

agence  
culturelle  
alsace

[www.machinerie-spectacle.org](http://www.machinerie-spectacle.org)

ACCROCHE ET LEVAGE

Retrouvez la collection des guides en ligne du spectacle vivant sur :

[www.culture-alsace.org](http://www.culture-alsace.org)

Contact : [publications@culture-alsace.org](mailto:publications@culture-alsace.org)

## Accroche et levage

[Imprimer](#)

Ce premier chapitre permet de faire connaissance avec le matériel d'accroche, de levage et les règles d'utilisation. Les fonctionnalités de son matériel assimilées, le [machiniste](#) peut l'adapter afin de réaliser des ouvrages pérennes... pour le temps éphémère d'une représentation.

[Haut de page](#)

## Notions de physique

[Imprimer](#)

Contraints que nous sommes de rester vivre sur Terre, nous subissons au quotidien ses effets de force gravitationnelle... notamment cette règle voulant que tout ce qui est en haut ne demande qu'à descendre ! Ou encore celle-ci disant qu'un système en équilibre quitte son état avec l'apport d'une force extérieure... ou d'un désordre interne au système.

[Haut de page](#)

## Poids et masse

Imprimer

La **masse** d'un corps dépend de la quantité de matière moléculaire composée par ce corps, le poids de ce corps est la force avec laquelle il est attiré vers le sol (en direction du centre de la Terre). La masse d'un corps demeure constante quel que soit son emplacement sur Terre ou dans l'Univers. L'unité de valeur de la masse est le kilogramme (kg). Deux masses, quantité de matière, se comparent à l'aide d'une balance. Servant de référence internationale depuis 1889, le kilogramme étalon est représenté par une barre de platine iridié, conservée au Bureau International des Poids et Mesures de Sèvres. Les corps ont une masse différente selon leur **densité**.

La **densité** d'un matériau est le rapport entre le poids d'un certain volume de ce matériau et le poids du même volume d'eau.

### ▼ Quelques valeurs de densité et masse pour 1 m<sup>3</sup> de matière

Matériau	Densité	Masse (Kg)
Eau	1	918
Glace à 0 ° C	0,918	918
Terre végétale	1,25	1250
Sable de rivière humide	1,8	1800
Sable fin et sec	1,4	1400
Chêne blanc	0,61	610
Pin du Nord	0,7	700
Sapin	0,45	450
Frêne	0,84	840
Acier	7,8	
Aluminium	2,75	
Fer	7,86	
Plomb	11,37	
Verre (moyenne)	2,5	
Corps humain (moyenne)	1,07	

Le **poids** mesure la force d'attraction qu'exerce la Terre sur tout objet (masse) à sa surface. Si cet objet se situe à une distance respectable de notre astre, il ne subit quasiment aucune attraction et son poids devient presque nul, la masse demeurant constante. On dit alors que l'objet est en apesanteur. L'unité de valeur du poids est le Newton (N) et se mesure avec un dynamomètre.

L'intensité de la pesanteur terrestre (g) est égale à 9,81 m/s<sup>2</sup> à Paris et à 9,78 m/s<sup>2</sup> à l'équateur. Cette intensité varie en fonction de la situation géographique sur terre et de l'altitude. En tous points de la Terre, cette force s'exerce en direction du centre de notre planète. L'intensité de la pesanteur sur la Lune est de 1,65 m/s<sup>2</sup>.

### Exemple :

Une masse de 100 kg est soumise à un poids de  $100 \text{ kg} \times 9,81 = 981 \text{ N}$  à Paris.  
 Une masse de 100 kg est soumise à un poids de  $100 \text{ kg} \times 9,78 = 978 \text{ N}$  à l'Equateur.  
 Une masse de 100 kg est soumise à un poids de  $100 \text{ kg} \times 1,65 = 165 \text{ N}$  sur le sol lunaire.

Il apparaît à la vue de cet exemple qu'un déchargement de camion de décors demande moins d'efforts en Guyane qu'à Paris. Quant à la Lune, l'effort à fournir est environ six fois moindre que sur Terre... donc patientons en attendant la construction du premier **théâtre** lunaire.

Nous parlons de **charge** ou poids propre pour désigner la masse d'un matériel (**projecteur**, toile, **châssis**, **praticable**, **porteuse**...) et de surcharge quand il s'agit d'une force ou sollicitation venant s'ajouter au poids propre de l'élément en question. Donc, la pose de charges sur un support amène une surcharge sur celui-ci.

### Exemple :

Un [praticable](#) d'un mètre sur un mètre a un poids propre de 22 daN et accepte une surcharge répartie sur sa surface de 500 daN.

La surcharge peut s'exprimer par un cumul de charges sur un support (plusieurs projecteurs sur une porteuse) ou par l'application accidentelle d'une force extérieure sur ce support (une extrémité de porteuse accidentellement bloquée en cours de manœuvre)... Les valeurs limites de surcharge sur les porteuses, ponts, poutres, [manteau](#), passerelles, praticables, sont exprimées en déca-Newton (daN). Les techniciens parlent injustement de "poids", exprimé en kilogramme, comme tout un chacun dans la vie courante. Donc il faut faire preuve de vigilance lors des conversions de valeurs pour l'utilisation de matériels d'accroché type maillon rapide, [mousqueton](#), poulie (valeurs exprimées parfois en N, daN, kN, kg, ou encore en Tonne).

