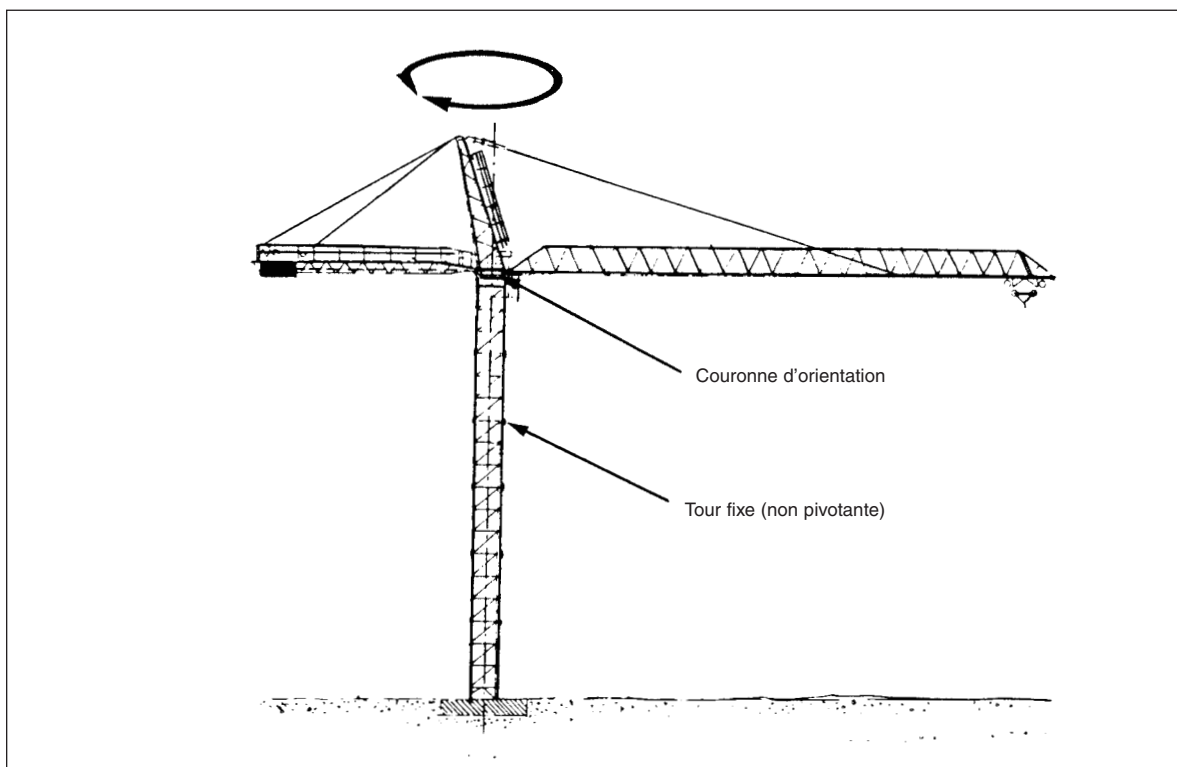
Grues mobiles pour charges lourdes

Ce type de grue combine les meilleures caractéristiques des derricks et des grues mobiles à flèche en treillis. Les grues mobiles lourdes pour charger sont habituellement équipées de contrepoids, de mâts et de couronnes de rotation de grandes dimensions qui éloignent davantage le point d'appui de la flèche et l'axe de basculement de la grue du centre de gravité.

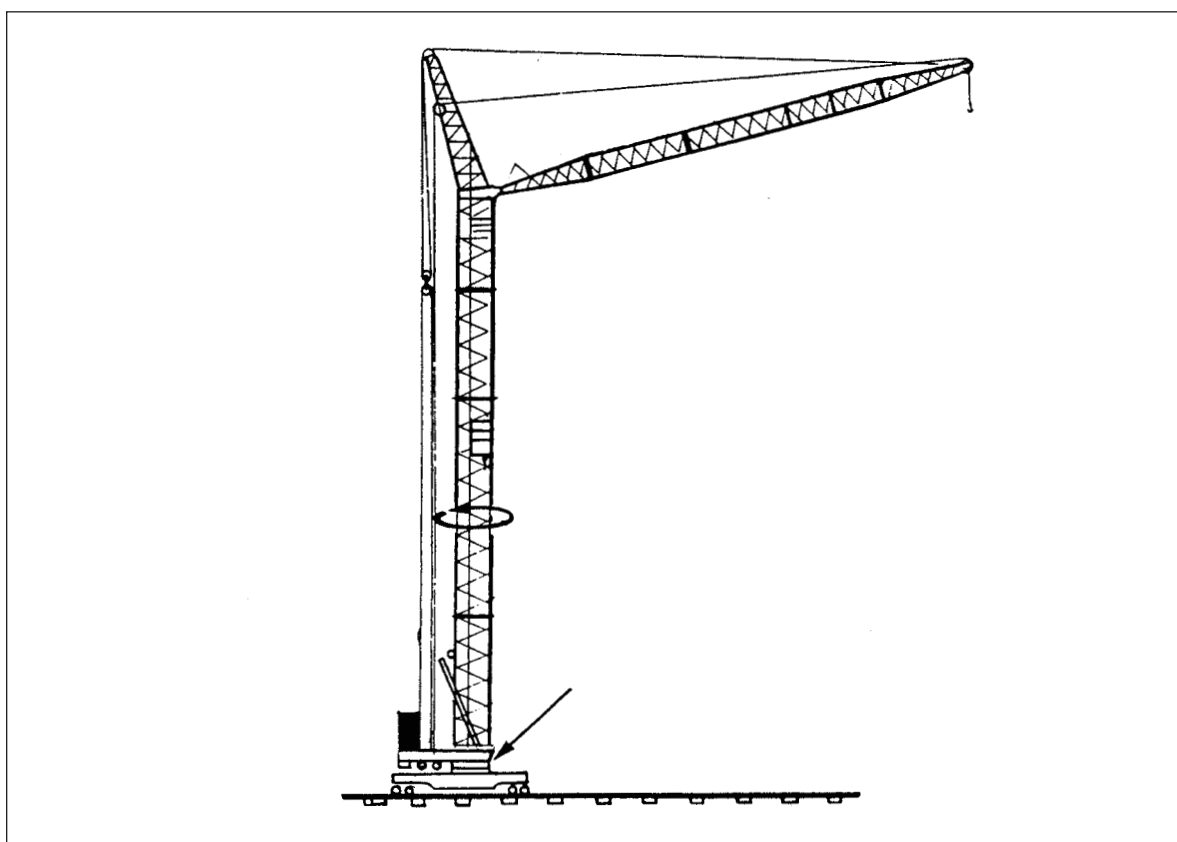


Grues à tour

Configuration à tour fixe



Configuration à tour pivotante



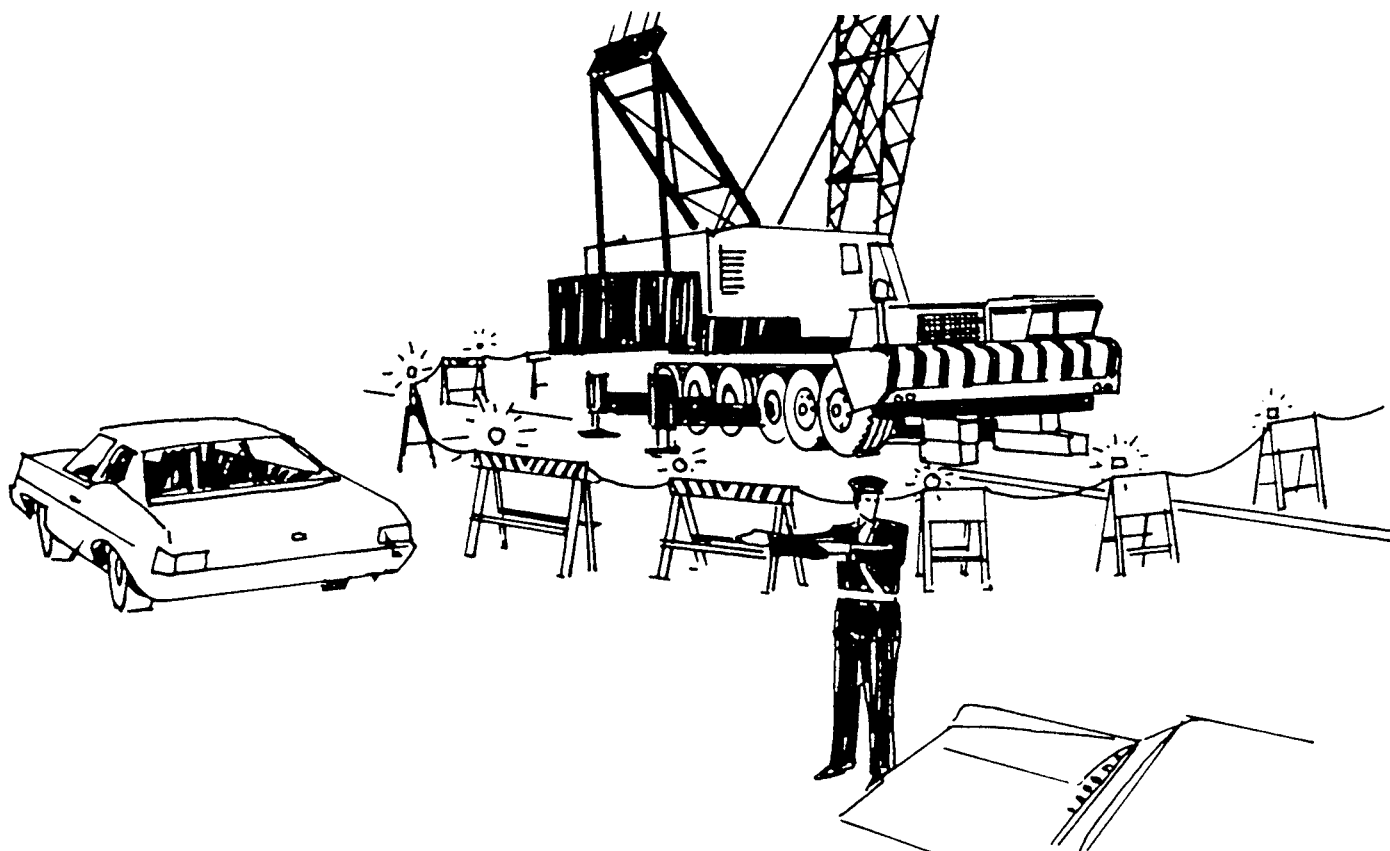
Risques propres aux aires de levage

Plus de 50 % des accidents mettant en jeu une grue mobile sont le fait d'erreurs commises pendant le montage et le démontage de la grue.

Tous ces accidents pourraient être évités en suivant à la lettre les directives de montage et de démontage du constructeur, en utilisant les éléments appropriés et en prenant les précautions d'usage énoncées dans la présente section.

Attention : Il importe de ne pas improviser ni de prendre des raccourcis lors de l'installation d'une grue ; cela pourrait être catastrophique.

Utiliser la liste de contrôle de la page suivante pour passer en revue les facteurs à prendre en compte lors de la planification des opérations de levage et de grutage.



LISTE DE CONTRÔLE PRÉALABLE AUX TRAVAUX

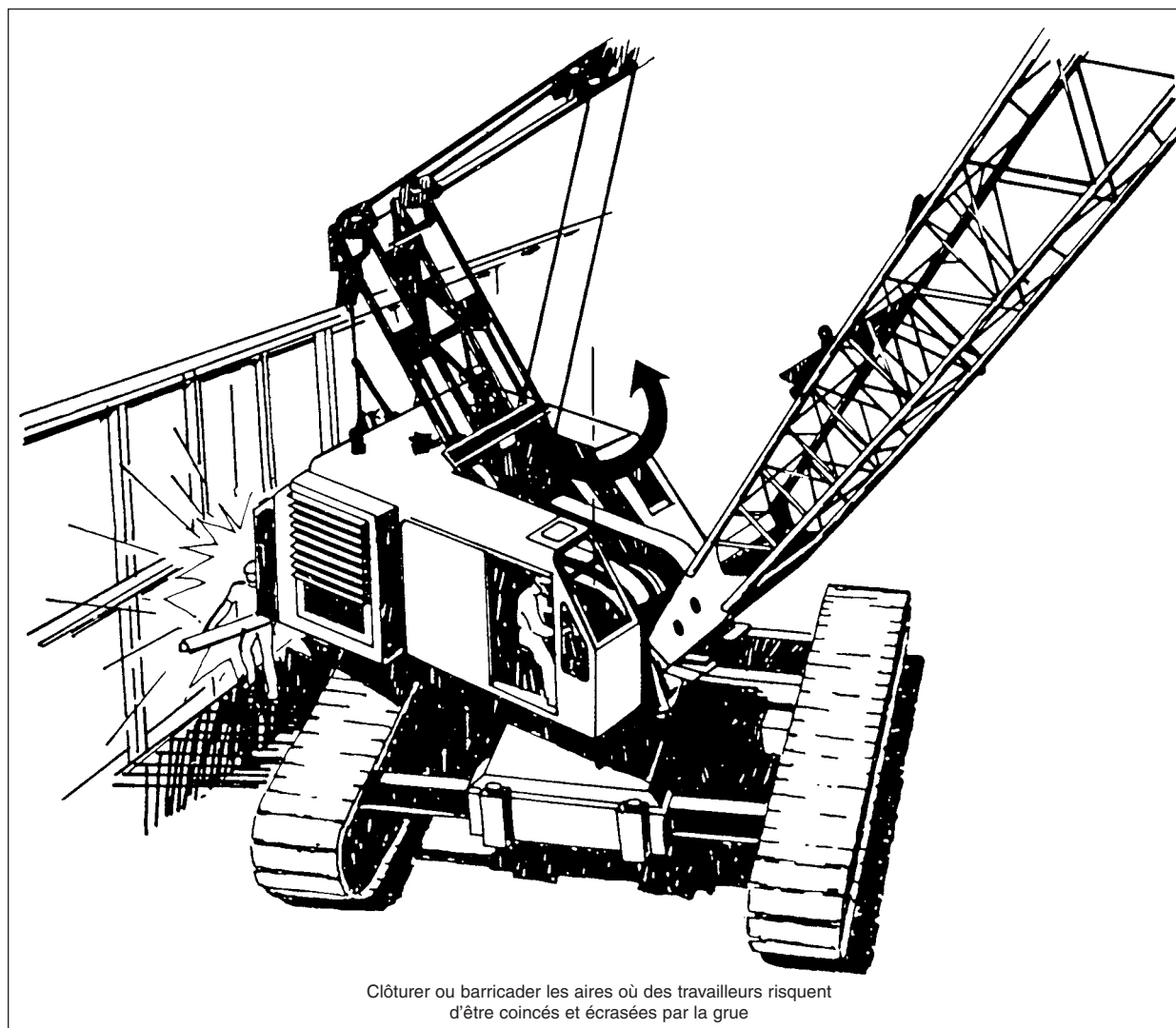
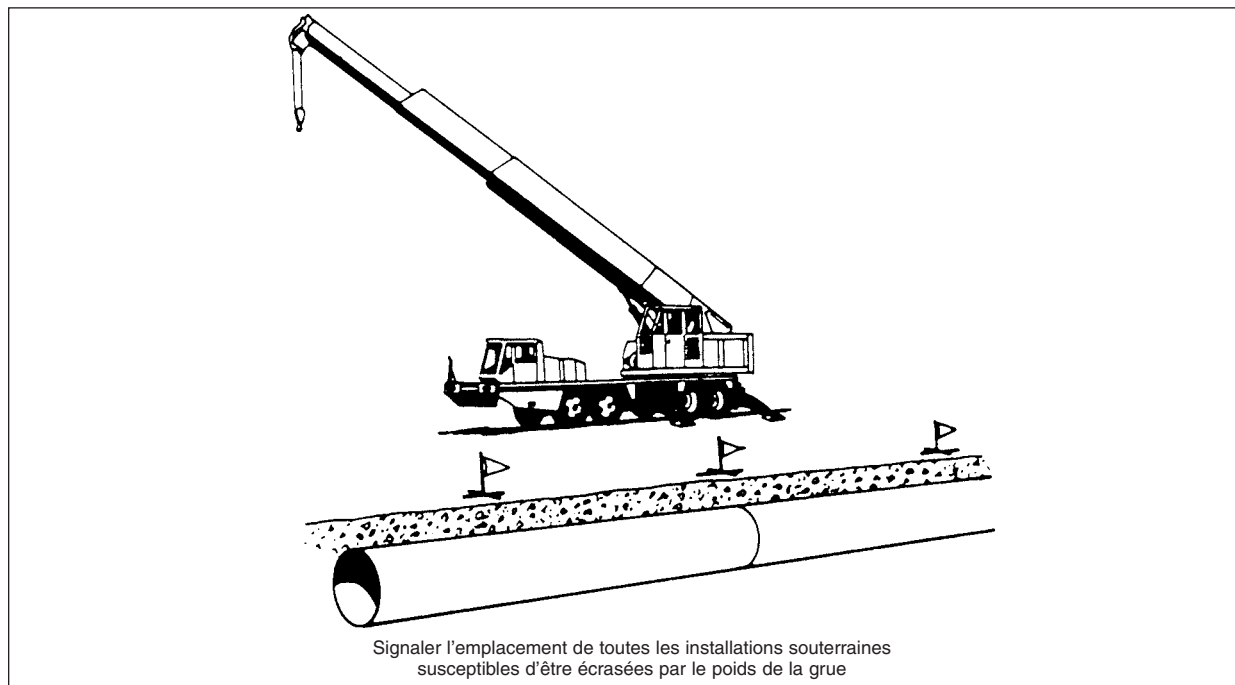
Quiconque requiert un travail devant être effectué par une grue – chef de chantier, contremaître, propriétaire d'immeuble, entrepreneur, architecte ou consultant – a une responsabilité à l'égard de la sécurité des opérations égale à celle du grutier.

Si une aire de travail n'est pas correctement préparée en vue de l'arrivée de la grue, la sécurité du travail sera compromise, quelle que soit la capacité de la grue ou la compétence du grutier. Il importe donc de tenir compte des facteurs suivants.

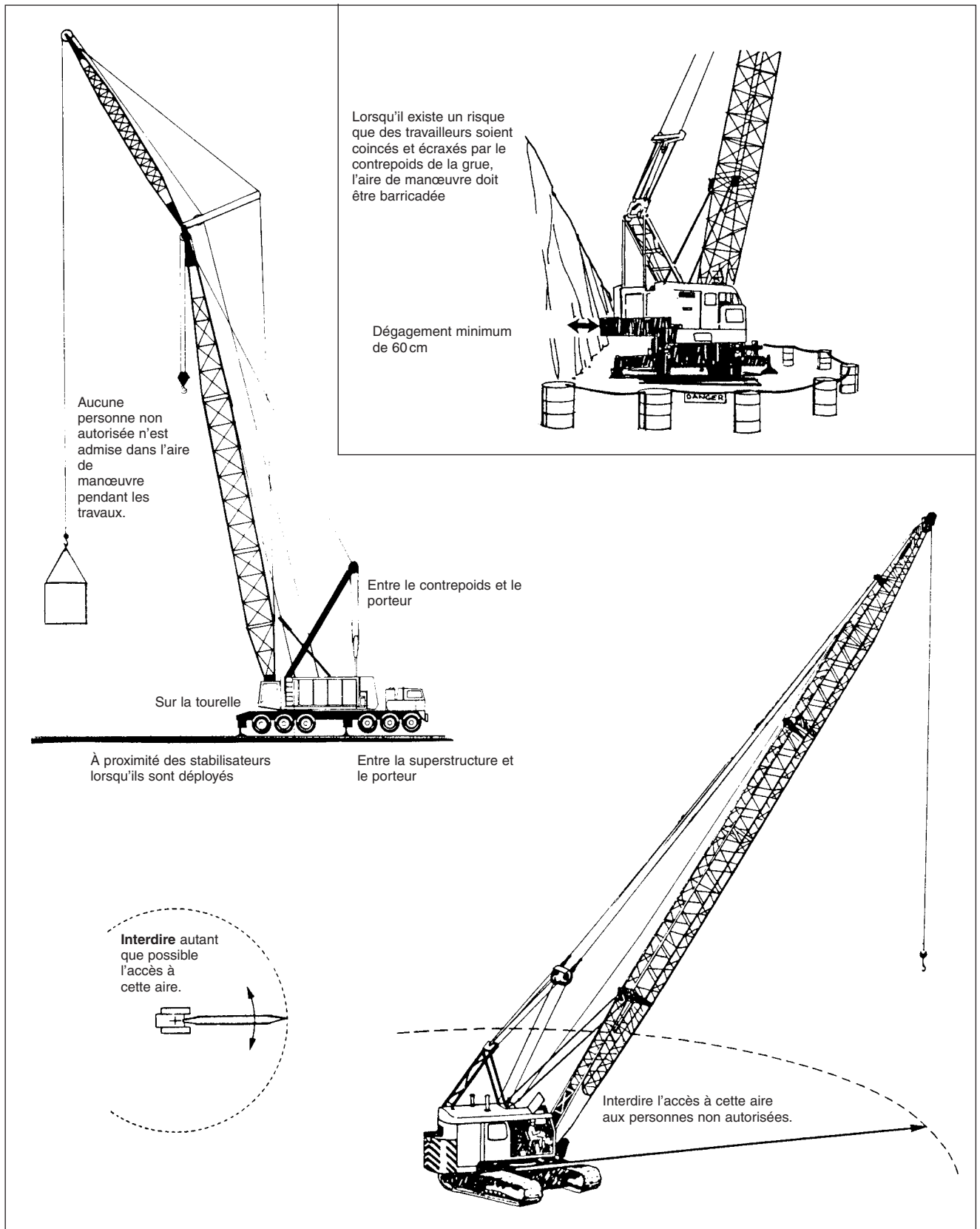
- ☐ La grue peut-elle pénétrer sur le chantier ? La voie d'accès est-elle correctement nivelée et compactée ? La rampe d'accès est-elle trop raide ?
- ☐ La grue doit-elle circuler au-dessus de tuyaux, de puisards, de conduites d'alimentation, etc., qui pourraient être écrasés ?
- ☐ La grue dispose-t-elle d'un espace de manœuvre suffisant à l'endroit où elle doit travailler ? Y a-t-il suffisamment d'espace pour lever ou déployer la flèche ? Les camions qui transportent les sections de flèche peuvent-ils se mettre en position et être déchargés en toute sécurité ? Y a-t-il suffisamment d'espace et de cales pour remiser convenablement les sections de flèche ?
- ☐ Une zone destinée à l'équipe d'installation sera-t-elle désignée et interdite d'accès ? Sera-t-elle suffisamment grande pour que les divers composants puissent y être empilés, manipulés et assemblés sans risquer de blesser les autres travailleurs sur le chantier ?
- ☐ La position de la grue a-t-elle été déterminée pour chaque manœuvre de levage ? Quel sera le rayon de manœuvre maximum ? Y aura-t-il un dégagement d'au moins 60 cm entre le contrepoids et l'objet le plus proche ? Les immeubles ou les structures en place font-ils obstacle ou sont-ils une source de dangers ?
- ☐ Les aires de circulation de la grue sont-elles nivelées, compactées et aplanies ? Sont-elles éloignées des excavations, des tranchées, des sites de coffrage et de remblayage, etc., susceptibles de s'affaisser sous le poids de la grue ou des vibrations ? Les aires de circulation de la grue se trouvent-elles au-dessus de caves, de conduites souterraines, etc., susceptibles de s'effondrer ou d'être écrasées ?
- ☐ L'espace libre et la visibilité risquent-ils de poser des problèmes lorsque d'autres grues, treuils ou équipements seront utilisés sur le chantier ? Les grutiers auront-ils une vue dégagée sur les autres équipements afin d'éviter les risques de collision et d'empêcher les câbles et les charges de s'emmêler ou de s'accrocher ? Les grutiers pourront-ils communiquer directement pour s'avertir les uns les autres de l'imminence d'un danger ? Le programme général des opérations de levage sera-t-il établi, contrôlé et priorisé par une personne en contact avec tous les grutiers et chaque équipe de gréeurs ?
- ☐ Les aires de manœuvre seront-elles éloignées des voies de circulation et d'accès publiques ? Des signaleurs et des panneaux avertisseurs seront-ils utilisés si les manœuvres de la grue risquent d'empiéter sur les aires publiques ? A-t-on pris des dispositions avec les services de police pour contrôler la circulation automobile et piétonnière ?
- ☐ Le grutier a-t-il été averti et a-t-on pris les dispositions nécessaires pour empêcher la grue de travailler à moins d'une longueur de flèche des lignes électriques sans :
 - a) couper l'alimentation,
 - b) faire isoler les lignes, ou
 - c) avoir des signaleurs sur place pour avertir le grutier lorsque la grue ou la charge approche des limites stipulées dans le Règlement concernant les chantiers de construction¹ ?