▼ Correspondance de valeurs de masses (valeur arrondie)

	1 N ▶	100 gr
1 daN ▶	10 N ▶	1 Kg
1 kN ▶	1 000 N ▶	100 Kg
10 Kn ▶	10 000 N ▶	1 Tonne

[Haut de page](#)

## Forces

Imprimer

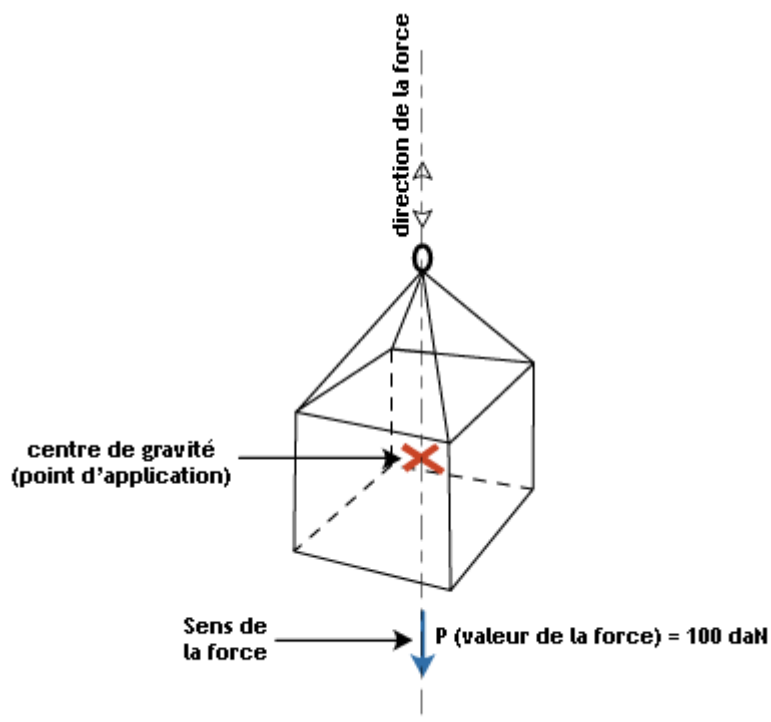
Sur tous les ouvrages de machinerie, nous rencontrons notamment :

- **des forces ponctuelles** : ce sont des forces appliquées sur une surface réduite. Par exemple, un **projecteur** sur une **porteuse**. Le poids du projecteur se répartit sur la largeur du crochet.
- **des forces réparties** : ce sont des forces appliquées sur une surface importante. Par exemple, une **draperie** de **fond** équipée sur une porteuse. La répartition des forces se fait par l'ensemble des nouettes fixées sur le tube de porteuse.

Le poids est une force, elle est caractérisée par :

- son point d'application, résultante des forces s'exprimant en tout objet ou structure, appelé aussi centre de gravité.
- sa direction (par exemple verticale).
- son sens (par exemple du bas vers le haut).
- sa valeur (ou intensité) mesurée avec un dynamomètre, exprimée en Newton (N).

▼ Les caractéristiques d'une force :



[Haut de page](#)

## Charge Maximale d'Utilisation (CMU)

[Imprimer](#)

Le levage et l'accroche de [charges](#) sont deux des composantes fondamentales des métiers de la scène. Il s'agit de lever des [grappes de son](#) , des [projecteurs](#) , des éléments de décor, des ponts de scène...

Dans un système de levage interviennent :

- des **charges à lever**
- des **supports d'accroche** : poutres, ponts, [porteuses](#) (ou [perches](#))...
- des **appareils de levage** : moteurs, [palans](#) manuels, équipes à main...
- des **élingues** : élingues acier, élingues chaînes, élingues sangles...
- des **éléments connecteurs** ou accessoires : [mousquetons](#), [manilles](#), maillons rapides, [colliers](#), tendeurs...

Afin d'effectuer un levage dans les règles de l'art, le [machiniste](#) doit avoir connaissance :

- du poids de la charge à lever
- de la limite de rupture (ou Charge de Rupture) ou la **CMU** des éléments incorporés dans le système (élingues, chaînes, câbles, manilles, maillons rapides, porteuses, poutres...).

Pour travailler avec une marge de [sécurité](#) , l'utilisation des éléments du système de levage doit être éloignée de la valeur de limite de rupture... intervient alors la notion de CMU.

[Haut de page](#)

## Définition

Imprimer

La **CMU**, Charge Maximale d'Utilisation, (ou en anglais SWL = Safe Working Load, ou encore WLL = Working Load Limit) est la **charge** limite maximale que l'on applique à tout matériel de levage (**guides**, **mousquetons**, chaînes, **manilles**, élingues...) pour l'utiliser dans le respect des [règles de sécurité](#) .

Saisissez les valeurs dans les cases vierges (en respectant les unités indiquées) et visualisez directement le résultat du calcul dans les cases vertes en fonction des valeurs saisies.

La CMU est donnée par la formule : 
$$\text{CMU (en daN)} = \frac{\text{Charge de rupture (en daN)}}{\text{Coefficient de sécurité}}$$

=  $\frac{\text{Charge de rupture (en daN)}}{\text{Coefficient de sécurité}}$

CMU (en daN)

Penser à doubler le coefficient de sécurité pour une utilisation "spectacle".

calculs physiques

La **Charge de Rupture (CR)** (ou BLL, Breaking Load Limit en anglais) d'un matériel est déterminée par les fabricants.

Elle indique la valeur pour laquelle ce matériel atteint son point de destruction.

Les **Coefficients de sécurité** varient selon le type de matériel utilisé et sont définis par le [Code du Travail](#) . Ils sont appliqués à la valeur de la charge de rupture du matériel de levage. Ils permettent d'augmenter la sécurité de manoeuvre d'une charge, définissant ainsi la valeur de la Charge Maximale d'Utilisation du matériel. Les coefficients de sécurité intègrent les efforts dynamiques subis par les matériels.

Tout matériel de levage doit être renseigné par une valeur de charge de rupture (indication donnée par le fabricant) ou une CMU (indication donnée par le fabricant ou valeur calculée à partir de la charge de rupture). La valeur de CMU doit être estampillée ou être jointe au matériel (étiquette cousue ou marquage imprimé). Tout matériel non renseigné ou non estampillé d'une CMU ou d'une CR ne doit pas être utilisé.

[En savoir plus](#)

En résumé, un technicien travaillant avec du matériel de levage dispose :

- soit d'une valeur de **charge de rupture** du matériel
- soit d'une valeur de **CMU** du matériel

Par exemple, un câble est toujours renseigné par une valeur de charge de rupture donnée par son fabricant, une élingue renseignée par une CMU.

Certains matériels peuvent être renseignés sous des terminologies telles que : "Limite de Fonction" ou "Valeur d'Utilisation Maxi" ou "Charge de Travail"... En cas de doute sur la signification des



terminologies rencontrées, il est préférable d'établir la validité d'un matériel de levage en s'appuyant sur les valeurs de charge de rupture et d'en faire découler la CMU.

[Haut de page](#)

## Coefficients de sécurité

Imprimer

Le Conseil National de la Scénographie préconise de doubler la valeur des coefficients de sécurité sur les matériels intervenants dans un système de levage utilisé dans le domaine du spectacle. Ceci en raison de la difficulté d'appliquer sur une scène l'interdiction de passage de personnel (technique ou artistique) sous une charge en levage, et par l'éventuelle présence de charges accrochées au-dessus du public.

[En savoir plus](#)

Les valeurs de **CMU** estampillées sur les élingues ou les **connecteurs** sont toujours des valeurs non spécifiques au domaine du spectacle.

### ▼ Coefficients de sécurité

Coefficient 4	chaînes de levage et accessoires
Coefficient 5	<b>mousquetons</b> , maillons rapides, émerillons, <b>manilles</b> câbles, élingues, terminaisons poulies, <b>mouffles</b>
Coefficient 7	cordages, sangles textiles

### Calculs de CMU dans le domaine du spectacle :

#### Exemples :

- **Choix d'une élingue en fonction de la charge à lever**  
Pour une charge de 100 daN à lever, le technicien porte son choix sur une élingue d'une CMU de 200 daN. (CMU 100 daN x 2)
- **Calcul d'une charge en fonction d'une CMU d'une élingue**  
En ayant à disposition une élingue d'une CMU de 100 daN, le poids maximal de la charge à lever est de 50 daN.
- **Calcul d'une CMU à partir d'une valeur de charge de rupture d'un élément de levage**  
On utilise une poulie d'une valeur de charge de rupture de 1 500 daN donnée par le fabricant. La CMU à adopter pour cette poulie est donc de :  $CMU = 1\ 500\ daN / \text{coefficient } 5$   
 $x \text{ coefficient spectacle } 2 = 150\ daN$  (sous réserve de l'utiliser dans les conditions définies par le fabricant et dans les règles de l'art du mouflage).

[Haut de page](#)

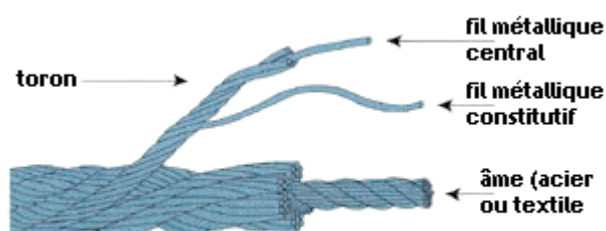
## Câbles

Imprimer

Un câble est un assemblage de fils métalliques constitués en **torons**, eux-mêmes rassemblés autour d'une âme textile ou métallique. Les câbles courants comportent de 6 à 7 torons composés de 7 à 61 fils.