Tension nominale des lignes électriques	Distance minimale
750 à 150 000 volts	3 mètres
150 001 à 250 000 volts	4,5 mètres
Plus de 250 000 volts	6 mètres

¹ NdT : Au Québec, il est interdit d'utiliser un signaleur comme unique moyen de protection pour guider une grue près d'une ligne électrique sous tension (L.R.Q., chap. S-2.1, r.6, art. 5.2.2).



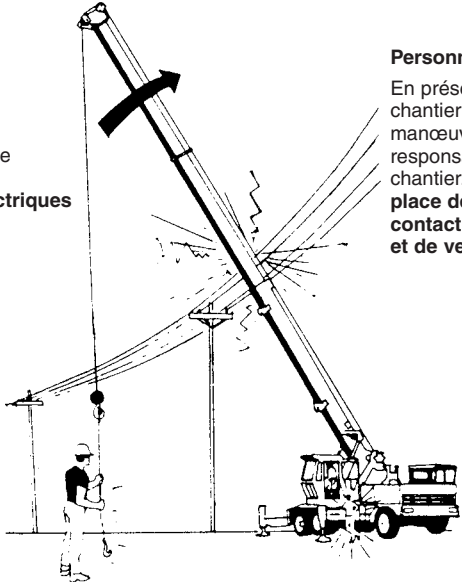
ZONES DANGEREUSES



Travail à proximité des lignes électriques

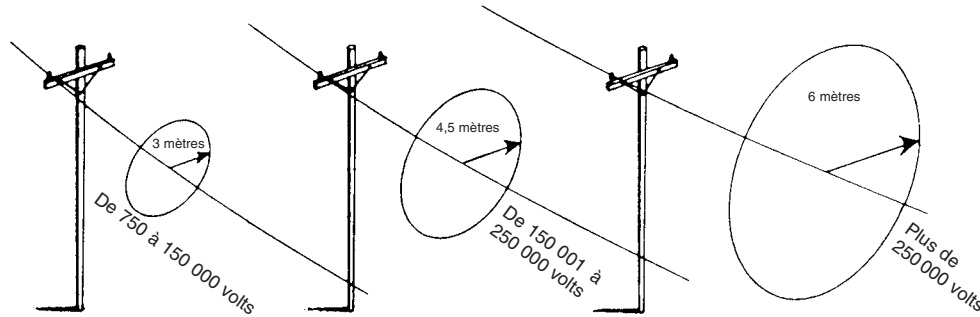
Le contact avec une ligne à haute tension constitue la principale cause de mortalité associée aux travaux de levage. Tous ces accidents peuvent être évités. Les services publics d'électricité peuvent envisager de couper temporairement le courant ou de déplacer la ligne électrique s'ils sont avertis à l'avance des travaux. S'il est impossible de déplacer la ligne ou de couper le courant, **le chef de projet doit alors instaurer les mesures suivantes, qui doivent impérativement être suivies par tous les grutiers.**

Grutier
Avant d'installer la grue ou d'entreprendre quelque manœuvre que ce soit, **vérifier s'il y a présence de lignes électriques** et, dans l'affirmative, **faire montre d'une extrême prudence.**



Personnel de supervision du chantier
En présence de lignes électriques sur le chantier ou à proximité, la sécurité des manœuvres de levage est sous l'entière responsabilité du personnel responsable du chantier. **Il importe donc de mettre en place des mesures destinées à éviter tout contact avec les lignes électriques et de veiller à ce qu'elles soit observées.**

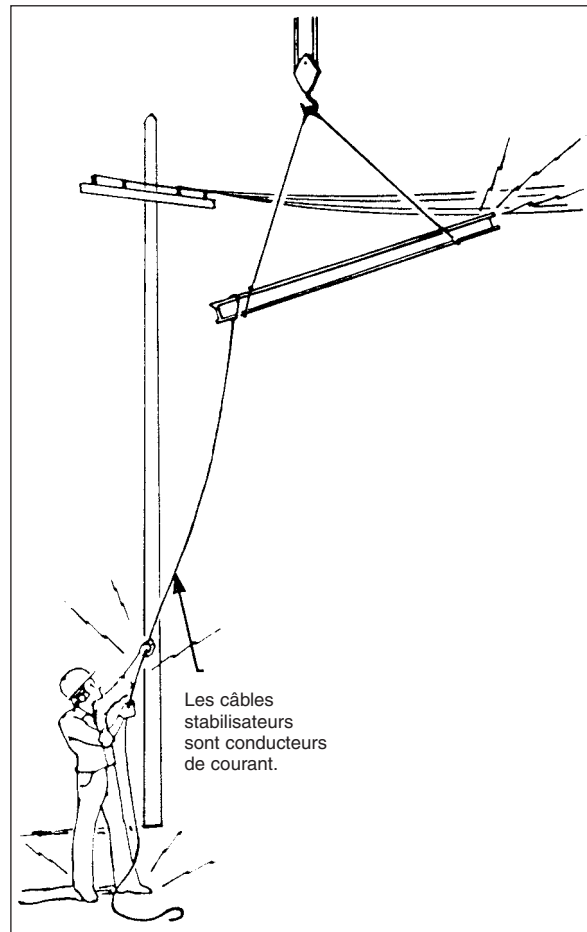
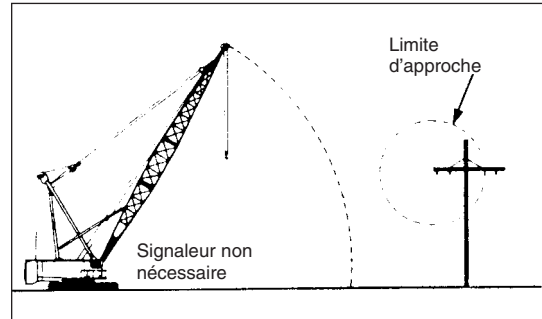
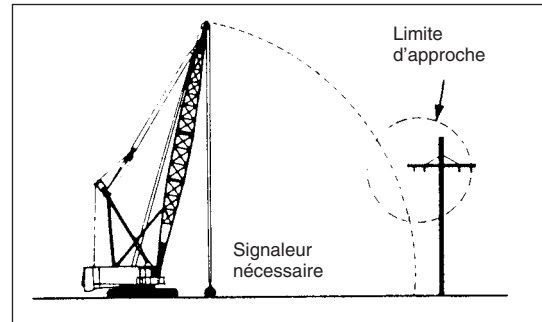
Planification des travaux
C'est à l'étape de la planification des travaux, après un premier survol du chantier par l'entrepreneur, qu'il convient d'aborder les problèmes posés par les lignes électriques. Une solution appropriée au problème doit être mise en œuvre avant l'arrivée de la grue, afin de ne pas retarder les travaux et d'éviter les risques d'accident.



- 1) **Garder une bonne distance.** Le périmètre de sécurité qui entoure les lignes électriques s'appelle la limite d'approche absolue. Il est strictement interdit de faire pénétrer la flèche d'une grue, le câble de levage ou la charge dans ce périmètre à moins que la ligne électrique n'ait été mise hors tension. Cette interdiction ne comporte aucune exception. La limite d'approche absolue varie selon la législation ou la réglementation locale, provinciale ou fédérale en vigueur, ou selon les recommandations des constructeurs, mais elle est généralement analogue aux valeurs illustrées ci-dessous
- 2) Traiter tous les fils et appareils électriques comme s'ils étaient sous tension tant qu'une confirmation fiable du contraire n'a pas été obtenue.

Travail à proximité des lignes électriques (suite)

- 3) Informer les services publics du moment et de l'endroit où une grue doit travailler à proximité d'une ligne électrique.
- 4) Faire appel à un signaleur qualifié lorsqu'une grue se trouve à moins d'une longueur de flèche d'une ligne électrique². Le signaleur doit avertir le grutier lorsque la grue approche de la ligne, car le grutier peut ne pas être en mesure d'évaluer correctement la distance. Le signaleur ne doit remplir aucune autre fonction pendant que la grue travaille à proximité de la ligne électrique.
- 5) Ne pas se fier à la protection offerte par les tiges de mise à la terre, car elle est pratiquement inexistante. Une personne qui touche à la grue ou à la charge absorbera suffisamment de courant pour la tuer en dépit de la présence des meilleures tiges de mise à la terre qui soient.
- 6) Ne pas se fier aux dispositifs limiteurs de portée, isolants à crochet, protecteurs de flèche isolants, interrupteurs de limite de pivotement ou tout autre dispositif analogue, car chacun possède d'importantes limitations³.
- 7) À l'exception du grutier, éloigner tout le personnel à bonne distance de la grue lorsqu'elle travaille à proximité d'une ligne électrique. Interdire à quiconque se tient sur le sol de toucher à la grue.
- 8) Ne laisser personne toucher à la charge, à la grue ou au crochet de la grue tant que le signaleur n'indique pas qu'il est sécuritaire de le faire.
- 9) Éviter d'utiliser des câbles stabilisateurs sauf lorsque la charge risque, en tournoyant, de toucher à une ligne électrique. (**Note** : bien que tous les câbles soient conducteurs de courant, les câbles en polypropylène secs offrent de meilleures propriétés isolantes que la plupart des câbles disponibles dans le commerce.)
- 10) Ralentir le cycle de manœuvre de la grue en réduisant les vitesses de levage, de déploiement, de rotation et de translation.

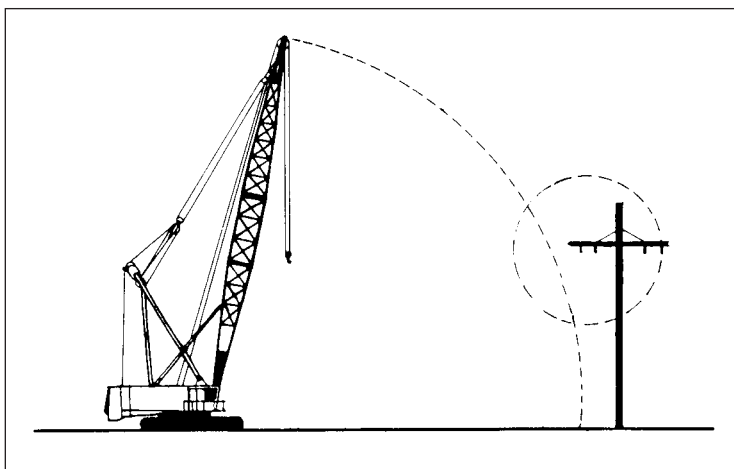
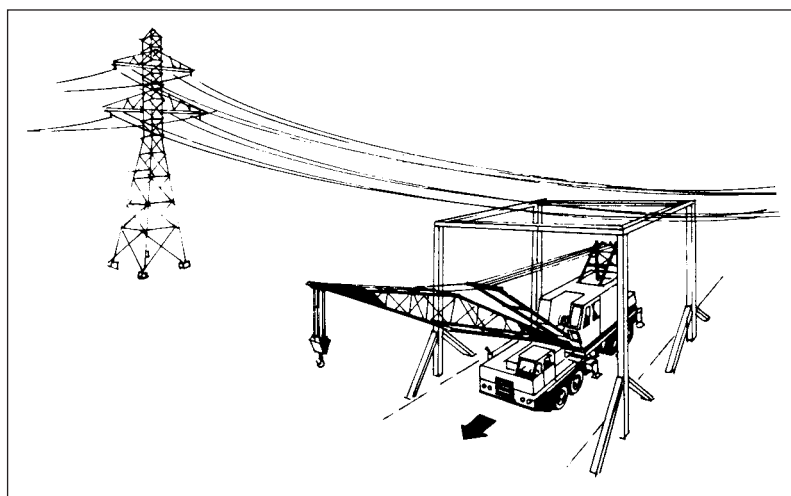
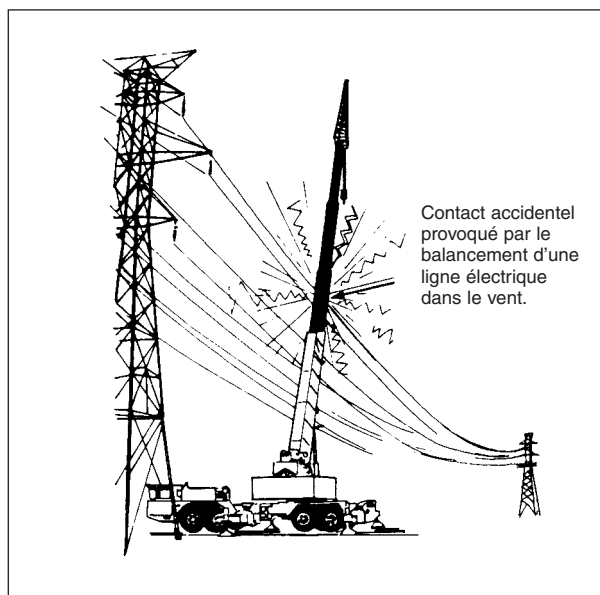


² NdT : Au Québec, on doit utiliser un dispositif limiteur de portée dans une situation semblable (L.R.Q., chap. S-2.1, r.6, art. 5.2.2).

³ Idem.

Travail à proximité des lignes électriques (suite)

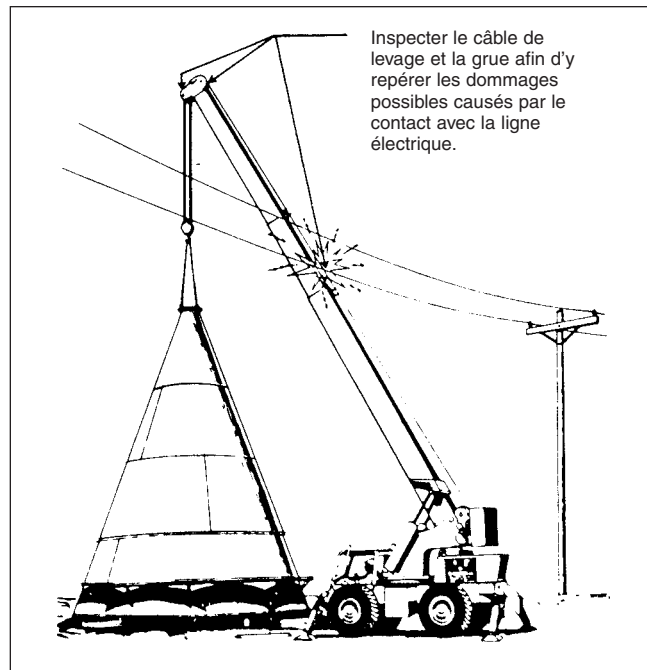
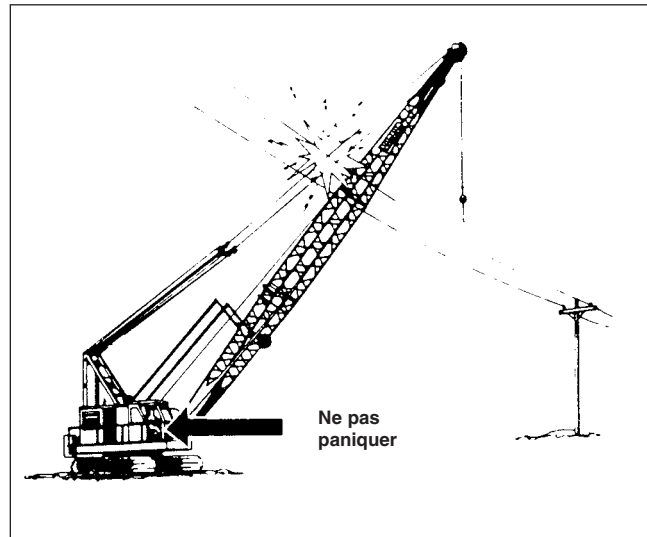
- 11) Faire preuve de prudence en travaillant à proximité de lignes électriques aériennes ayant une longue portée entre les pylônes, car les câbles ont tendance à se balancer par vent latéral et peuvent entrer accidentellement en contact avec la grue.
- 12) Faire preuve de prudence en déplaçant la grue sur un sol inégal, car les cahotements pourraient provoquer un contact entre la flèche et une ligne électrique.
- 13) Lorsqu'une grue doit passer fréquemment sous une ligne électrique, jalonner de manière bien visible la voie à suivre et installer des portiques de chaque côté de la traverse afin de s'assurer que la superstructure de la grue est abaissée à une hauteur sécuritaire.
- 14) Le grutier ne doit pas quitter la grue si la flèche risque de pénétrer dans la limite d'approche lorsqu'elle est abaissée.