En comparant deux câbles de même diamètre, ceux-ci peuvent être composés d'un nombre différent de fils, le diamètre de ces fils étant différent : le câble le plus rigide est celui constitué de fils de plus gros diamètre. Le câble le plus souple est constitué de fils de plus petit diamètre. Ce câble a une **charge** de rupture inférieure à celle du câble rigide.

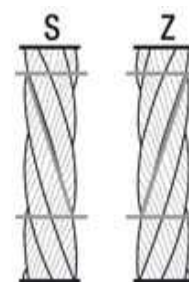
### ▼ Constitution d'un câble



Lors du commettage, la première étape est la constitution de torons de fils par le torsadage de ceux-ci. Puis intervient le torsadage des torons de fils autour de l'âme, effectué dans le sens inverse de celui des fils, constituant ainsi le câble. Ces deux sens de torsadage (fils et torons) peuvent être inversés, donnant au final un aspect de câble commit en S ou en Z. Il faudra rouler (ou plier) le câble dans le sens du toron tout en le dévissant à chaque spire de lovage, en évitant la formation de boucles et un pliage trop serré. Ce procédé de roulage doit également être adopté pour les élingues acier.

Les câbles acier couramment utilisés en levage dans le domaine du spectacle ont une résistance à la rupture allant de 150 à 200 daN/mm<sup>2</sup>. Un câble, malgré son aspect robuste reste un élément fragile.

L'utilisateur doit effectuer un contrôle visuel rigoureux de l'aspect du câble avant son utilisation, en vérifiant :



- l'absence de fils cassés,
- l'état d'usure des fils,
- les traces d'oxydation,
- les distensions des fils,
- l'absence de pliures.

La surcharge appliquée à un câble se répartit uniformément sur l'ensemble des fils constitutifs. S'il apparaît que certains fils sont rompus ou déformés, la répartition de l'effort sera délivrée sur les fils restant valides, ou sur un certain nombre de torons. Il est donc clair que la valeur de la charge de rupture initiale n'aura plus cours et le câble devra être mis au rebut (ne pas hésiter à utiliser la pince coupe câble pour une mise hors service définitive).

### Dérouler et débiter un câble

Pour éviter la formation de boucles ou de coques, causes de ruine et d'usure, un câble se déroule de préférence sur un chevalet avec un contrôle de la vitesse du touret, celle-ci devant être régulière et être stoppée sans effet d'**inertie** lors de l'arrêt du déroulage.

### ▼ Méthodes correctes



▼ Méthodes à proscrire



Le débit d'un câble s'effectue avec une pince coupe câble, outil permettant la cisaille et la pose de manchon.

Avant la coupe, un morceau de ruban adhésif de type "barnier" posé dans le sens du toron, permet d'éviter le détournage du câble et son effilochage. La coupe du câble s'effectue au milieu de l'adhésif.

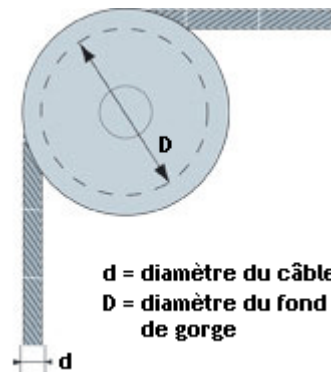
**Diamètre d'enroulement**

Pour éviter toute fatigue ou usure précoce du câble, quelques précautions d'utilisation s'imposent, notamment avec l'usage de poulies. Un câble passant dans une gorge de réa trop étroite risque de se détournner et donc perdre de sa cohésion. Apparaît alors la notion de diamètre d'enroulement (ou rayon de courbure), qui est le rapport entre le diamètre du câble (d) et le diamètre du fond de gorge de la poulie (D).

Le diamètre d'enroulement courant est de 22 fois le diamètre du câble.

**Exemple :** un câble de 6 mm de diamètre et de 61 fils doit être utilisé avec une poulie de diamètre de réa égal à :  $6 \text{ mm} \times 22 = 132 \text{ mm}$ .

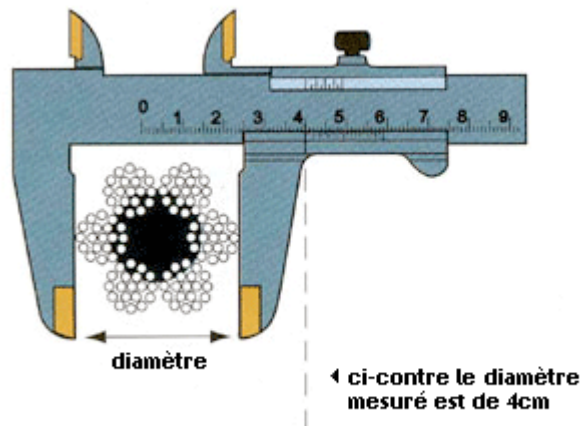
Plus spécifiquement, le tableau ci-dessous donne le diamètre d'enroulement pour un type de câble donné.



Câble	Diamètre d'enroulement
7 fils	$D = 48 d$
9 fils	$D = 37 d$
37 fils	$D = 24 d$
61 fils	$D = 22 d$

Un câble se mesure au pied à coulisse sur son plus grand diamètre extérieur. Une diminution de son diamètre initial au delà de 10% doit entraîner sa mise au rebut immédiate.

▼ Lecture sur pied à coulisse



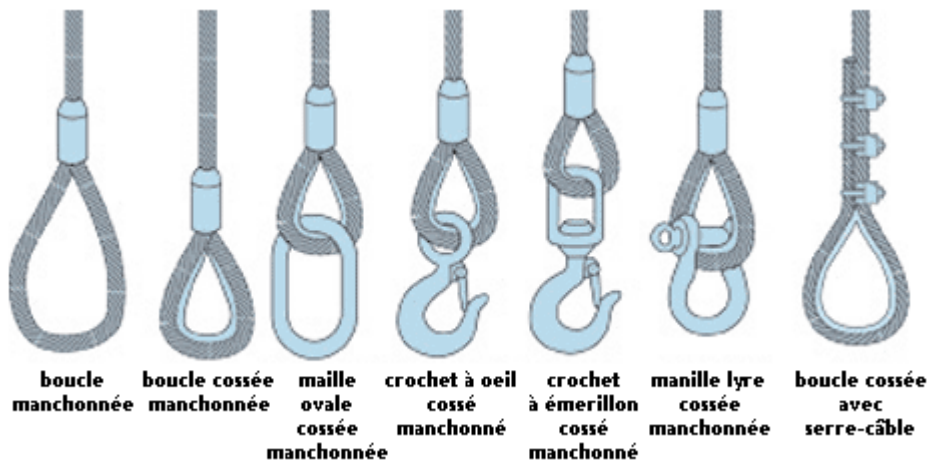
### Valeurs des terminaisons

Un câble est transformé en élingue lorsque en son extrémité se trouve une terminaison d'accroche. Au même titre qu'un noeud au bout d'une **guinde**, la terminaison va provoquer un affaiblissement sensible de la valeur de rupture de l'élingue.

Le calcul de la **CMU** pour une élingue livrée par un fabricant intègre les valeurs de terminaisons. Il n'y a pas lieu pour l'utilisateur de déduire celles-ci à nouveau. La déduction se fait pour une confection artisanale d'élingue.

En fonction du type de terminaison équipée, la valeur de rupture du câble se doit d'être minorée de :

- 20% par la pose de serre-câble
- 10% pour les terminaisons manchonnées



Ces coefficients ne se cumulent pas en cas d'installations de plusieurs terminaisons identiques sur un même câble. En cas de montage de terminaisons différentes sur un même câble, le coefficient à retenir est celui possédant la plus forte valeur.

Le calcul de la CMU pour une élingue livrée par un fabricant intègre les valeurs de terminaisons. Il n'y a pas lieu pour l'utilisateur de déduire celles-ci à nouveau. La déduction se fait pour une confection artisanale d'élingue.

Pour la pose de plusieurs serre-câble sur un câble : on déduit 20 % de la valeur initiale de la charge de rupture du câble pour trouver sa nouvelle valeur de CR (charge de rupture).

Exemple : un câble de 6 torons x 19 fils équipé de serre-câble voit sa charge de rupture initiale de 2 250 daN minorée de 20%, soit une nouvelle CR de 1 800 daN.

## Les serre-câbles

Les serre-câbles permettent de réaliser une terminaison d'élingue ou une jonction entre deux câbles. Les serre-câbles couramment utilisés sont "à étrier". Ils sont composés de deux éléments : la selle, et l'étrier avec un filetage à ses extrémités. L'usage de serre-câble entraîne une perte de résistance de 20% de la charge de rupture du câble.

Le choix d'un serre-câble se fait en fonction du diamètre de câble utilisé. Le diamètre de la selle du serre-câble doit être légèrement supérieur à celui du câble, en aucun cas inférieur. Le nombre de serre-câbles à installer est dépendant du diamètre du câble.

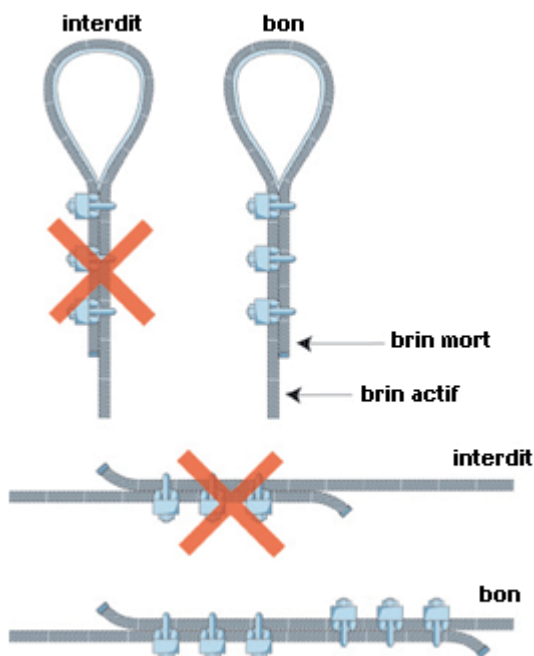
### ▼ Nombre de serre-câbles en fonction du diamètre du câble