Travail à proximité des lignes électriques (suite)

EN CAS DE CONTACT

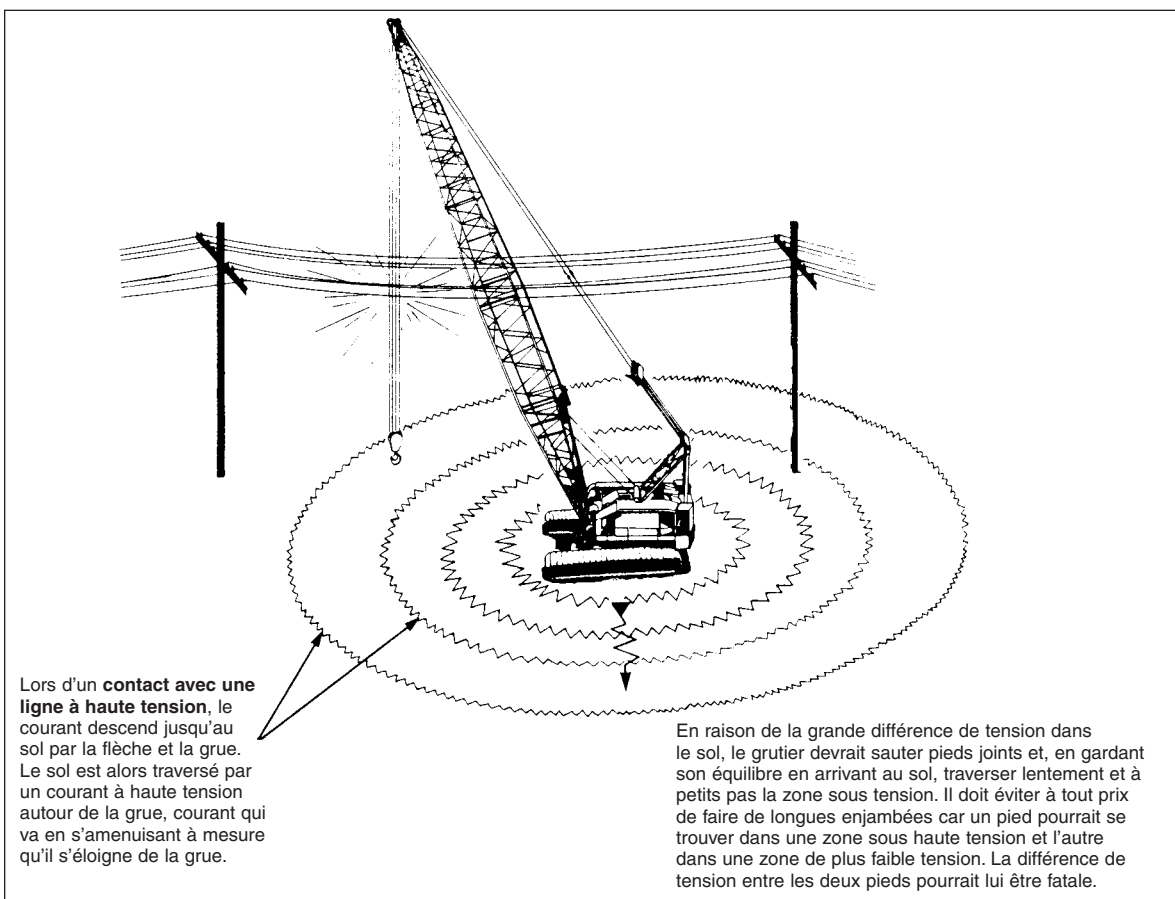
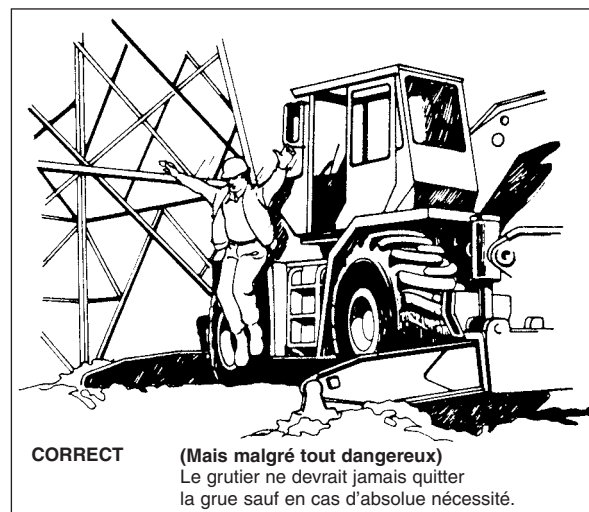
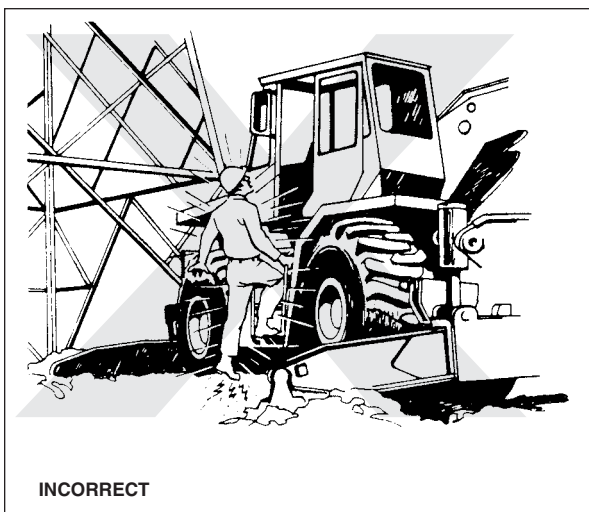
- 1) Demeurer dans la cabine **sans céder à la panique**. Si l'on est en mesure de réaliser ce qui s'est produit, cela signifie qu'on est en sécurité là où l'on se trouve.
- 2) Éloigner toutes les autres personnes de l'équipement, des câbles et de la charge, car toute la grue ainsi que la charge et le sol environnant sont « sous tension ».
- 3) Sans aide et sans que quiconque ne s'approche de la machine, essayer de dégager la grue. Éloigner la grue de la ligne électrique en sens inverse de celui qui a occasionné le contact (par exemple, si le contact s'est produit par suite d'une rotation vers la gauche, faire une rotation vers la droite pour rompre le contact). Il faut savoir que lorsqu'un arc électrique se forme, il peut être nécessaire de se déplacer sur une distance considérable avant de le rompre. En conséquence, continuer d'éloigner la grue jusqu'à ce qu'elle soit à au moins 3 à 5 mètres de la ligne électrique. *Attention*: si les câbles de la grue semblent être soudés à la ligne électrique, ne pas tenter de s'en éloigner car la ligne pourrait se rompre et fouetter l'espace environnant. Ne pas bouger jusqu'à l'arrivée des secours.
- 4) Si la grue ne peut être éloignée ou si le contact avec la ligne électrique ne peut être rompu, le grutier doit demeurer à l'intérieur de la cabine jusqu'à ce que les responsables des services publics aient mis la ligne hors tension et confirmé que tout danger est écarté.
- 5) Faire une inspection complète de la grue pour vérifier si des dommages ont été occasionnés par le contact électrique. Les câbles métalliques ayant touché à la ligne électrique devraient être remplacés, car l'arc électrique est en général suffisamment puissant pour souder le câble, le faire fondre ou le piquer gravement. La section endommagée du câble donnera l'impression d'avoir été brûlée au chalumeau.
- 6) Le grutier doit signaler aux services publics d'électricité et à l'inspecteur en sécurité tout incident ayant occasionné un contact avec une ligne électrique sous tension afin que les inspections et les réparations qui s'imposent soient effectuées pour éviter une éventuelle chute de la ligne électrique endommagée.



Travail à proximité des lignes électriques (suite)

Procédure d'évacuation

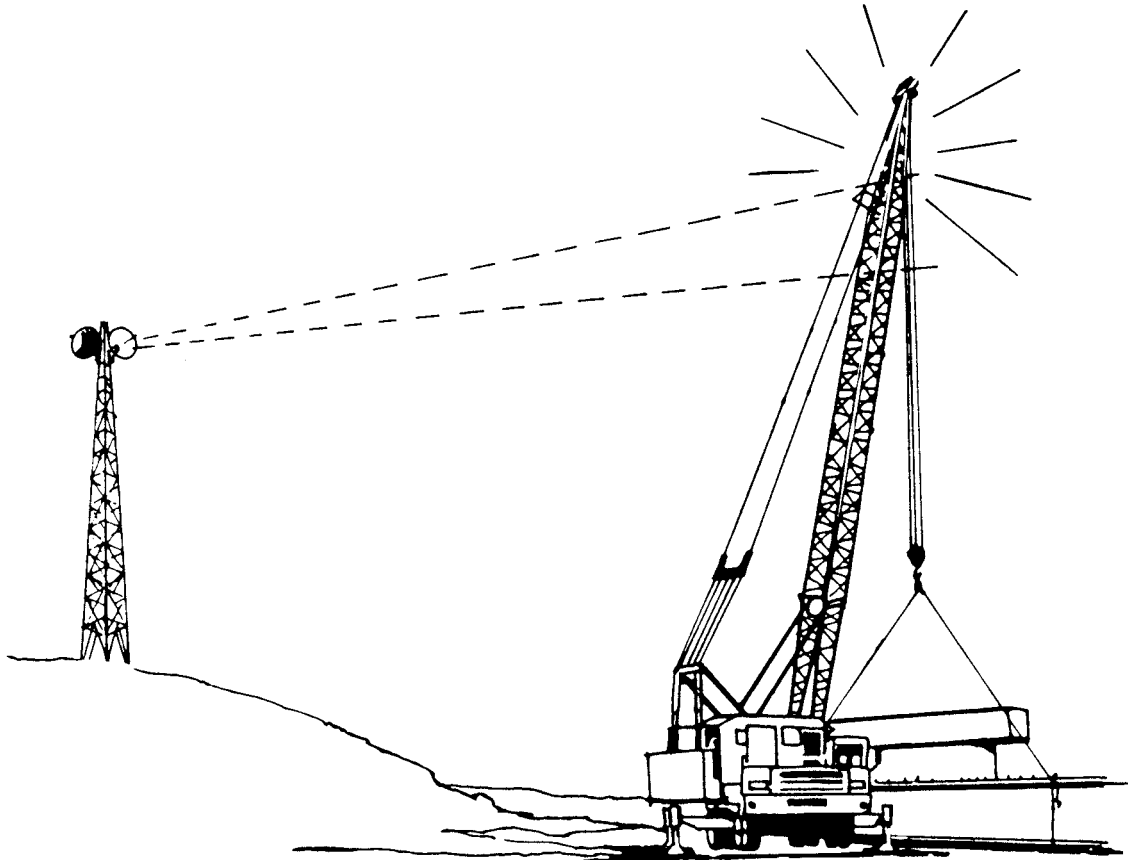
Si le grutier décide de sortir de la grue, il doit sauter loin de la cabine. Il ne doit jamais en descendre par les marches afin de ne pas toucher au sol alors qu'une autre partie de son corps est encore en contact avec la grue.



Travail à proximité de tours de transmission

Dans les manœuvres à proximité de tours de transmission d'ondes radio, de signaux de télévision ou de micro-ondes, il peut arriver que la flèche et la charge deviennent électrisées. La flèche agit en effet comme une antenne et se charge de courant. Une telle situation n'est pas dangereuse en comparaison d'un contact avec une ligne électrique, mais elle peut causer des brûlures aux personnes qui manipulent la charge. Le plus grand danger que courent les travailleurs se produit lorsque la secousse électrique les fait « sursauter » et tomber ou trébucher.

La mise à la terre de la grue n'offre pour ainsi dire aucune protection. La seule véritable solution consiste à installer une sangle de fibres synthétiques entre la charge et les moufles mobiles de la grue. Celle-ci agit comme isolateur entre les gréeurs et la grue et les protège ainsi des risques de brûlure. Le grutier ne court aucun risque lorsqu'il se trouve dans la cabine mais devrait porter des gants de caoutchouc lorsqu'il la quitte ou y pénètre.



Facteurs influençant la capacité de la grue

Les capacités de levage ainsi que les autres renseignements fournis dans les tableaux des charges de levage des grues s'appuient sur des conditions quasi parfaites qu'on ne retrouve pratiquement jamais en temps normal.

Il est donc essentiel d'apprendre à calculer correctement la capacité de levage au moyen de ces tableaux et à reconnaître les facteurs susceptibles de réduire la capacité de la grue indiquée dans ces tableaux.

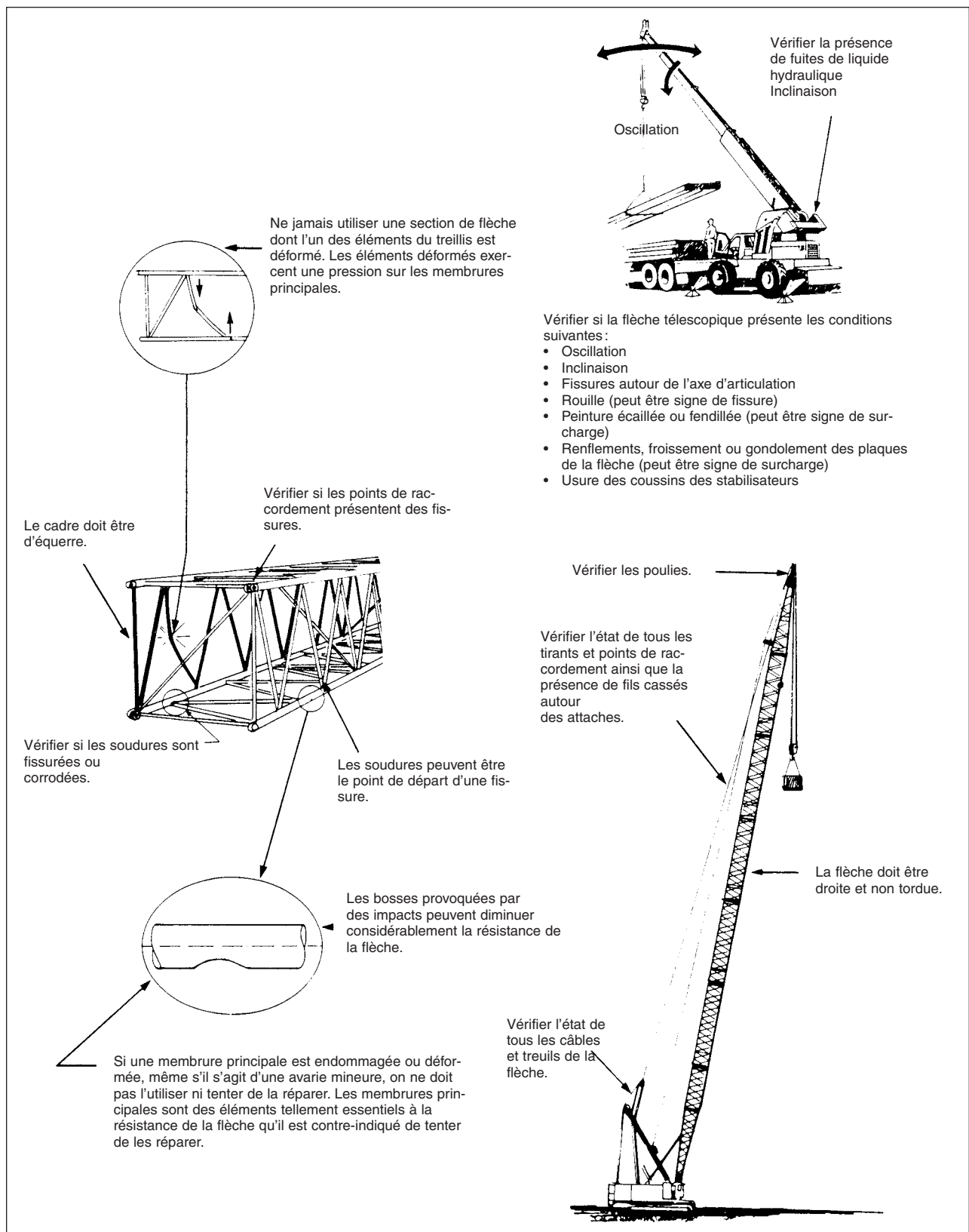
Ces facteurs, qui sont décrits plus loin, comprennent les éléments suivants :

- piètre état de la grue
- variation de l'angle de la flèche
- variation du rayon de levage
- indication erronée de l'angle de la flèche au cours de manœuvres critiques
- zones de travail
- aire de travail
- pneus non soulevés du sol
- division de l'aire de travail en zones de travail
- usage incorrect des stabilisateurs
- sol meuble
- grue qui n'est pas de niveau
- charge latérale
- augmentation du rayon de levage
- rotation rapide
- force d'impact
- accélération ou décélération rapide de la charge
- manœuvres à fréquence élevée
- vents à haute vitesse

La description de chacun de ces facteurs s'accompagne d'une illustration montrant la configuration appropriée.

Piètre état de la grue

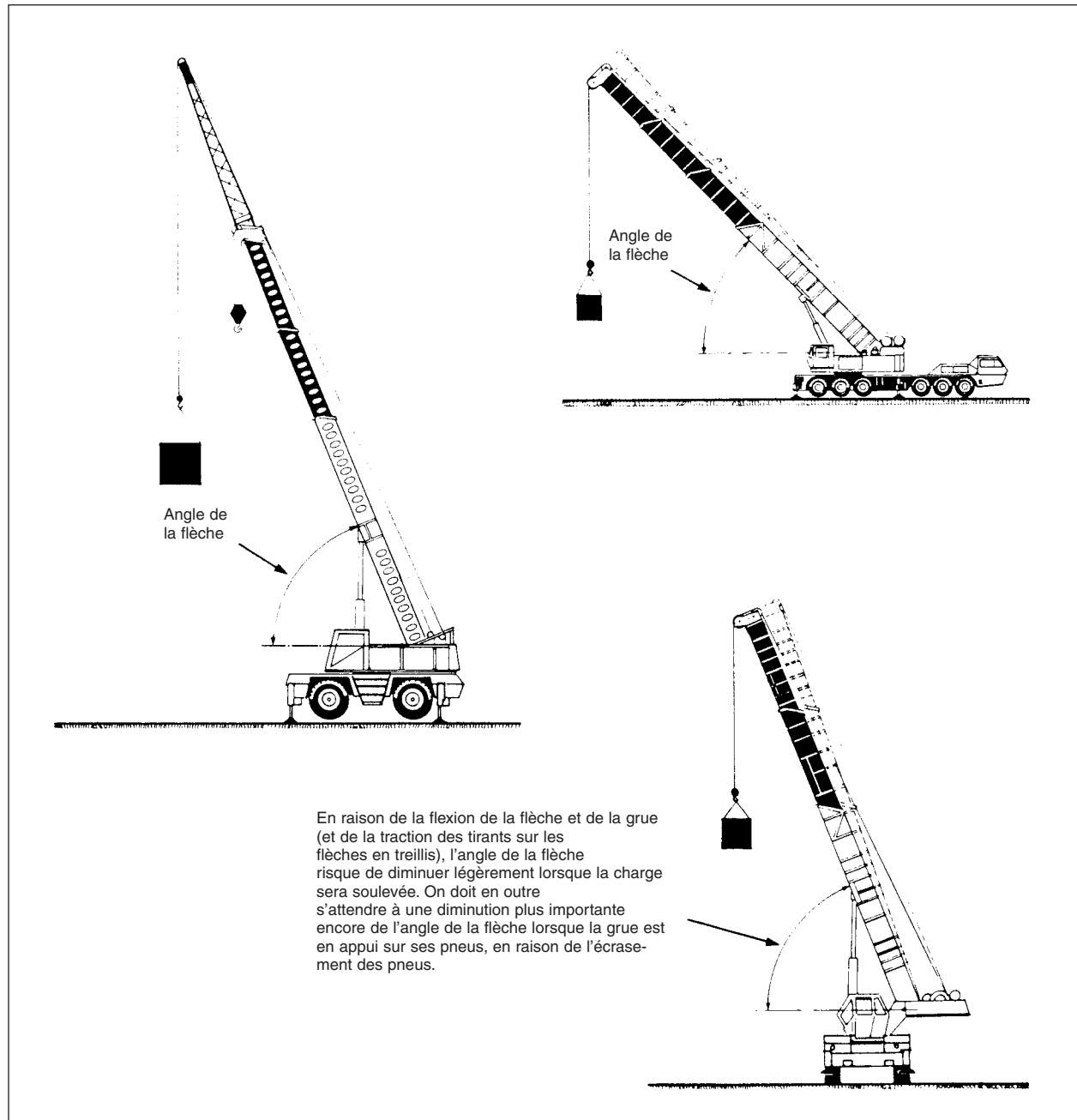
Les valeurs nominales indiquées dans les tableaux des charges de levage ne s'appliquent qu'aux grues entretenues « à l'état neuf » conformément aux directives du constructeur. La flèche est l'un des éléments les plus critiques de la grue et doit donc être en parfait état en tout temps.



Angle de la flèche

Les capacités indiquées dans le tableau des charges de levage se fondent également sur l'angle de la flèche par rapport au sol et varient en fonction de celui-ci.

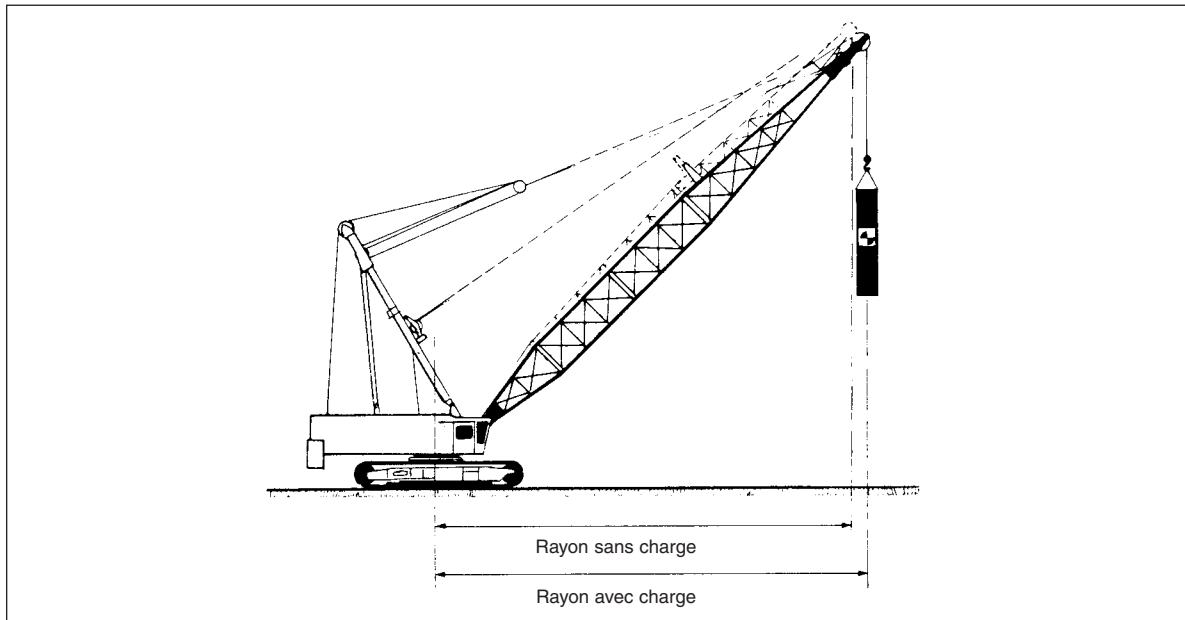
Dans le cas des grues à flèche télescopique, l'angle de la flèche correspond à l'angle formé par la base du pied de la flèche principale et le plan horizontal lorsque la flèche porte une charge.