Diamètre du Câble	Nombre de serre-câbles
3 à 12 mm	4
12,5 à 20 mm	5
22 à 25 mm	6
25 à 35 mm	7
35 à 50 mm	8

### Montage d'un serre-câble

L'étrier doit impérativement venir boucler le côté **brin mort** (bout du câble soumis à aucune tension) tandis que la selle, ou semelle, doit accueillir le **brin actif** du câble (partie du câble soumise à la tension). Un montage inversé entraîne des déformations (voire des amorces de ruptures) sur le brin actif par écrasement de l'étrier sur les fils, rendant le câble inutilisable après démontage des serre-câbles. Il faut veiller à respecter un écart entre chaque serre-câble de 6 à 8 fois le diamètre du câble. Le premier serre-câble se pose au plus près du cosse coeur afin de garantir un bon maintien dans la boucle. Le serrage des écrous d'un serre-câble s'effectue alternativement d'un écrou à l'autre.

La pose d'un scotch en bout de brin mort et couvrant le brin actif est recommandé. Il permet de contrôler l'éventuel glissement du brin actif par rapport au brin mort du câble et prévient également des blessures corporelles occasionnées par l'effilochage du câble.



### Le cosse coeur

Le cosse coeur est un élément de terminaison de l'élingue. Il trouve sa place dans la pliure du câble.

Il minimise les efforts mécaniques sur les fils du câble, tout en lui imposant un rayon de courbure acceptable. Sa largeur de gorge doit être légèrement supérieure au diamètre du câble.

▼ Montage d'un cosse coeur



**Mise en place  
du manchon...**



**...puis du  
cosse coeur... ...et du sertissage**



[Haut de page](#)

## Élingues

Imprimer

Une élingue peut être en câble acier, en textile, en chaîne, en cordage. Elle peut être élingue simple ou multibrin (2, 3, 4 brins). La plus courante en usage scénique est l'élingue simple à câble acier et reconnue par les [machinistes](#) sous le terme "élingue". Au fil de ces pages, nous la distinguerons de la chaîne et de l'élingue textile.

Omniprésentes sur scène, nous trouvons les élingues en usage fixe sur les éléments de manoeuvre du [cintre](#) ([porteuses](#), [manteau](#), ponts, rideau de fer...). Elles sont régulièrement mises en oeuvre pour le levage de matériel tels les [sous-perches](#), les poutres treillis, les décors...

### ▼ Élingue simple en accroche par une griffe sur une poutrelle



### Calcul de la CMU d'une élingue confectionnée

**Exemple** : un câble acier de 6 [torons](#) x 37 fils, de diamètre nominal de 12,6 mm que l'on désire transformer en élingue par manchonnage, est donné par le fabricant pour une valeur de [charge](#) de rupture de 8 500 daN.

Pour trouver la [CMU](#) de l'élingue confectionnée, appliquer d'abord la minoration de terminaison d'un manchon, soit 10% de 8 500 daN = 7 650 daN, puis diviser par le coefficient de sécurité du câble d'une valeur de 5, soit :  $7\,650 \text{ daN} / 5 = 1\,530 \text{ daN}$ .

La CMU de cette élingue confectionnée est de 1 530 daN / coefficient spectacle 2 = 765 daN.

Une élingue manchonnée doit être réalisée par du personnel qualifié et autorisé à estampiller la CMU.

Une élingue ne portant aucune valeur de CMU ne peut être utilisée.

Rappel : les valeurs de CMU estampillées sur les élingues ou les [connecteurs](#) sont toujours des valeurs non-spécifiques au domaine du spectacle.

[En savoir plus](#)

De même qu'une inspection des câbles s'impose avant utilisation, les élingues doivent être soumises à un contrôle de leurs terminaisons, notamment sur les manchons qui doivent être exempts de fissure.

Le gainage opaque autour d'une élingue et de son manchon est proscrit, du fait de l'impossibilité d'inspecter visuellement leur aspect. L'application d'une peinture sur un câble est interdite, l'action des solvants pouvant détériorer l'âme textile d'un câble. Une élingue noire peut être conçue par procédé de teinte dans la masse du câble lors de sa fabrication, ou pour le achiniste par la pose d'une "[chaussette](#)", faisant office de gaine noire provisoire autour du câble. La chaussette pratique et idéale est cousue et adaptée pour une large gamme de longueur de câbles.

Une élingue, par exemple en boucle autour d'une poutre, doit être protégée des risques de cisaillement. Si cette élingue ne possède pas de gaine translucide protectrice, on peut la protéger



par un morceau de pneu ou de moquette autour des angles vifs des arêtes de la poutre.

### Elinguage de sécurité

D'après le [Code du Travail](#) : “Les éléments servant à l'accrochage des équipements scéniques ([son](#) , [lumière](#) , ...) sur les crochets de suspensions ou les [perches](#) seront également doublés (un pour l'accrochage, un pour la [sécurité](#) )”. La présence d'une élingue de sécurité est donc obligatoire pour tout [projecteur](#) accroché, ainsi que ses accessoires ([volet](#) , [changeur de couleur](#) , [ballast](#) ...). Un système de diffusion de son accroché doit également être sécurisé, de même qu'une présence d'élingue de sécurité pour chaque moteur sur un pont est obligatoire. Une sangle textile ne doit pas être utilisée en élingue de sécurité.



[Haut de page](#)

## Chaînes de levage

Imprimer

Utilisées en élingues, elles ont l'avantage contrairement aux élingues câbles de pouvoir être facilement ajustables en longueur avec l'ajout d'accessoires de raccourcissement. Les chaînes sont classées d'après leur contrainte à la rupture, soit sous leur qualité, leur grade ou encore leur classe.

Grade	Qualité	Classe	Rupture
32	L	3	320 N/mm <sup>2</sup>
40	M	4	400 N/mm <sup>2</sup>
50	P	5	500 N/mm <sup>2</sup>
63	S	6	630 N/mm <sup>2</sup>
80	T	8	800 N/mm <sup>2</sup>

Toute chaîne de levage doit porter l'estampille de son classement, généralement apposée tous les mètres ou les vingt maillons. Une chaîne non estampillée ne doit pas être utilisée. Chaque chaîne doit posséder un certificat du fabricant indiquant :

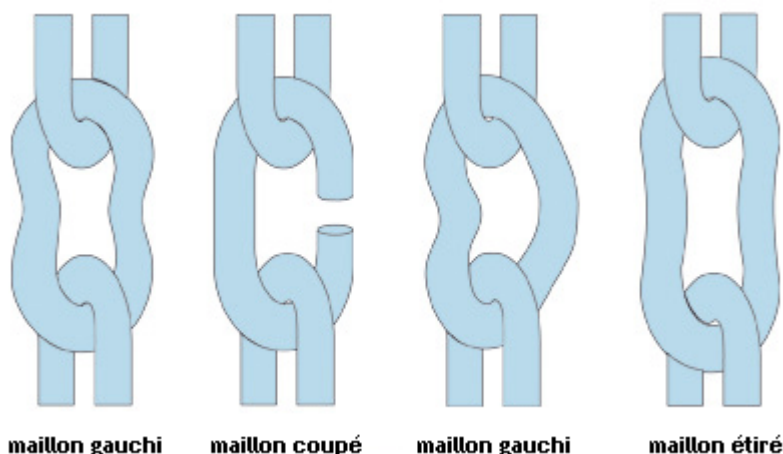
- le classement de la chaîne,
- la masse linéaire,
- la **CMU**,
- l'allongement maximal.

La limite de rupture d'une chaîne est dépendante de l'état de son maillon le plus faible. La conséquence de cette règle pour le **machiniste** est, qu'avant chaque utilisation, un minimum de temps doit être accordé à **l'inspection** des maillons de la chaîne.

Une chaîne de levage sous l'effet d'une **charge**, ne doit jamais présenter de noeuds ni de maillons entremêlés, ni une vrille de plus d' 1/4 de tour sur sa longueur.

Une **surcharge** trop importante imposée à la chaîne se traduit par un allongement et un cintrage des maillons. Une chaîne présentant une **usure** prononcée ou des **anomalies** sur un ou plusieurs maillons, ne doit pas être mise en service.

Comme un câble ou une élingue, la chaîne est soumise aux facteurs de mode (cf p.26). Enfin pour rappel, la CMU d'une chaîne se calcule avec un coefficient de sécurité de 8 (coefficient 4 x 2 pour le spectacle).



[Haut de page](#)

## Sangles textiles (ou estropes)

Imprimer

De par leur légèreté et leur maniabilité, les sangles textiles s'intègrent aisément dans un système de levage. On les utilise en élingue de levage dans la limite de leur **CMU**.

Constituées de fibres synthétiques P.E.T (les polyesters), P.P (les polypropylènes) ou encore P.A (les polyamides), leur talon d'Achille vient de leur faible **résistance au feu**, leur point de fusion se situant aux environs de 200°C. Les sangles textiles ne doivent pas être équipées à proximité de **projecteurs** ou autres **sources de chaleur**. Il convient d'adjoindre systématiquement à la sangle textile utilisée en accroche, une élingue métallique de **sécurité**.

Si une **charge** doit rester suspendue et accrochée on utilisera de préférence une élingue acier à la place de l'élingue textile.