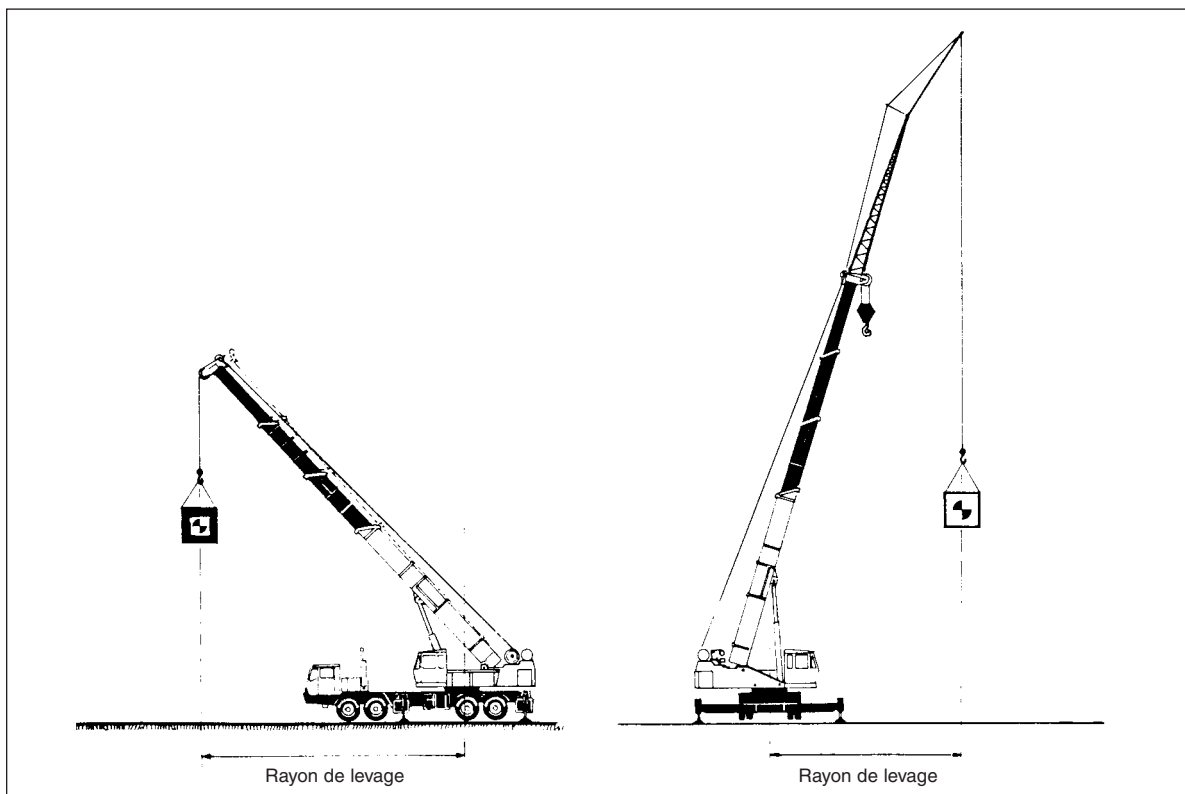
Rayon de levage

Les capacités indiquées dans le tableau des charges de levage se fondent également sur le rayon de levage et varient en fonction de celui-ci.

Le rayon de levage est la distance horizontale mesurée entre le centre de rotation de la grue (axe de rotation) et le crochet de levage (centre de gravité de la charge) lorsque la flèche porte une charge.



En raison de la flexion de la flèche et de la grue, ainsi que de la traction des tirants, on doit s'attendre à ce que le rayon de levage augmente lorsque la charge est soulevée du sol. On doit en outre s'attendre à une augmentation plus importante encore du rayon de levage lorsque la grue est en appui sur ses pneus, en raison de l'écrasement des pneus.

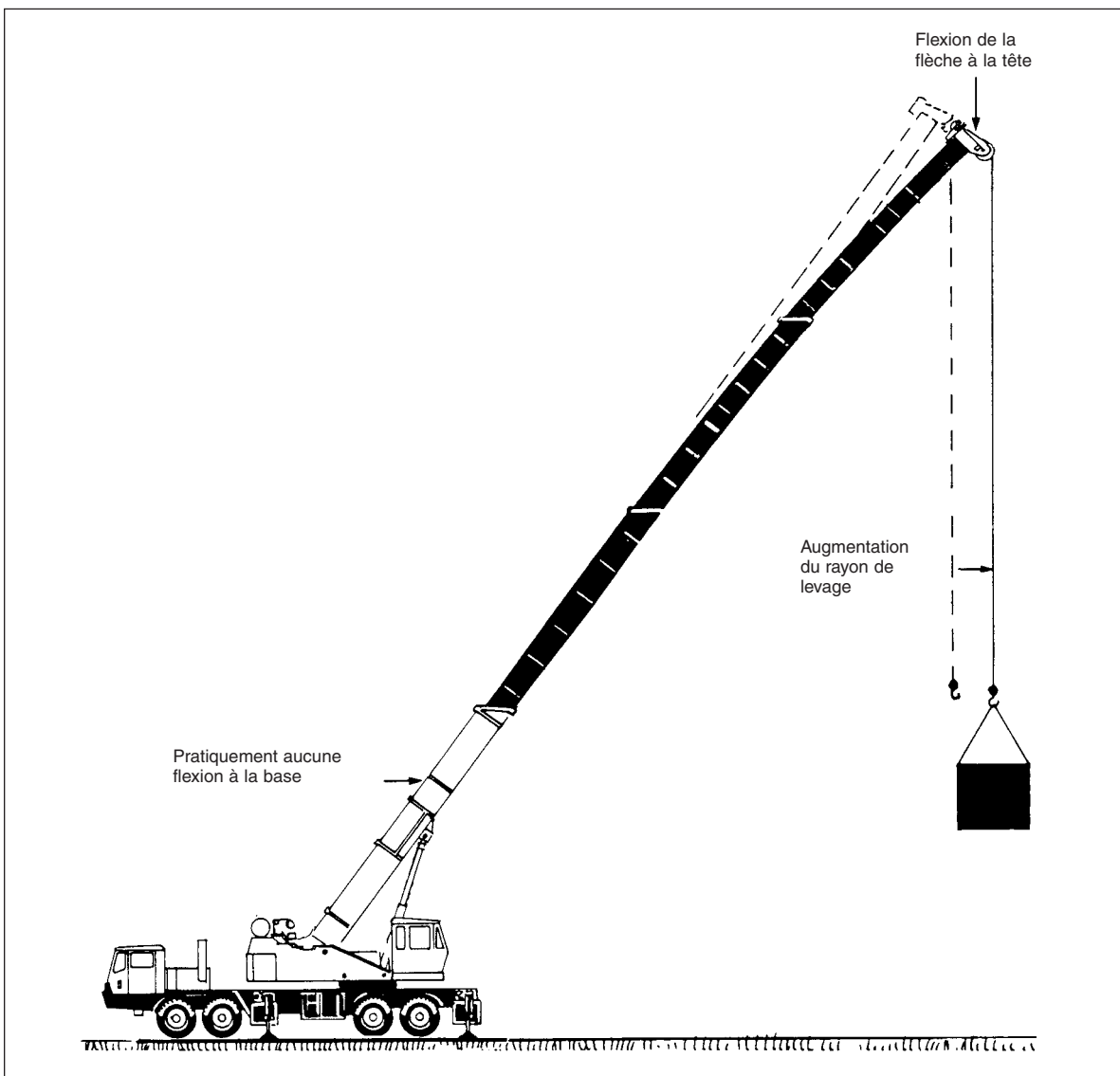


Indicateurs d'angle de flèche et manœuvres critiques

Toutes les grues mobiles doivent être équipées d'indicateurs d'angle. Toutefois, il ne faut pas se fier à la précision de leurs indications au cours de manœuvres critiques pour les raisons suivantes :

- Les indicateurs d'angle peuvent donner une erreur de lecture pouvant aller jusqu'à 2 degrés d'angle, ce qui peut influencer considérablement sur la charge indiquée dans le tableau des charges de levage.
- Étant installés à la base de la flèche, les indicateurs d'angle ne tiennent pas compte de la flexion de la flèche lorsqu'une lourde charge y est accrochée, surtout lorsque les plaques d'usure sont excessivement usées. Par conséquent, l'angle de la flèche peut être en réalité plus petit que celui affiché sur l'indicateur.

L'angle de flèche affiché par les indicateurs au cours des manœuvres critiques peut être trompeur. Dans la mesure du possible, il convient plutôt de se fier au rayon de levage ou, si l'on doit tenir compte de l'angle de la flèche (lorsque l'on utilise une fléchette par exemple), de tenir pour acquis que l'angle réel de la flèche est plus bas que celui affiché sur l'indicateur.

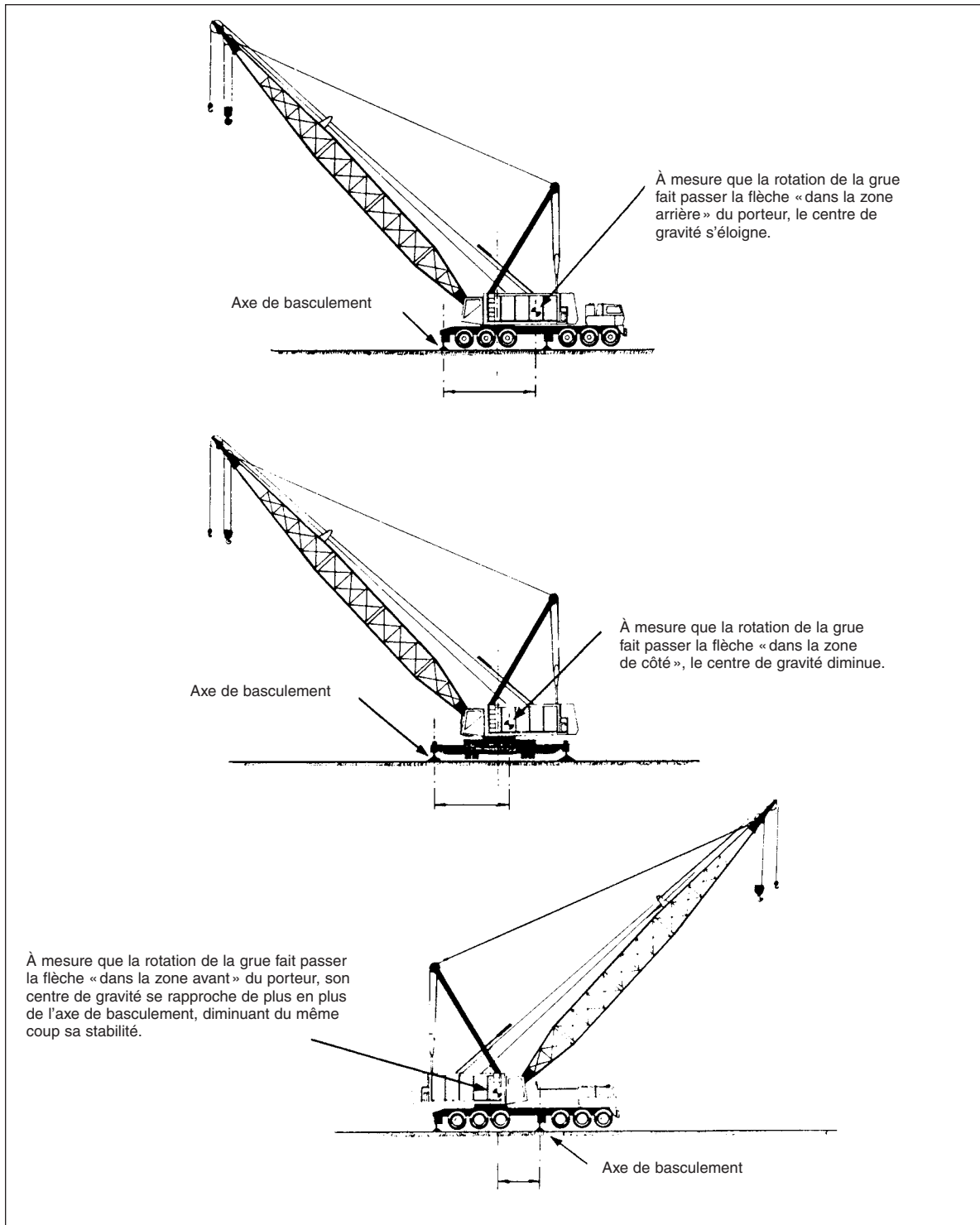


Importance des zones de travail

Le centre de gravité et la capacité d'une grue changent au cours de la rotation de la superstructure et sont également influencés par la position de l'axe de basculement. Ces facteurs peuvent faire en sorte de déstabiliser la grue pendant les manœuvres.

Afin d'assurer une stabilité uniforme de la grue sans égard à la position de la superstructure par rapport au porteur, le constructeur règle la capacité de la grue en fonction de la zone de travail.

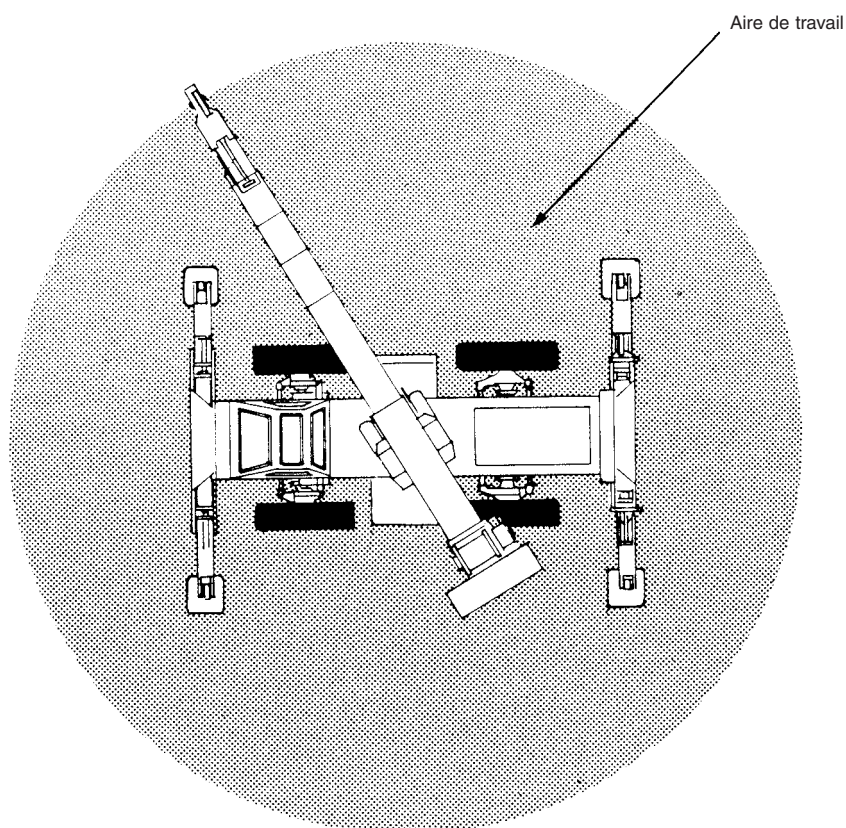
Ces changements de capacité sont indiqués par zone de travail dans le tableau des charges.



Aire de travail

L'aire de travail représente la zone totale au-dessus de laquelle passe la flèche de la grue.

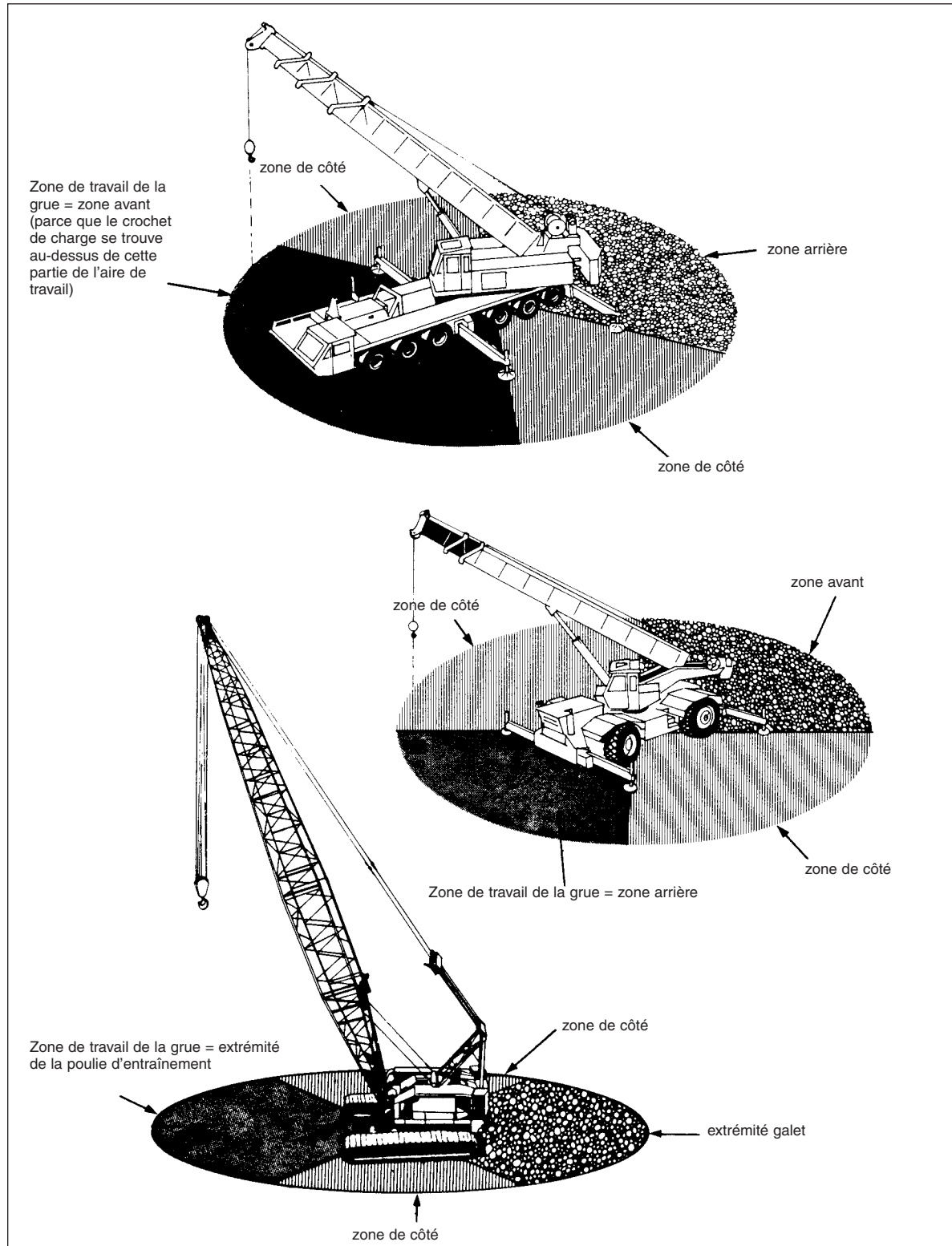
L'aire de travail se divise en aires de manœuvre appelées zones de travail. La capacité de la grue s'établit sur ces zones de travail.



Division de l'aire de travail en zones de travail

On dit d'une grue qu'elle se trouve dans une zone de travail en particulier lorsque le crochet de charge se trouve dans cette portion de l'aire de travail.

Attention – Certaines marques et certains modèles de grue ne peuvent pas évoluer dans toutes ces zones de travail. Les diagrammes sont présentés uniquement à titre de référence. Il convient de consulter les tableaux des charges de levage pour connaître les zones de travail dans lesquelles peut évoluer un modèle précis de grue.



Usage incorrect des stabilisateurs

Les valeurs indiquées dans les tableaux des charges de levage pour les grues mobiles sur porteur et pour les grues tout-terrains ne s'appliquent qu'à deux configurations :

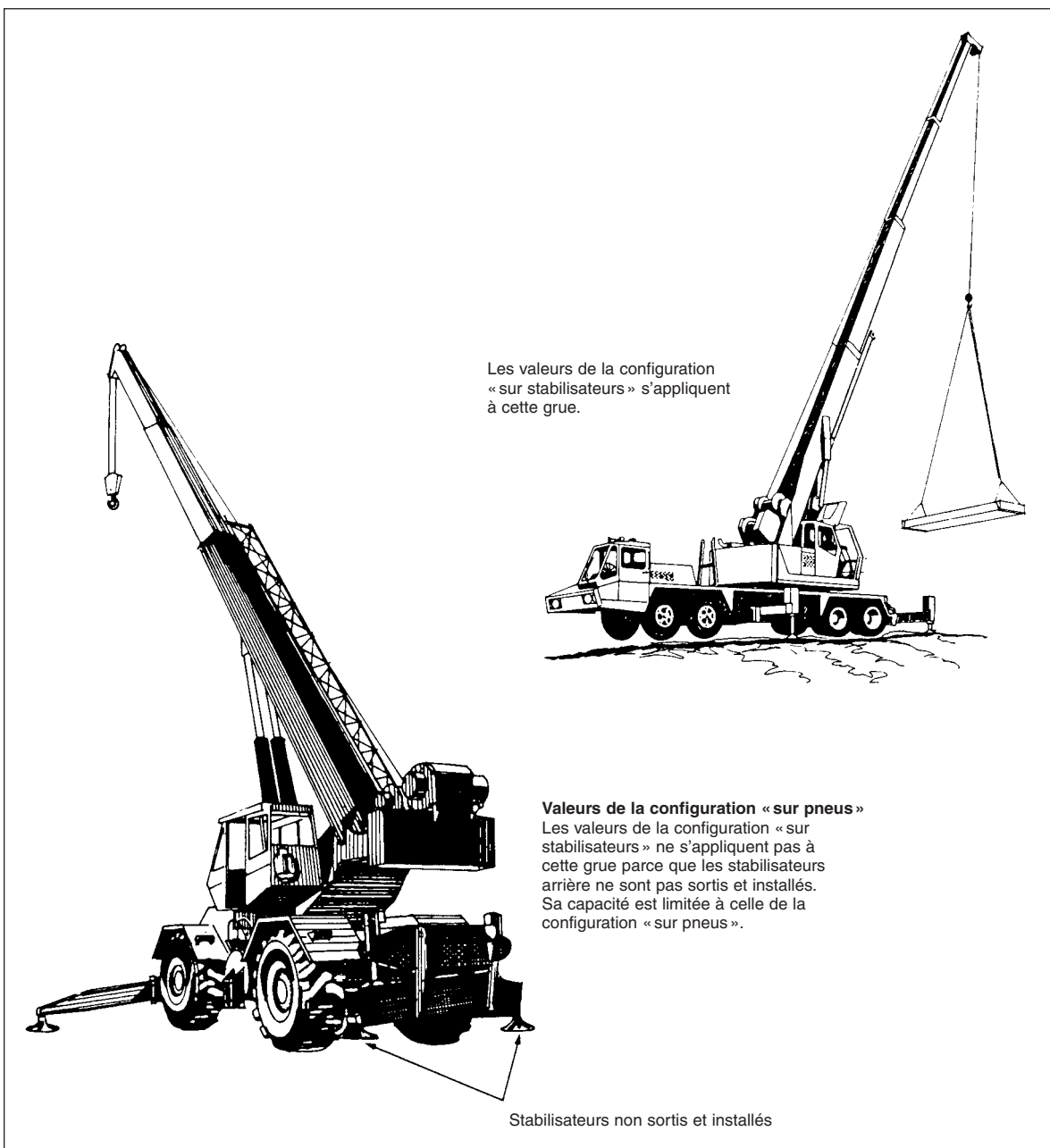
- sur stabilisateurs ;
- sur pneus.

Configuration « sur stabilisateurs »

Les valeurs des tableaux des charges de levage s'appliquent uniquement lorsque :

- les poutres de tous les stabilisateurs sont en extension complète ;
- aucun des pneus ne touche au sol.

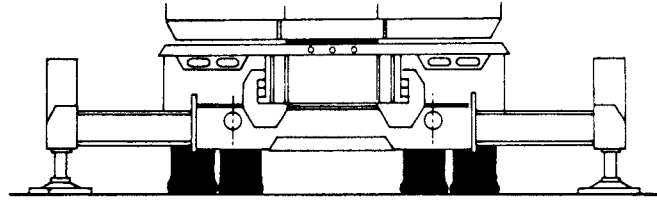
À moins que ces deux conditions ne soient remplies, les valeurs applicables à la capacité de la grue sont celles de la configuration « sur pneus ». Il n'existe pas de valeurs intermédiaires.



Usage incorrect des stabilisateurs (suite)

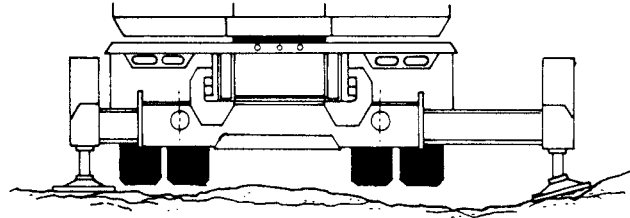
Valeurs de la configuration « sur pneus »

Les valeurs de la configuration « sur stabilisateurs » ne s'appliquent pas à cette grue parce que les pneus du porteur touchent au sol.



Valeurs de la configuration « sur pneus »

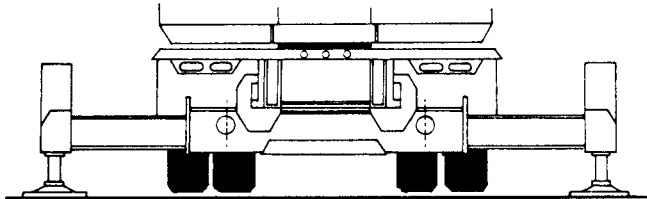
Les valeurs de la configuration « sur stabilisateurs » ne s'appliquent pas à cette grue parce que les poutres des stabilisateurs ne sont pas TOUTES en extension complète.



Valeurs de la configuration « sur stabilisateurs »

Les valeurs de la configuration « sur stabilisateurs » s'appliquent à cette grue parce que :

- les poutres de tous les stabilisateurs sont en extension complète ;
- aucun pneu ne touche au sol.

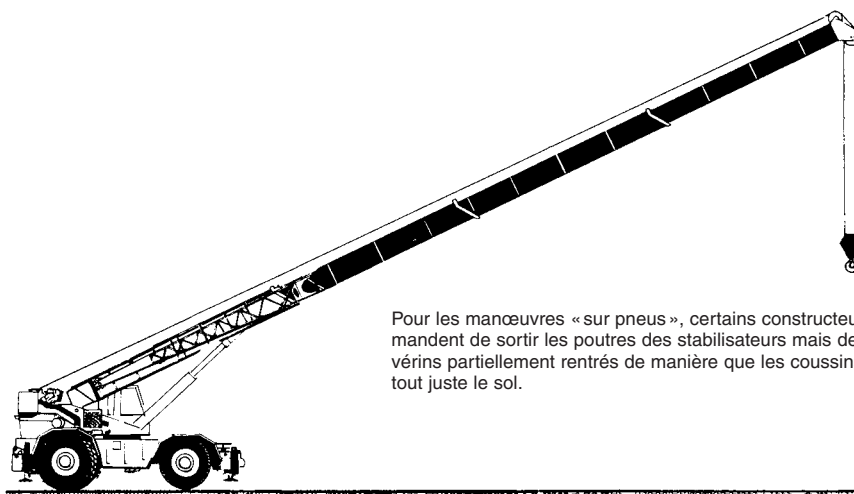


Les pneus doivent tout juste dégager le sol afin que la longueur des vérins soit la plus courte possible pour limiter l'effet d'oscillation.

Configuration « sur pneus »

Les valeurs des tableaux des charges de levage s'appliquent uniquement lorsque :

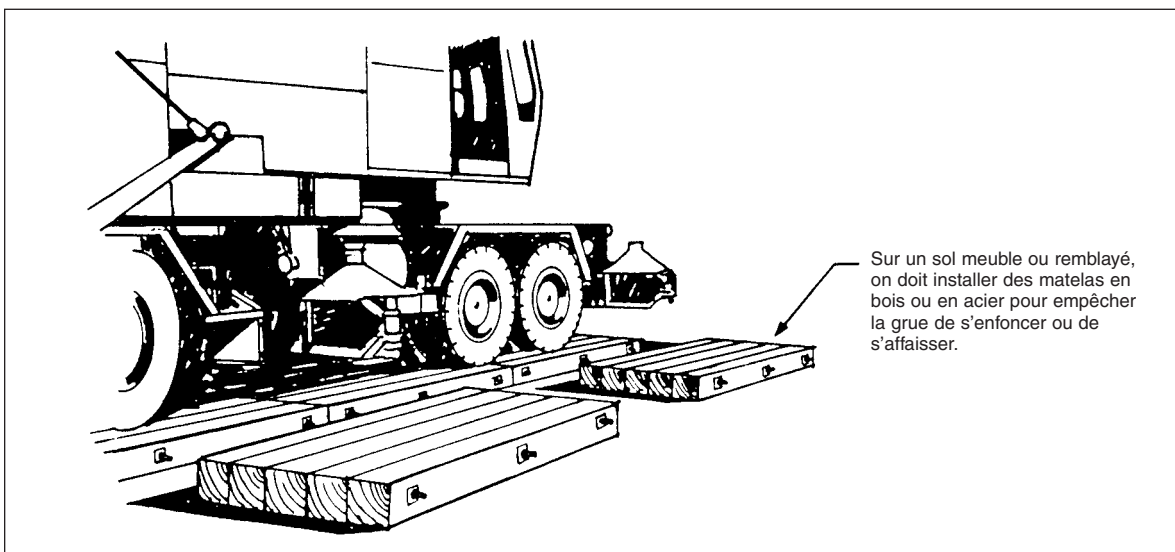
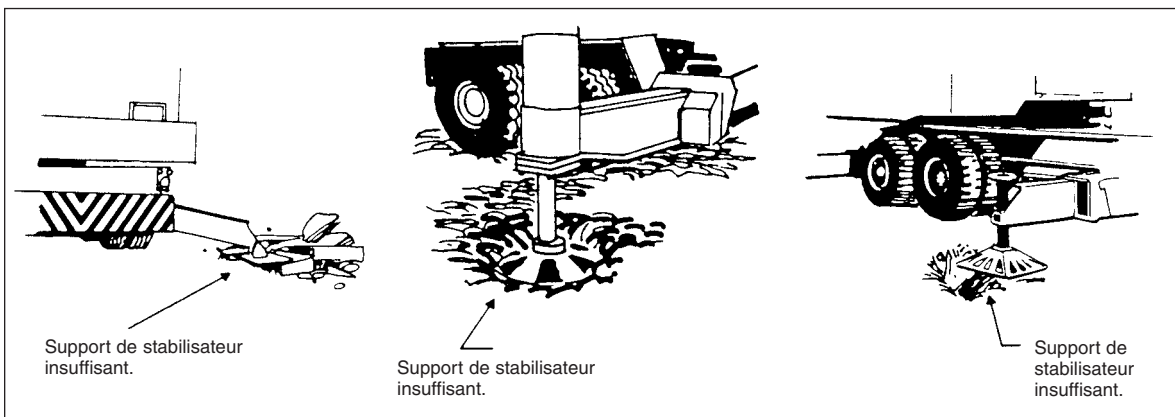
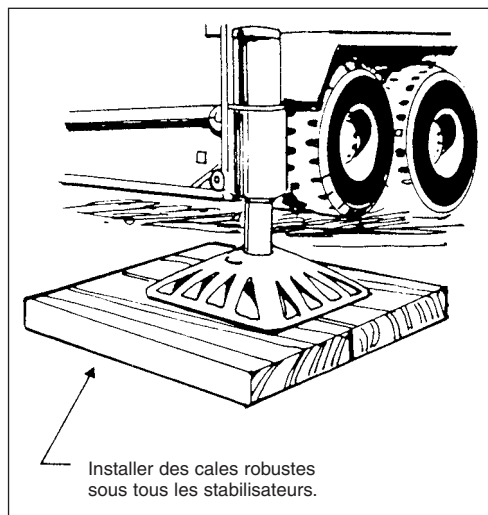
- les pneus sont conformes aux spécifications du fabricant ;
- les pneus sont en bon état ;
- la pression d'air appropriée est maintenue dans les pneus ;
- la vitesse de la grue ne dépasse pas les prescriptions du constructeur.



Pour les manœuvres « sur pneus », certains constructeurs recommandent de sortir les poutres des stabilisateurs mais de garder les vérins partiellement rentrés de manière que les coussins dégagent tout juste le sol.

Sol meuble

Les valeurs indiquées dans les tableaux des charges de levage ne s'appliquent que lorsque le sol est suffisamment ferme pour supporter la grue et la *maintenir de niveau pendant les manœuvres*. Si le sol est meuble ou instable, les pneus, les chenilles ou les stabilisateurs s'y enfonceront, provoquant de ce fait une diminution de la capacité de la grue. Dans la plupart des cas, on doit installer des cales robustes offrant une grande surface portante afin d'empêcher la grue de s'enfoncer et de lui fournir une surface d'appui solide.



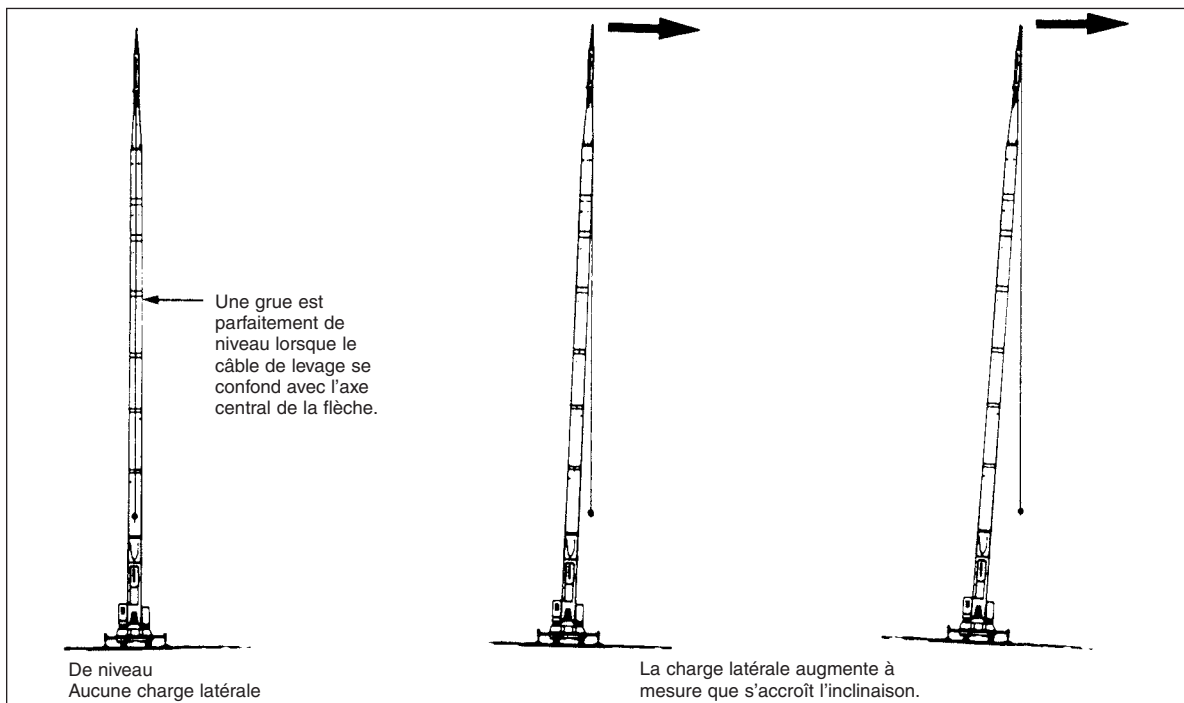
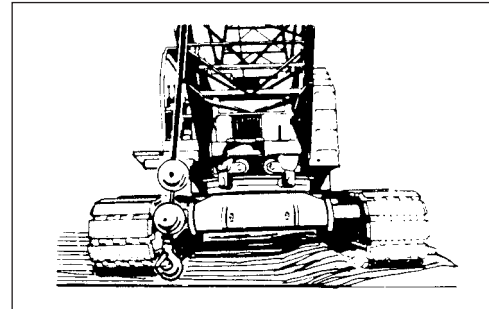
Grue qui n'est pas de niveau

Toutes les valeurs indiquées dans les tableaux des charges de levage sont établies pour une grue qui est parfaitement de niveau dans toutes les directions. Cette règle s'applique aux configurations « sur chenilles » comme à celles « sur pneus » et « sur stabilisateurs », ainsi qu'aux manœuvres de translation avec charge.

L'un des effets les plus graves de la dénivellation de la grue est la création d'une charge latérale à la flèche, une situation qui, dans le cas des grues mobiles, entraîne une perte rapide de la capacité à mesure qu'augmente l'inclinaison de la grue.

Le tableau suivant montre, pour un type particulier de grue à flèche en treillis, la perte potentielle de capacité provoquée par une dénivellation.

Longueur de flèche et rayon de levage	Perte de capacité pour une dénivellation de		
	1 ^e	2 ^e	3 ^e
Flèche courte, rayon minimum	10 %	20 %	30 %
Flèche courte, rayon maximum	8 %	15 %	20 %
Flèche longue, rayon minimum	30 %	41 %	50 %
Flèche longue, rayon maximum	5 %	10 %	15 %



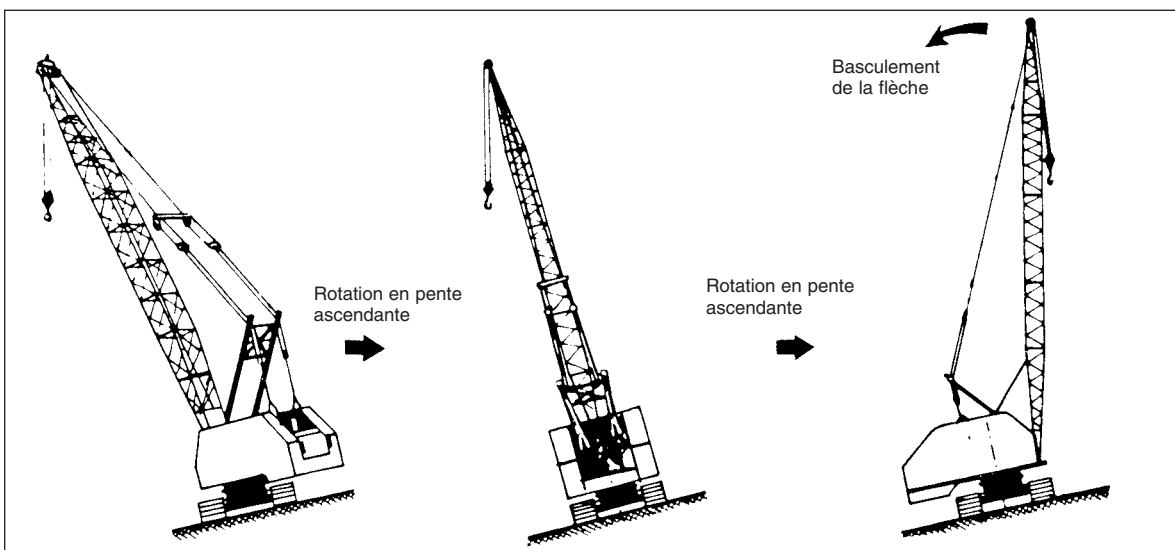
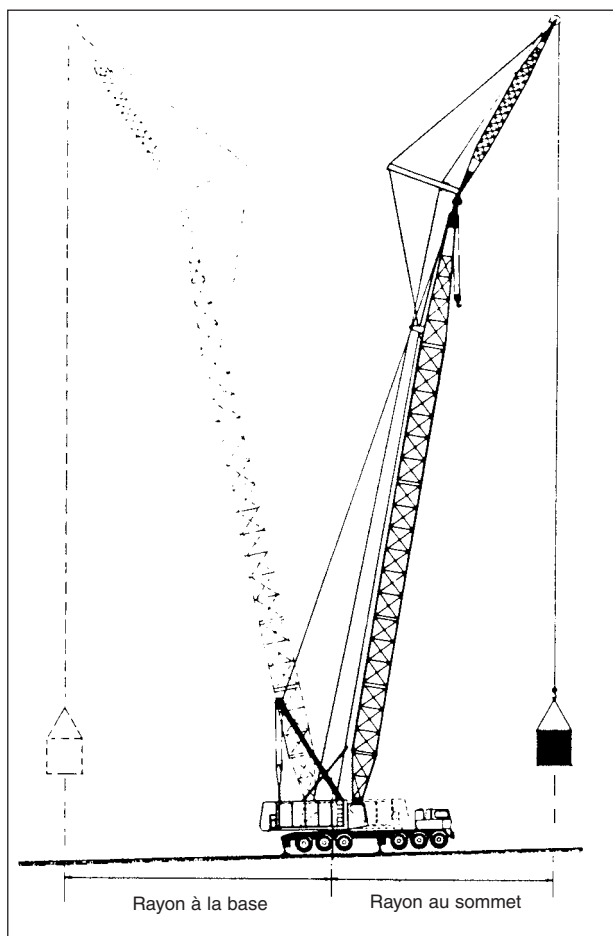
On peut obtenir des renseignements analogues auprès des constructeurs pour tous les modèles de grue. Dans le cas des grues sur chaland, des « tableaux de gîte » indiquent la capacité de la grue selon le degré de gîte du chaland. La perte de capacité attribuable au gîte est la même que celle attribuable à une dénivellation au sol.

Grue qui n'est pas de niveau (suite)

Attention : Les valeurs des tableaux des charges de levage ne s'appliquent pas si la grue n'est pas de niveau. On doit alors mettre la grue de niveau au moyen de ses stabilisateurs ou en nivelant le sol sur lequel elle se trouve.

Même si la grue a été mise de niveau pendant son installation, le tassement du sol au cours des manœuvres risque de changer la situation. Il importe donc de vérifier fréquemment le niveau de la grue.

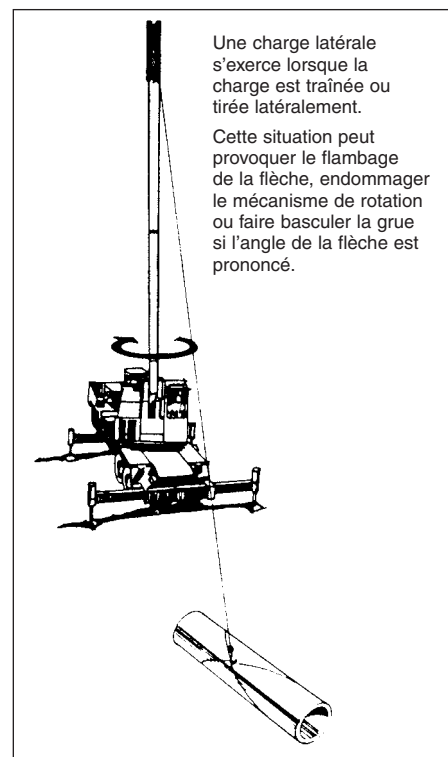
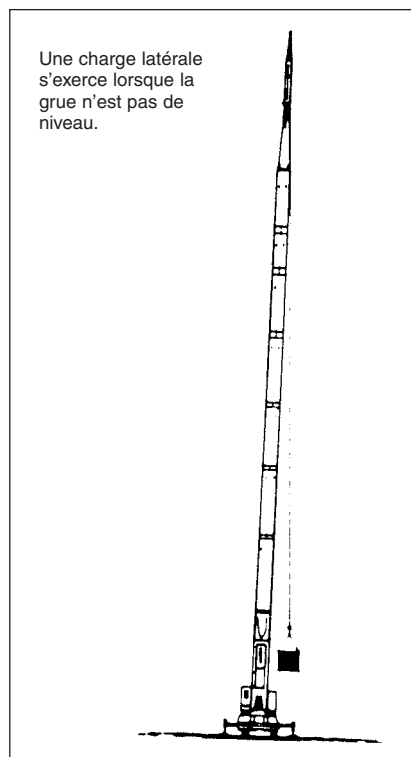
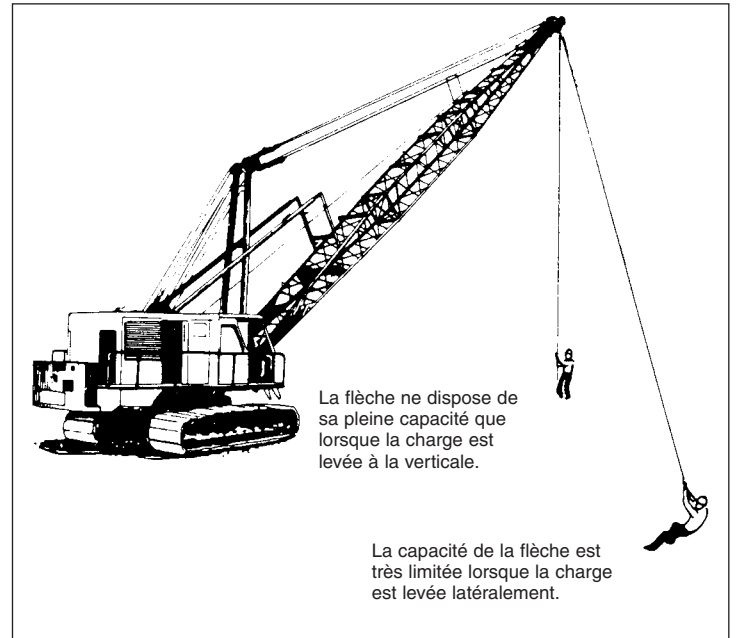
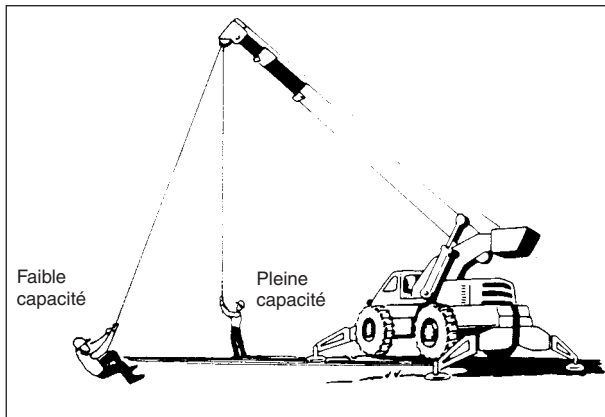
Il importe également de savoir que lorsqu'une grue est installée sans être mise de niveau, la différence de rotation entre le sommet et la base de la grue augmente le rayon de manœuvre ainsi que l'effort exercé sur la couronne d'orientation, les stabilisateurs et le châssis porteur.



Attention – Une flèche à son élévation maximale (rayon minimum) du côté bas ne peut être déplacée vers le côté haut sans risque d'effondrement du mât sur la cabine.

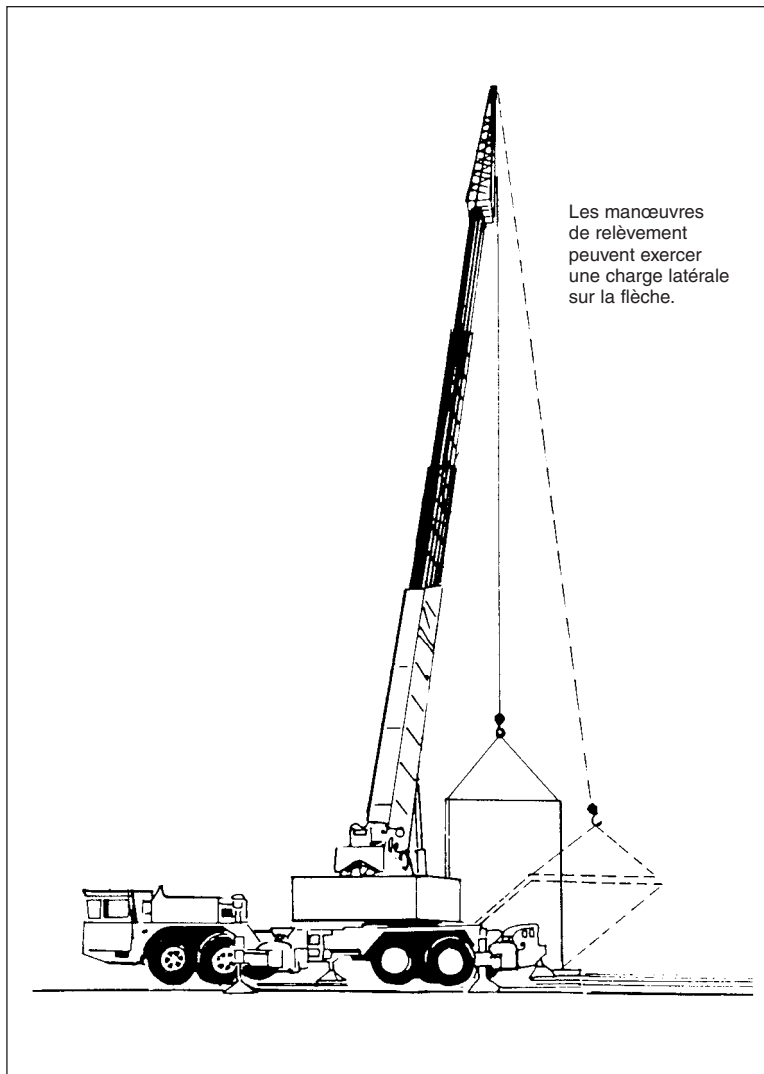
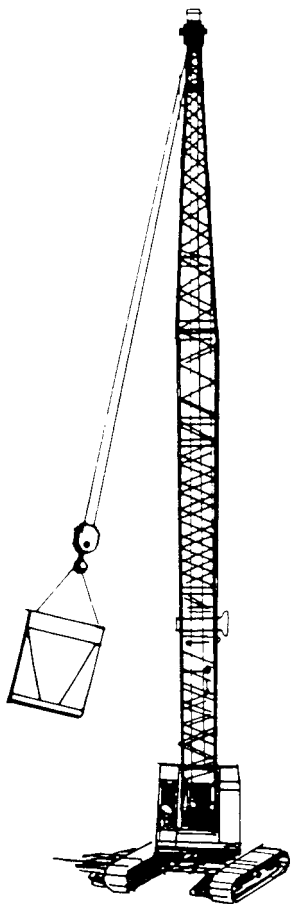
Charge latérale

Les valeurs indiquées dans les tableaux des charges de levage ne s'appliquent que lorsque la charge est levée directement sous la tête de la flèche. Si la charge se trouve d'un côté ou de l'autre de la tête de la flèche, un effort latéral (appelé charge latérale) s'exerce alors sur la grue et en diminue la capacité. Ce facteur, qui touche autant les flèches télescopiques que les flèches en treillis, est l'une des causes les plus courantes d'effondrement de la flèche. Il provoque habituellement une défaillance structurale qui se produit toujours sans prévenir.



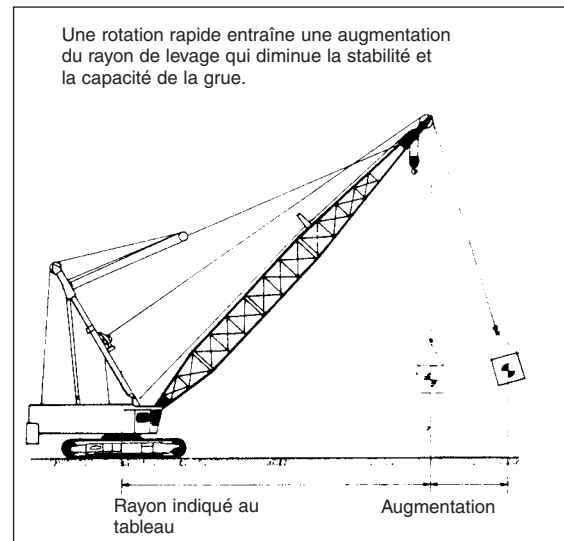
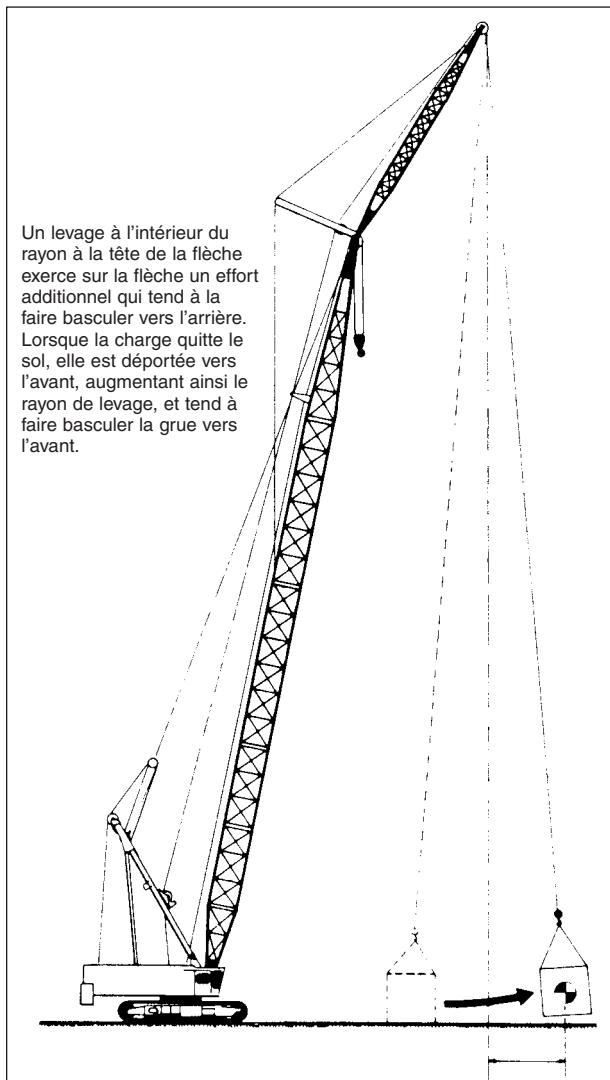
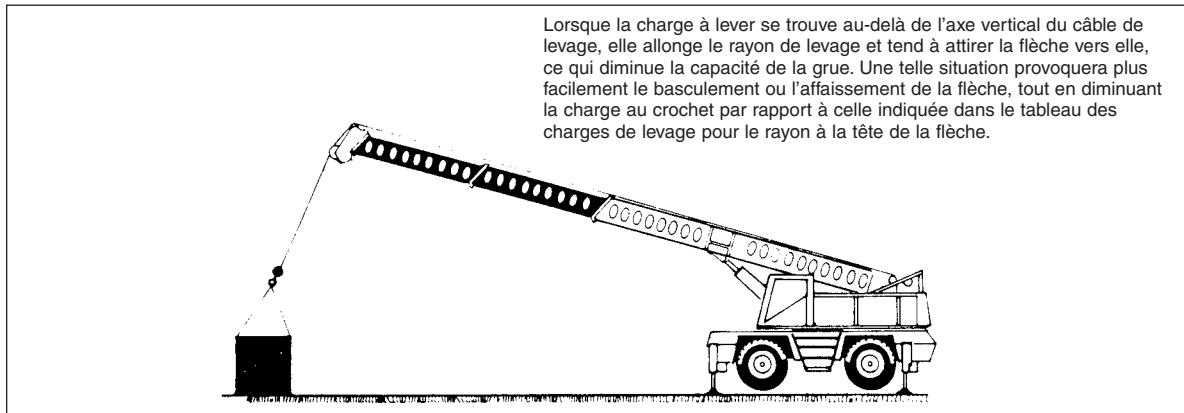
Charge latérale (suite)

Une charge latérale s'exerce chaque fois que l'on fait tourner une charge trop rapidement ou que l'on applique trop brusquement le frein de rotation.

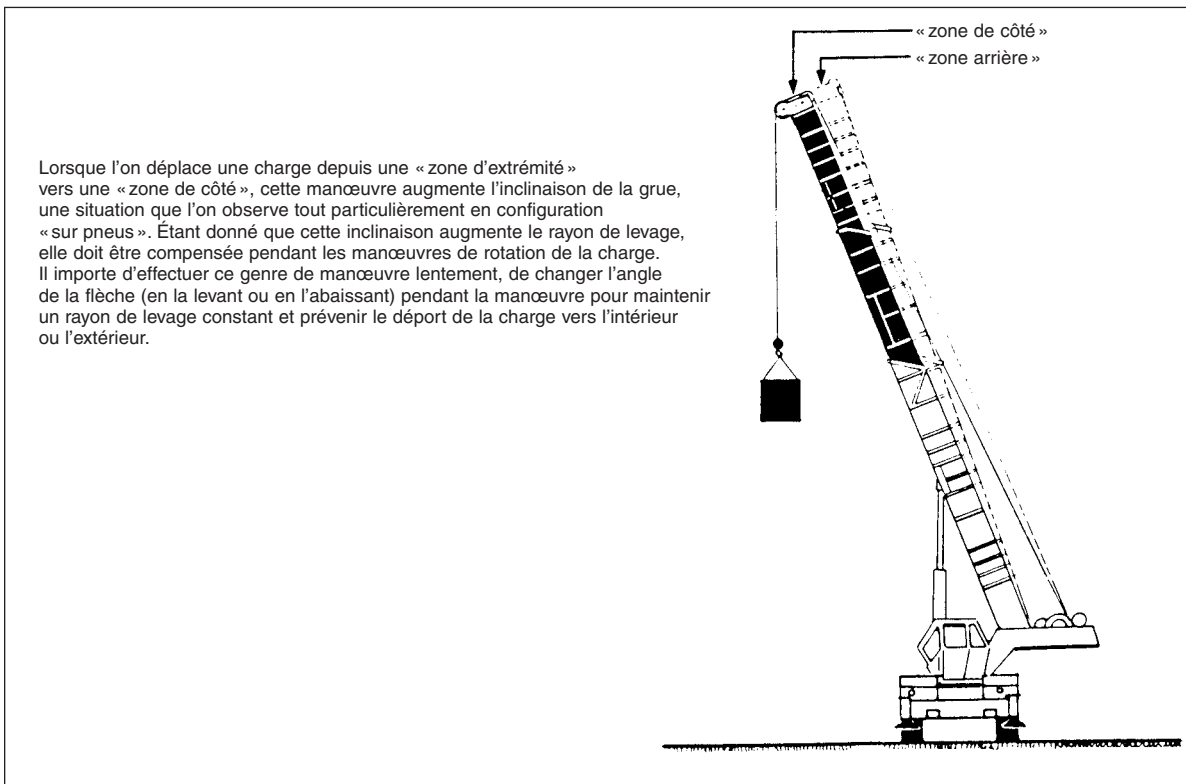
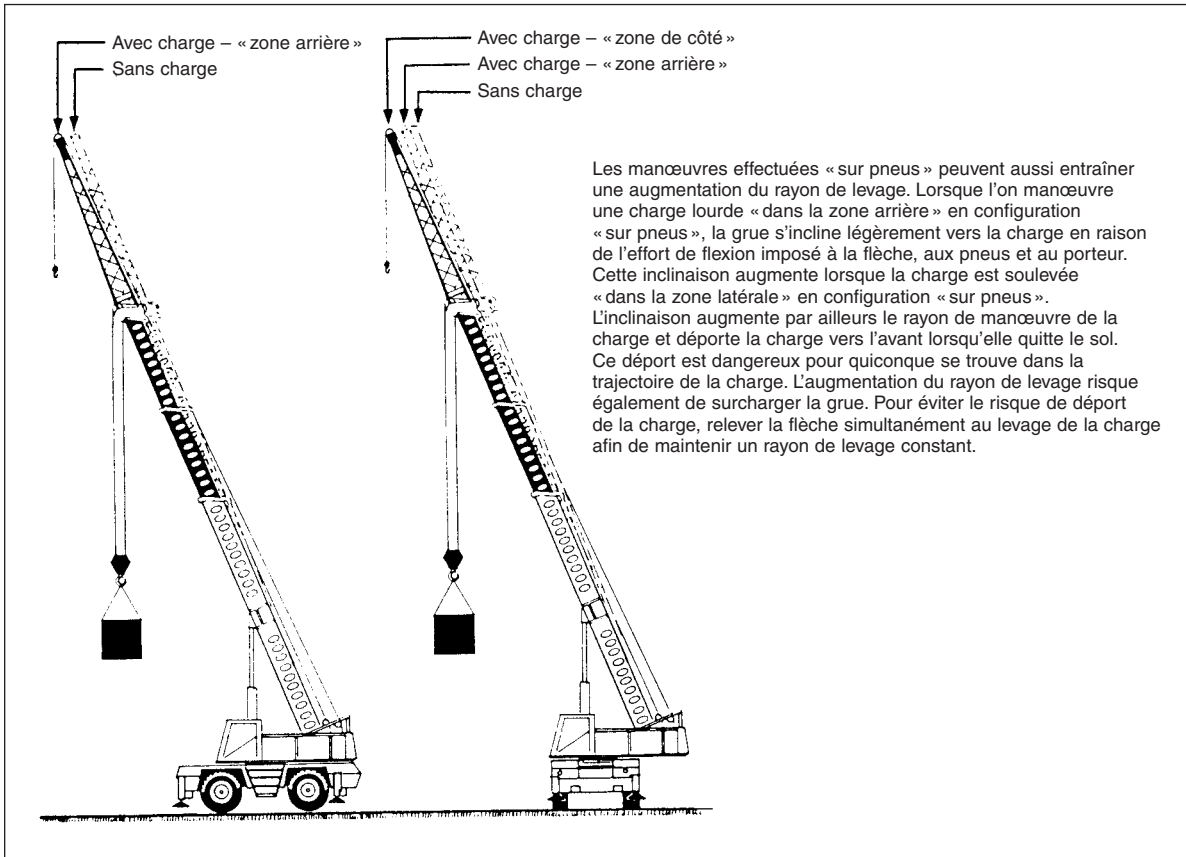


Augmentation du rayon de levage

Les valeurs indiquées dans les tableaux des charges de levage ne s'appliquent que si le câble de levage est en tout temps à la verticale et que la charge est en suspension libre au crochet pendant le levage. Si le câble n'est pas à la verticale, quelle qu'en soit la raison, il s'ensuit une perte de capacité de la grue. En plus des exemples donnés à la rubrique traitant de la charge latérale (pages précédentes), les conditions suivantes entraînent une déviation du câble de levage de la verticale, qui augmente le rayon de levage tout en diminuant la capacité de la grue.



Augmentation du rayon de levage (suite)

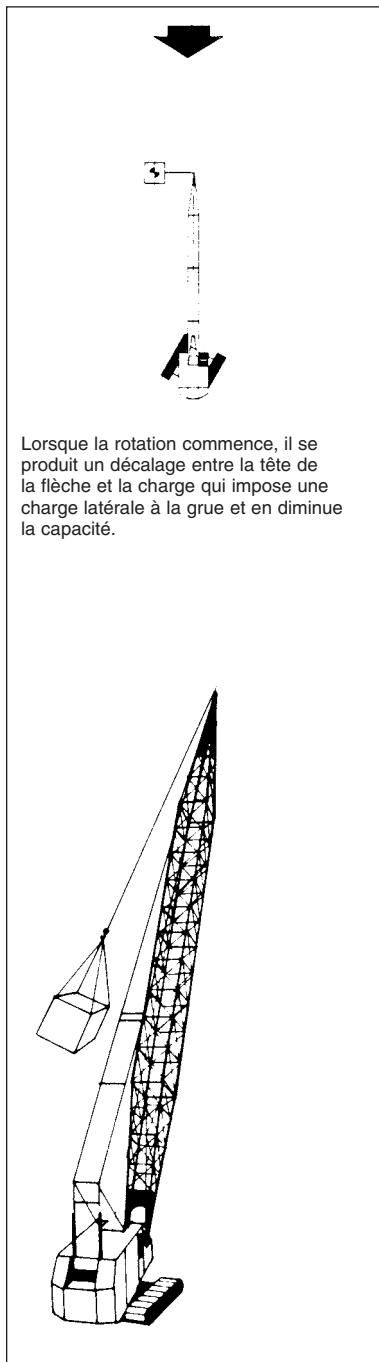


Rotation rapide

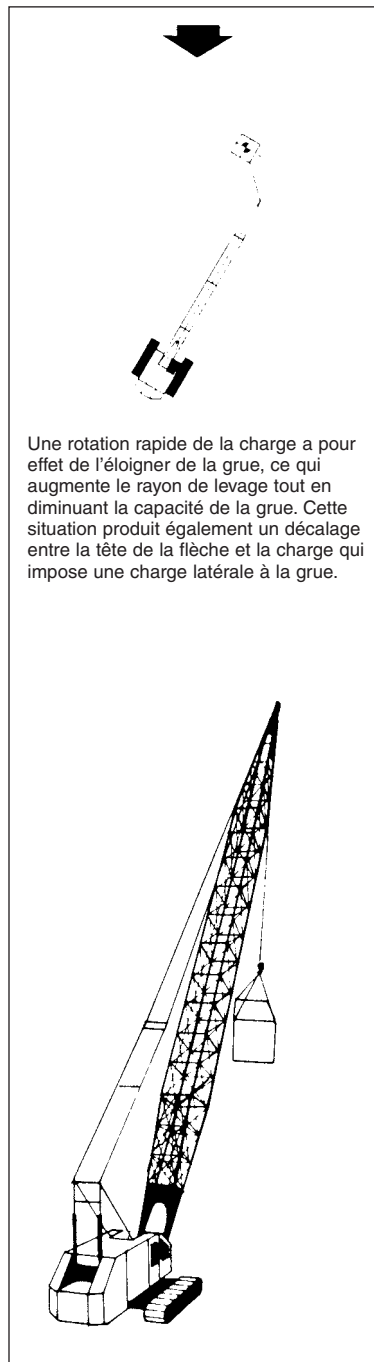
Les valeurs indiquées dans les tableaux des charges de levage ne s'appliquent que si la charge est en tout temps dans l'axe vertical de la tête de la flèche. Cette condition ne peut être remplie lorsque les manœuvres de rotation de la charge sont effectuées trop rapidement.

Par conséquent, les capacités indiquées dans les tableaux des charges de levage n'autorisent pas ce genre de manœuvre de rotation rapide. La vitesse de rotation doit être réglée de manière à maintenir la charge directement sous la tête de la flèche en tout temps.

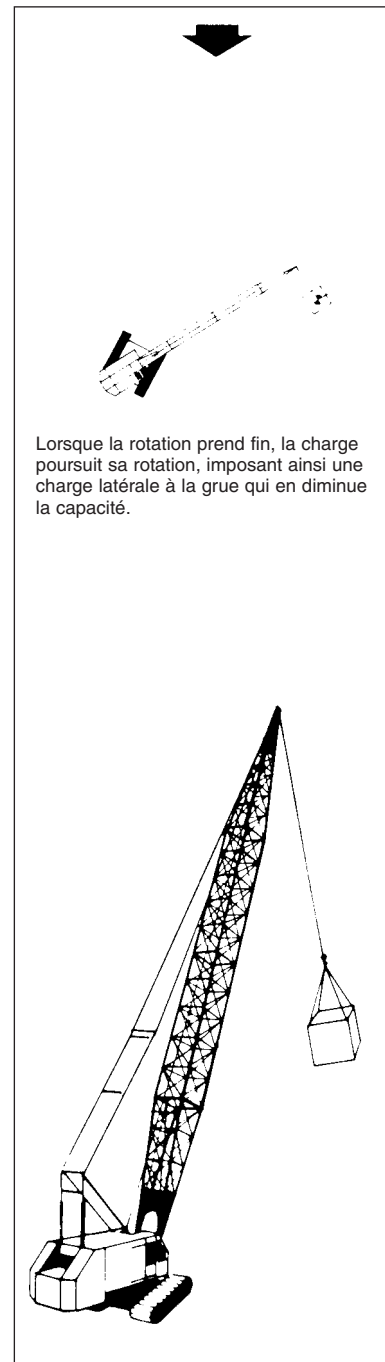
1 – Au début de la rotation



2 – Pendant la rotation



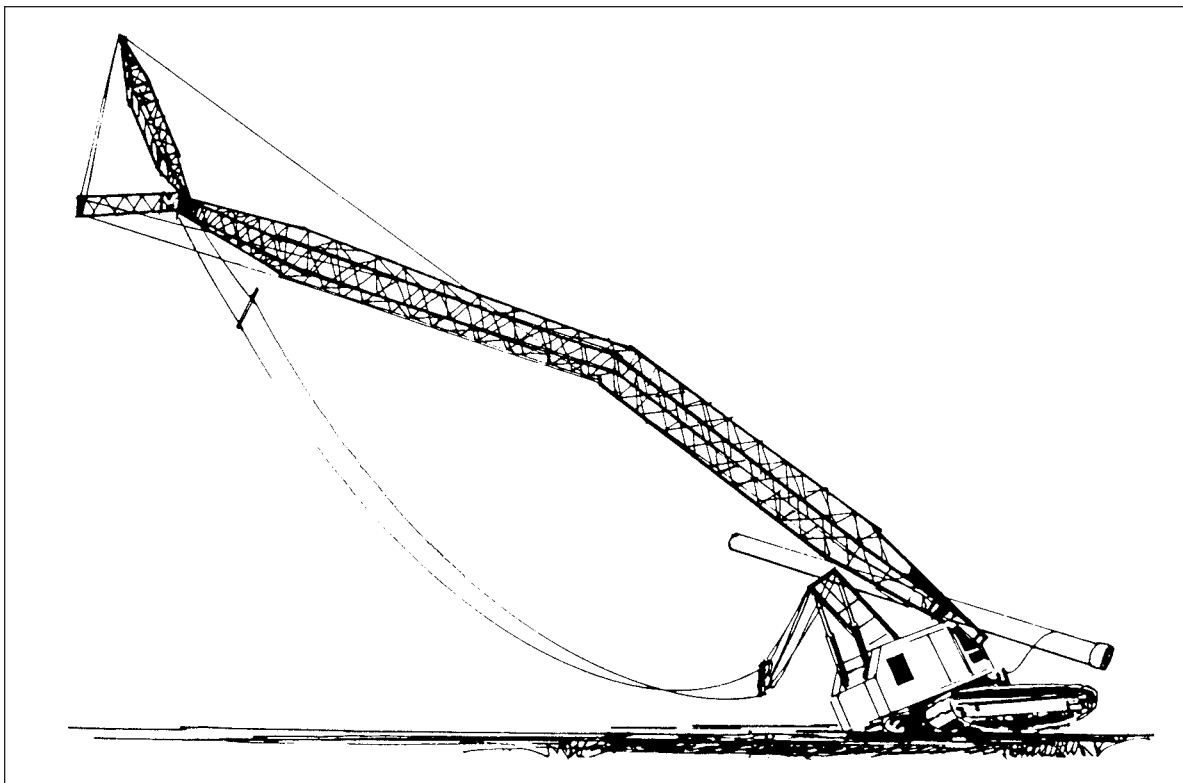
3 – À la fin de la rotation



Rotation rapide (suite)

Attention – Dans le cas des grues mobiles à longue flèche, une rotation rapide, une accélération rapide de la rotation ou un freinage rapide de la rotation peut faire basculer la grue ou faire s'effondrer la flèche, *qu'il y ait ou non une charge au crochet*.

- Le fait de déplacer la flèche sans aucune charge au début d'une rotation ou de l'arrêter à la fin de la rotation impose une charge latérale sur la flèche.
- La force centrifuge de la flèche au cours d'une rotation rapide crée une importante charge de basculement vers l'avant.
- Lorsque l'angle de la flèche est prononcé, celle-ci peut s'effondrer sur l'arrière de la grue en cas d'accélération ou de décélération rapide.

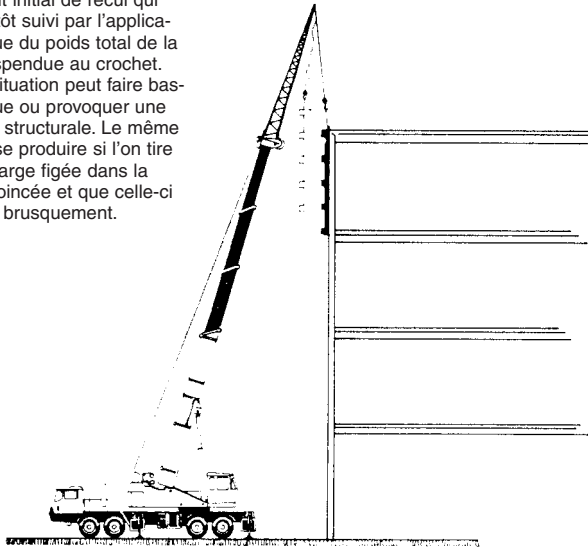


Force d'impact et accélération ou arrêt rapide de la charge

Les capacités indiquées dans les tableaux des charges de levage n'autorisent pas le levage ou l'arrêt brusque de la charge, les forces d'impact ou les manœuvres brusques de la grue.

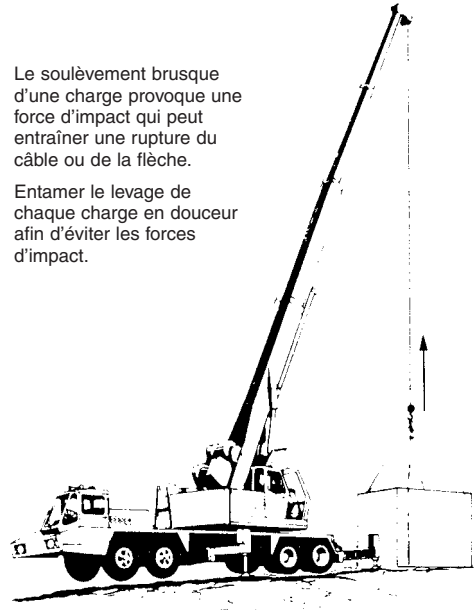
Les situations illustrées ci-dessous créent ce genre de condition et diminuent les capacités de la grue en deçà des valeurs des tableaux des charges de levage.

Un relâchement brusque de la charge provoque un changement rapide de l'effort exercé et une force d'impact. La grue aura un mouvement initial de recul qui sera aussitôt suivi par l'application brusque du poids total de la charge suspendue au crochet. Une telle situation peut faire basculer la grue ou provoquer une défaillance structurale. Le même effet peut se produire si l'on tire sur une charge figée dans la glace ou coincée et que celle-ci se dégage brusquement.

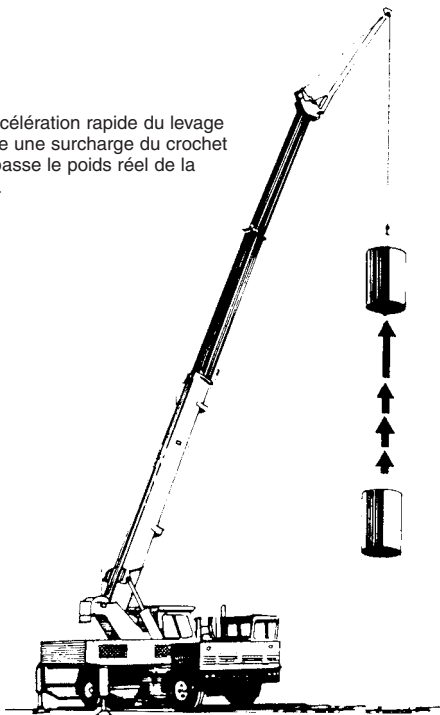


Le soulèvement brusque d'une charge provoque une force d'impact qui peut entraîner une rupture du câble ou de la flèche.

Entamer le levage de chaque charge en douceur afin d'éviter les forces d'impact.

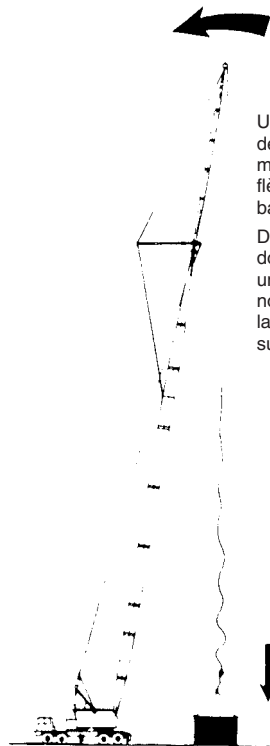


Une accélération rapide du levage entraîne une surcharge du crochet qui dépasse le poids réel de la charge.

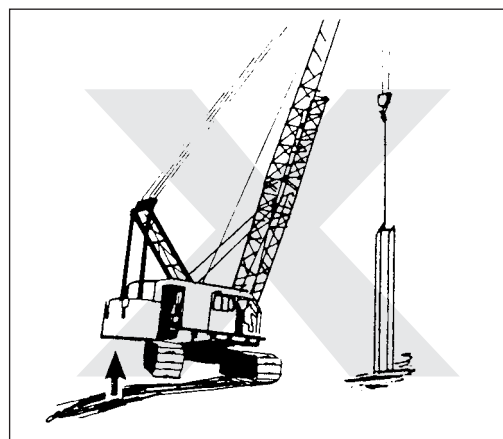
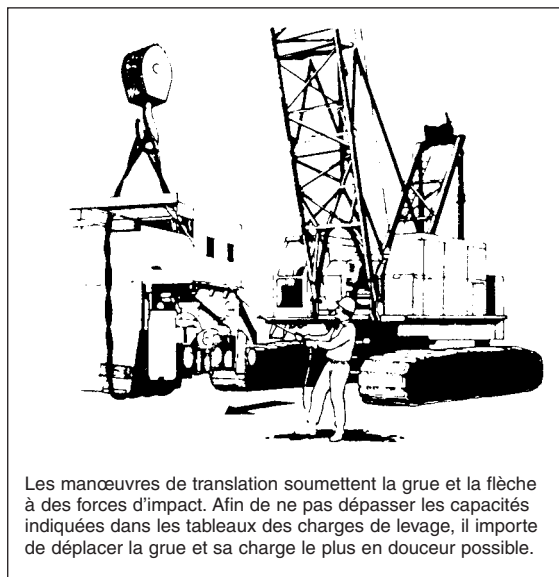
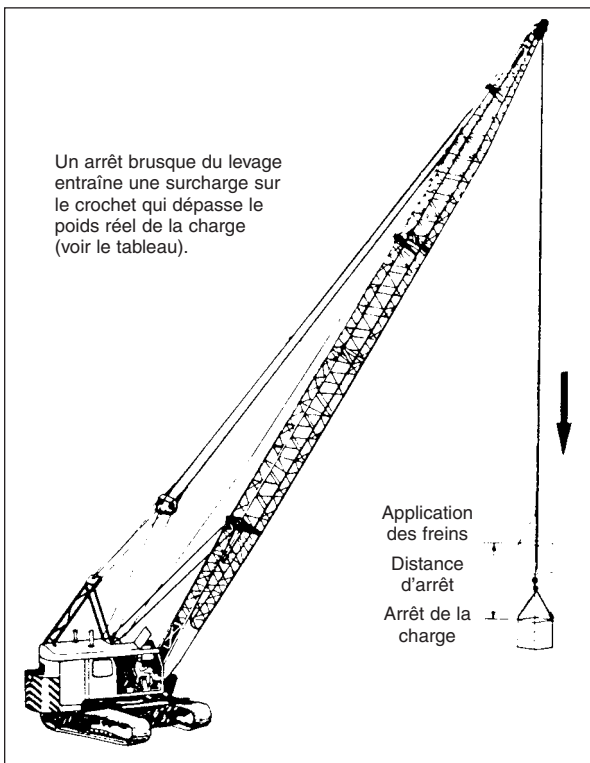


Un relâchement brusque de la charge provoque un mouvement de recul de la flèche qui peut faire basculer la grue.

Déposer chaque charge en douceur afin de permettre un retour graduel à la normale de la flexion de la flèche et de la traction sur les tirants.



Force d'impact et accélération ou arrêt rapide de la charge (suite)



Un freinage brusque pendant la descente de la charge augmente la charge de levage par le pourcentage indiqué dans le tableau suivant en fonction de la vitesse de descente et de la distance d'arrêt. On notera avec quelle rapidité la charge augmente à mesure que diminue la distance d'arrêt.

AUGMENTATION DE LA CHARGE DE LEVAGE

VITESSE DE DESCENTE (M/MIN)	DISTANCE D'ARRÊT (M)		
	3	1,8	0,6
30	0,4 %	0,7 %	2,2 %
45	1,0 %	1,6 %	4,9 %
60	1,7 %	2,9 %	8,6 %
75	2,7 %	4,5 %	13,5 %
90	3,9 %	6,5 %	19,4 %
105	5,3 %	8,8 %	26,4 %
120	6,9 %	11,5 %	34,5 %

- Ne pas tenter d'extraire un pieu, une palplanche, un coffrage ou une charge analogue en la levant d'un coup ou par saccades. La pratique qui consiste à tirer sur la charge jusqu'à ce qu'un côté de la grue soit soulevé de terre puis à relâcher le câble de levage en laissant la grue retomber sur le sol tout en serrant le câble avec l'embrayage ou le frein risque de rompre la flèche. Si le pieu ou le coffrage ne peut être extrait en exerçant une traction constante, sans à-coups, on doit alors utiliser un extracteur, un décuveleur ou un appareillage semblable.
- Les travaux de démolition peuvent être particulièrement dangereux. Les chocs de charge et les charges latérales qui s'exercent au cours des travaux effectués au moyen de boulets de démolition et de bennes preneuses peuvent être très importants. La nature répétitive de ce genre de travail impose de lourds efforts à tous les éléments de la grue. Aussi doit-on limiter le poids des boules de démolition à un maximum de 50 % de la capacité de la grue (configuration « sur pneus ») au rayon maximal de manœuvre du boulet, compte tenu de la flèche utilisée. S'assurer aussi que le poids de la boule ne dépasse jamais 50 % de la capacité de traction du treuil.

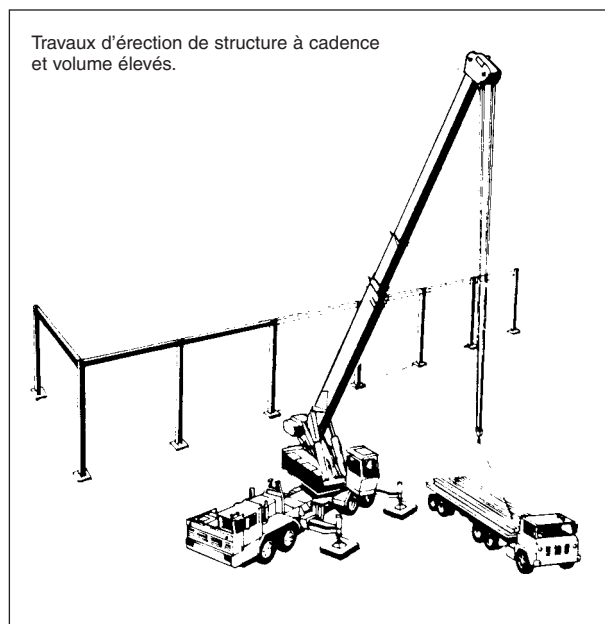
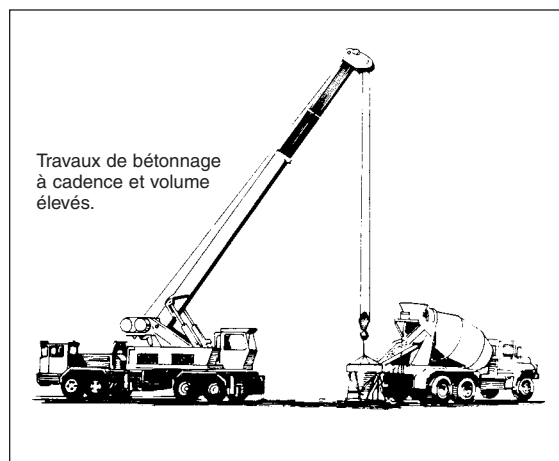
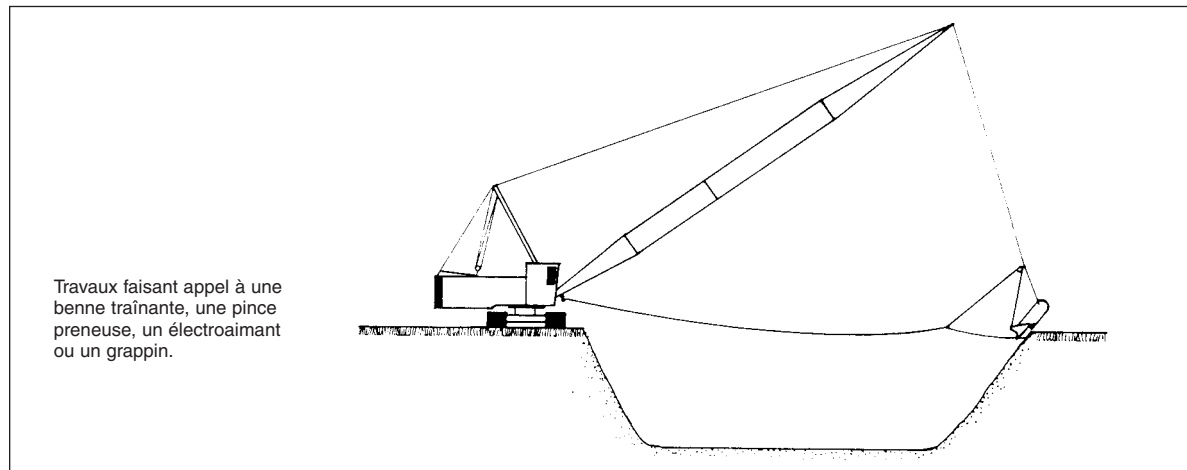
Manœuvres à fréquence élevée

Les capacités indiquées dans les tableaux des charges de levage peuvent ne pas s'appliquer aux grues soumises à de fortes cadences de production (manœuvres à fréquence élevée), par exemple dans le cadre de travaux de bétonnage et d'érection de structures d'acier ou de travaux faisant appel à une benne traînante, une pince preneuse, un électroaimant ou un grappin.

Pour les travaux de ce genre, le constructeur spécifie dans le tableau des charges de levage le pourcentage à retrancher aux valeurs indiquées (habituellement 20 %) ou fournit un tableau distinct des charges de levage pour de tels travaux.

Cette diminution de la capacité est recommandée en raison du fait que la cadence d'exécution augmente les tensions exercées sur la grue qui sont attribuables aux charges latérales, au déport et aux chocs, de même qu'à l'échauffement des éléments critiques tels que les freins, les embrayages, les pompes et les moteurs.

Les illustrations suivantes présentent quelques exemples de manœuvres à fréquence élevée.



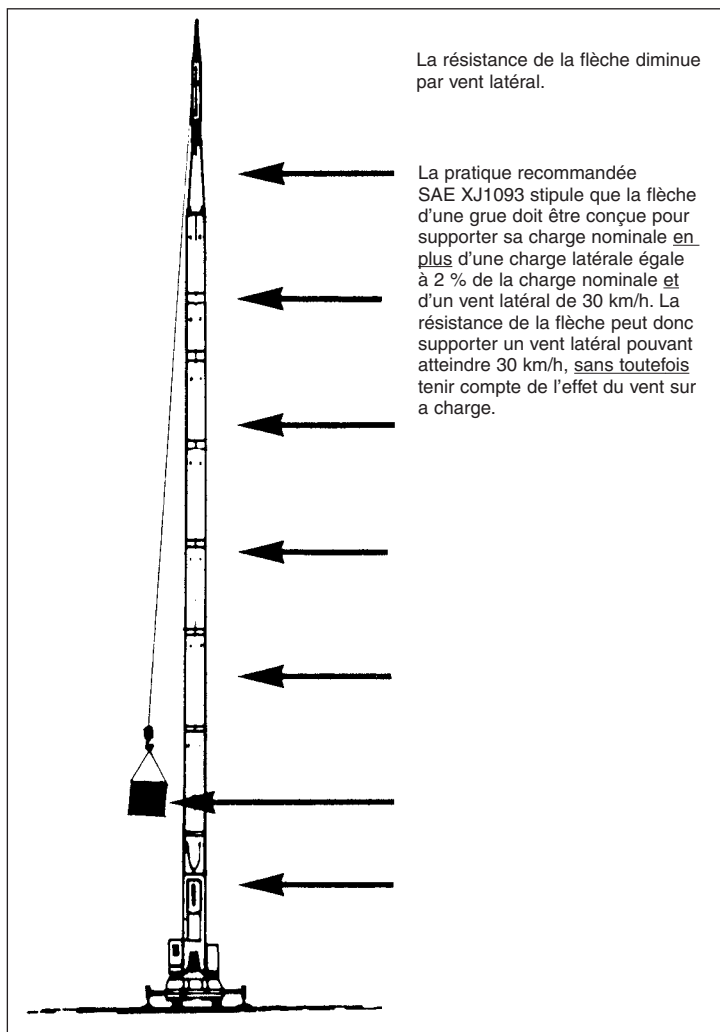
Vents à haute vélocité

La majorité des constructeurs de grues précisent dans leurs tableaux des charges de levage que les charges indiquées doivent être diminuées par temps venteux. Ils peuvent aussi émettre des recommandations concernant la vitesse du vent à partir de laquelle les travaux devraient être interrompus. Dans la presque totalité des cas, il est conseillé d'interrompre les travaux lorsque la vitesse du vent dépasse 50 km/h.

L'effet du vent se fait sentir à la fois sur la grue et sur la charge et réduit la capacité nominale de la grue. Ne jamais effectuer de manœuvres à la capacité maximale de la grue par temps venteux. Le grutier doit avoir toute latitude pour décider de la pertinence de travailler par temps venteux, même par vent de force moyenne (autour de 33 km/h).

Il est conseillé d'éviter de manœuvrer des charges ayant de grandes surfaces donnant prise au vent. Il pourrait s'ensuivre une perte de contrôle de la charge et de la grue, même si le poids de la charge est dans les limites de la capacité normale de la grue.

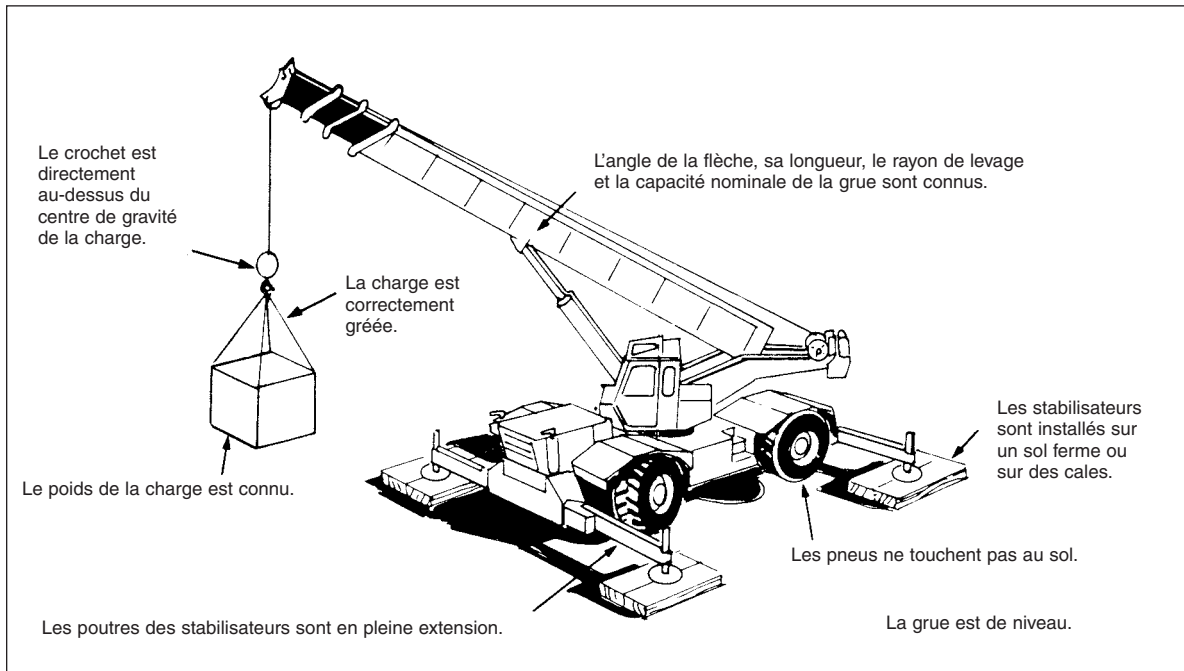
Un vent de 33 km/h exerce une poussée de 0,05 kPa seulement sur une charge à surface plane (soit, dans le cas d'une feuille de contreplaqué de 1,2 m sur 2,4 m, une force de 160 N); aussi, seules les charges ayant une très grande surface provoquent un déclassement de la capacité de la grue. À 50 km/h toutefois, le vent exerce une poussée de 0,125 kPa sur une charge à surface plane (soit une force de 360 N dans le cas d'une feuille de contreplaqué de 1,2 m sur 2,4 m). Cette force est suffisante pour faire dévier de la verticale le câble de levage et la charge, et ainsi les rendre difficiles à maîtriser.



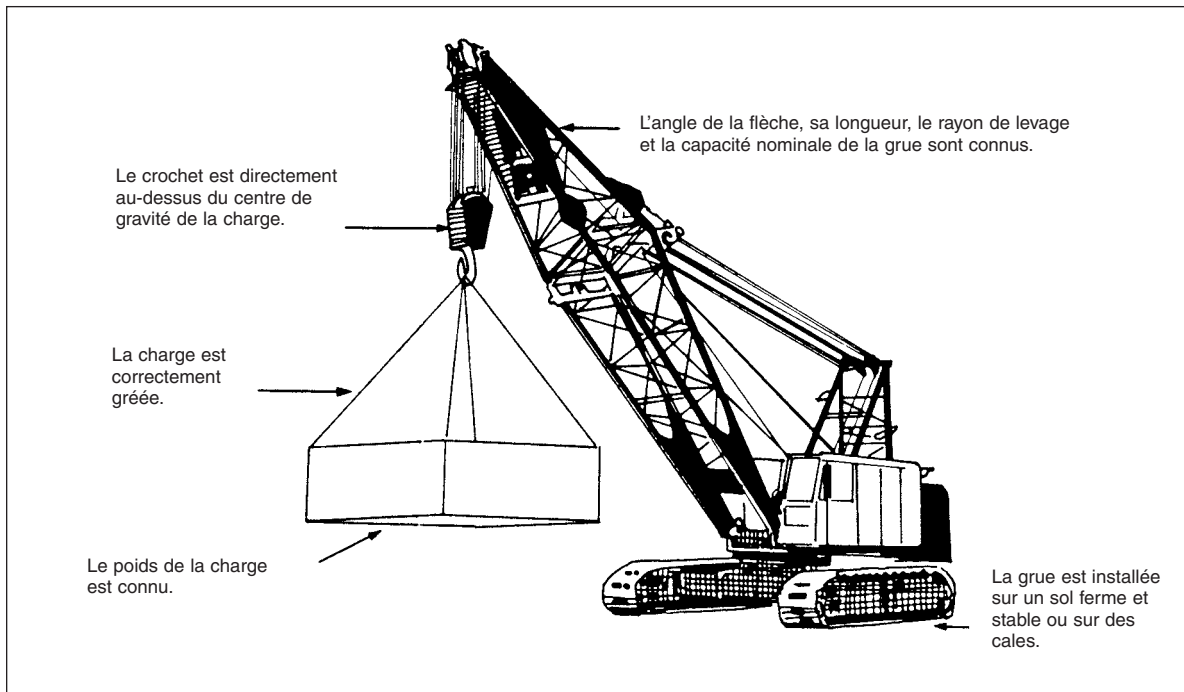
Sommaire de l'installation d'une grue

Une grue est convenablement installée pour effectuer des manœuvres de levage lorsque les conditions suivantes sont observées.

Manœuvres en configuration « sur stabilisateurs »



Manœuvres en configuration « sur chenilles » ou « sur pneus »



Choix de la grue

Quel que soit le programme de sécurité adopté, l'une de ses exigences fondamentales consiste à s'assurer de choisir la grue appropriée au travail à effectuer. Si les caractéristiques de la grue ne conviennent pas aux exigences du travail, des conditions dangereuses sont créées avant même d'entreprendre le travail. Le personnel du chantier est alors obligé d'improviser sans avoir le temps de réfléchir, une situation particulièrement propice aux accidents.

LISTE DE VÉRIFICATIONS

Aucune grue ne doit être sélectionnée pour effectuer un quelconque travail sur un chantier particulier sans tenir compte d'abord de ses dimensions et de ses caractéristiques par rapport aux facteurs suivants :

- ☐ poids, dimensions et rayon de levage de la charge la plus lourde et de la charge la plus imposante ;
- ☐ hauteur de levage maximale, rayon de levage maximal et poids des charges devant être manœuvrées pour chacun de ces facteurs ;
- ☐ nombre et fréquence des manœuvres ;
- ☐ période pendant laquelle la grue demeurera sur le chantier ;
- ☐ genre de manœuvre à effectuer (p. ex. : la précision du positionnement des charges est-elle importante ?) ;
- ☐ type de porteur requis (cela dépend des conditions du sol et de la capacité de la grue dans ses diverses zones de travail ; cette capacité est normalement la plus grande dans la zone arrière, moindre dans les zones de côté et inexistante dans la zone avant) ;
- ☐ nécessité de transporter ou de déplacer des charges ;
- ☐ nécessité de maintenir des charges suspendues pendant de longues périodes ;
- ☐ conditions du chantier, y compris l'état du sol où la grue doit être installée, des voies et des rampes d'accès sur lesquelles elle doit circuler, l'espace de levage et les obstacles susceptibles de bloquer l'accès ou les manœuvres ;
- ☐ disponibilité des services d'entretien et de réparation et coûts de ces travaux ;
- ☐ coûts des travaux d'érection et de démontage, du transport sur le chantier et hors chantier, de modification de la longueur de la flèche, etc.

RÉSULTATS

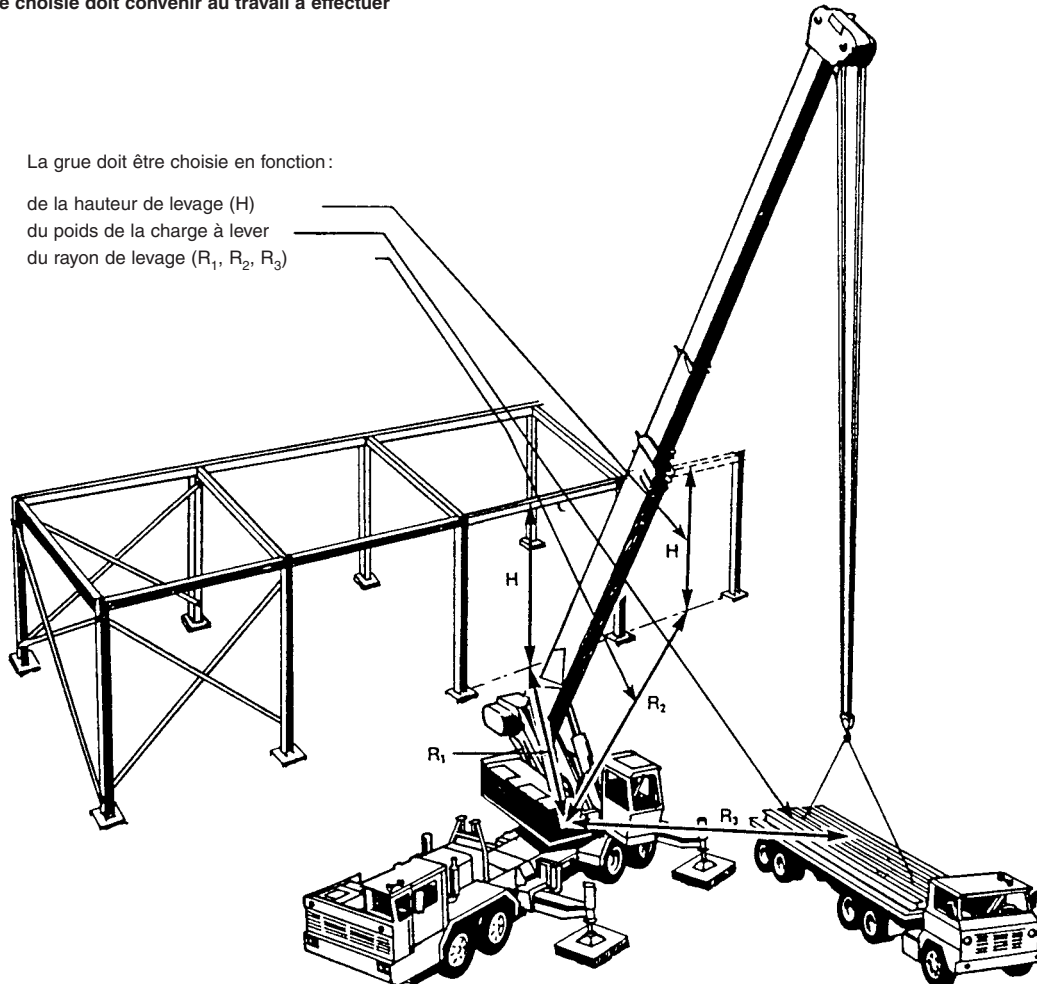
La grue choisie doit :

- ☐ être en mesure d'effectuer toutes les manœuvres prévues dans sa configuration standard (capacité et longueur de flèche suffisantes pour effectuer tous les travaux prévus, ainsi que fléchette, contrepoids additionnel et mouflage spécial en réserve pour faire face aux imprévus) ;
- ☐ disposer d'une marge de manœuvre d'au moins 5 % de sa capacité de charge pour chaque manœuvre ;
- ☐ être hautement mobile et offrir la possibilité d'être déplacée en démontant le minimum de composantes ;
- ☐ offrir un dégagement suffisant entre la charge et la flèche ainsi qu'entre la tête de la flèche, la charge et les manœuvres de gréage.

La grue choisie doit convenir au travail à effectuer

La grue doit être choisie en fonction :

de la hauteur de levage (H)
du poids de la charge à lever
du rayon de levage (R_1 , R_2 , R_3)



Les responsables du choix de l'équipement doivent veiller à assurer la sécurité et la fiabilité d'utilisation de la grue pendant toute la durée des travaux ainsi que dans toutes les conditions susceptibles de se présenter au cours de son utilisation.

Certaines considérations et exigences relatives à l'équipement s'appliquent à tous les types de grue. Ces exigences peuvent être précisées dans le bon de commande et le contrat de location. Les grues ne devraient être louées qu'auprès de fournisseurs de bonne réputation. Il convient par ailleurs de savoir que deux grues ayant le même numéro de modèle n'ont pas nécessairement la même capacité nominale. La capacité exacte doit être obtenue du constructeur au moyen du numéro de série.

Les modifications au contrepoids ou à la flèche qui sont apportées par le propriétaire doivent être vérifiées. De telles modifications peuvent invalider les capacités et les autres données fournies dans les tableaux des charges.

Une grue conçue, construite, inspectée, testée et entretenue conformément aux prescriptions de la norme Z150-1974, *Grues mobiles*, de l'Association canadienne de normalisation devrait répondre aux exigences de l'ensemble des principaux codes et règlements en la matière.

Signalisation

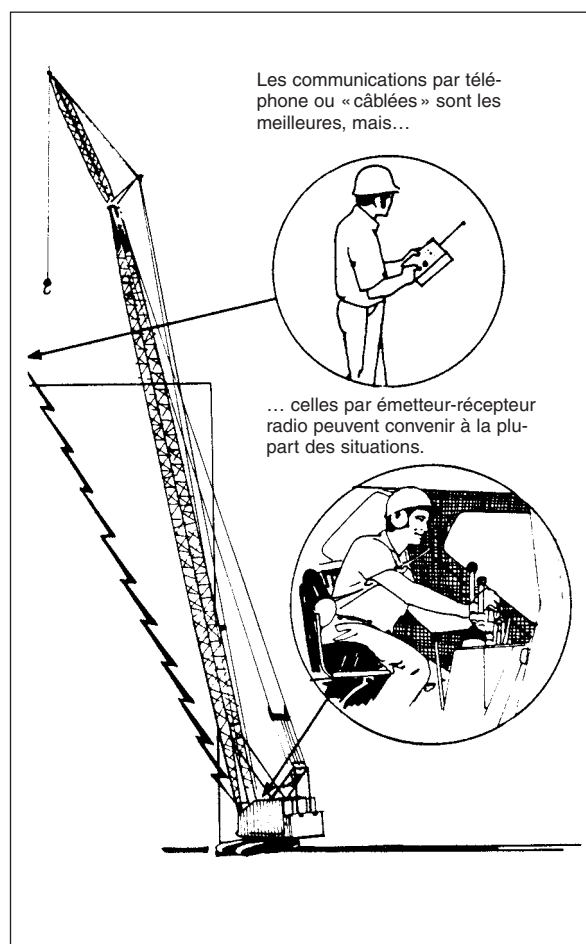
La signalisation est un élément important des manœuvres des grues, mais n'est souvent pas traitée avec l'attention qu'elle mérite. On doit faire appel à des signaleurs chaque fois que :

- le grutier ne peut pas voir la charge ;
- le grutier ne peut pas voir l'endroit où doit être déposée la charge ;
- le grutier ne peut pas voir l'itinéraire emprunté par la charge ou la grue ;
- le grutier est trop loin de la charge pour juger les distances adéquatement ;
- la grue se trouve à moins d'une longueur de flèche des limites d'approche d'une ligne électrique ou d'un appareillage électrique.

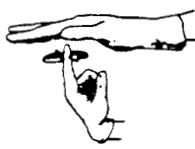
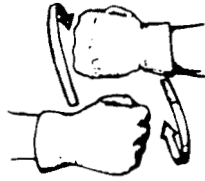
Lorsque la charge est levée à un endroit et déposée à un autre endroit, deux signaleurs pourraient être requis, l'un pour diriger le levage et l'autre pour la dépose de la charge.

On ne doit recourir aux signaux manuels que lorsque la distance entre le grutier et le signaleur est peu importante et que la visibilité est bonne. La page suivante présente les divers signaux manuels reconnus à l'échelle internationale pour les manœuvres de levage.

Les communications téléphoniques ou radio entre le grutier et le signaleur peuvent s'avérer très efficaces.



Signaux manuels pour les manœuvres de levage

Lever la charge  1	Descendre la charge  2	Lever lentement  3	Descendre lentement  4	Relever la flèche  5	Descendre la flèche  6
Lever la flèche lentement  7	Descendre la flèche lentement  8	Lever la flèche et descendre la charge  9	Descendre la flèche et lever la charge  10	Déplacer lentement  11	Utiliser le treuil auxiliaire  12
Utiliser le treuil principal  13	Translation  14	Translation à droite  15	Translation à gauche  16	Rentrer la flèche  17	Rallonger la flèche  18
Rotation  19	Arrêt  20	Fermer la benne preneuse  21	Ouvrir la benne preneuse  22	Bloquer tout  23	Aucune action ne devrait être prise lorsque le signal n'est pas clair.

Notes

Notes

Notes

Notes

Notes

Notes

Notes

Notes

Notes

Notes

Notes

GRÉAGE ET LEVAGE

Guide de sécurité

Ce guide a été conçu pour permettre aux travailleurs et au personnel de supervision de se familiariser avec les principes fondamentaux des méthodes de gréage et de levage sécuritaires. Il traite des câbles et des nœuds, mais aussi du matériel de levage (des grues aux palans à chaîne) et des accessoires de gréage (des serre-câble jusqu'aux poutres d'écartement). Les méthodes d'inspection, d'entretien et d'utilisation appropriées sont expliquées à chaque point.

Traduction française du Hoisting and Rigging Safety Manual publié par la Construction Safety Association of Ontario, cet ouvrage remplace l'ancien Manuel du gréeur et répertorie les principaux risques associés aux manœuvres de gréage et de levage, explique les précautions à prendre pour contenir ou éliminer ces risques et énonce diverses autres exigences essentielles en matière de sécurité.

Abondamment illustré pour faciliter la compréhension, c'est un outil essentiel pour toutes les personnes appelées à dispenser ou recevoir des instructions sur les manœuvres de gréage et de levage sécuritaires.