### ▼ sangle textile 2 tonnes



### ▼ Correspondance couleur et limite de charge pour les sangles textiles

Couleurs	vert olive	violet	vert	jaune	gris	rouge	marron	bleu
CMU en tonnes	0,5	1	2	3	4	5	6	8

Une sangle doit être sérieusement contrôlée avant chaque utilisation, notamment l'état de ses coutures et de sa gaine protectrice. La sangle doit être mise en adéquation avec la charge à lever, en vérifiant la CMU brodée ou portée sur une étiquette cousue. Comme pour un câble ou une chaîne, une sangle doit être protégée des arêtes saillantes des poutrelles de type IPN, HEA...

[Haut de page](#)

## Haubanage

Imprimer

Le haubanage est une technique d'immobilisation de **charge** ou de support de charge (**porteuse**, pont...). Utilisé sous **chapiteau** pour fixer les agrès de voltige ou les mâts de fildefériste, on l'utilise sur une scène pour stabiliser les éventuels mouvements de porteuses.

Une mise en tension d'un haubanage peut être faite à la force des bras ou avec l'assistance d'appareils (**Tirfor**).

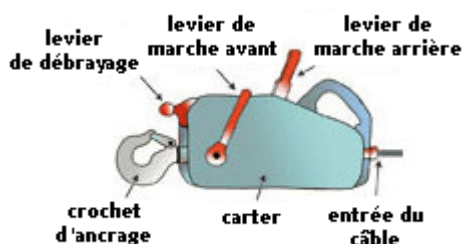
Dans ce dernier cas, la résistance des supports d'ancrage doit être validée et l'appareil mis en adéquation avec les forces résultantes.

### Le Tirfor

Cet appareil permet la mise sous tension de câbles soumis à des efforts importants, par exemple un mât de fildefériste, pour la mise en tension de haubans.

Le Tirfor est composé par :

- un carter, avec en interne les mâchoires de logement du câble,
- un crochet d'ancrage,
- un levier de manoeuvre,
- un levier de débrayage,
- un levier d'inversion de sens.



Le câble actif se loge entre les mâchoires internes du

Tirfor, qui sont actionnées par le levier de manoeuvre. Le levier de débrayage se verrouille automatiquement sous la tension du câble. Plus la charge est forte, plus le serrage des mâchoires devient conséquent. Les capacités de charge du Tirfor doivent être indiquées sur l'appareil et dûment respectées. Le Tirfor se manoeuvre toujours à une seule personne, l'effort à fournir lors de la traction doit être inférieur aux capacités de l'appareil et à la **CMU** du câble. Si l'effort à fournir pour la mise en tension du câble devient trop important, le **machiniste** doit choisir un Tirfor de plus grande capacité de traction. L'utilisation d'un Tirfor en levage de personnel est interdite.

On devra se renseigner sur les capacités de résistance des points d'ancrage, les forces induites par l'utilisation d'un Tirfor étant conséquentes.

### Les tendeurs

Les tendeurs sont utilisés pour ajuster au plus près la longueur de deux élingues lors d'une recherche de parfaite planéité de **châssis**, de porteuse, ou encore pour mettre en tension une ou plusieurs élingues dans le respect de leur **CMU** et des capacités du tendeur. Ils sont composés d'une cage (ou corps), de deux tiges filetées avec terminaisons dont voici les plus courantes : à oeil, à chape, à crochet. La mise en tension s'effectue par une rotation manuelle de la cage, les filets de tiges étant inversés, la rentrée ou sortie de ces tiges progresse en sens opposés. Comme pour tout accessoire de levage, le tendeur doit être estampillé d'une **CMU**.

Un tendeur est caractérisé par :

- sa **CMU**,
- l'amplitude de distance entre les tiges filetées,
- le diamètre de l'oeil, ou l'ouverture du crochet, ou le diamètre de l'axe de chape.

▼ **Tendeur à chape**



▼ **Tendeur à oeil**



▼ **Tendeur à crochet**

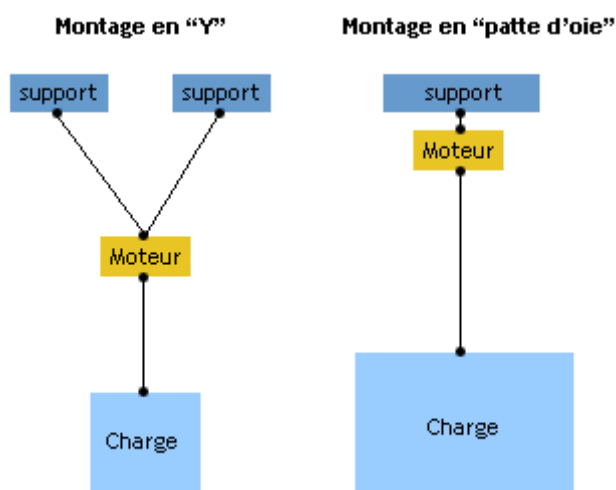


[Haut de page](#)

## Facteurs de mode

Imprimer

Un système de levage peut être réalisé avec deux élingues simples ou une élingue multibrin dans le cas d'un montage en "patte d'oie" ou en "Y".  
Les facteurs de mode permettent de prendre en compte la géométrie de l'élinguage, à savoir que l'effort supporté par les élingues augmente avec leur ouverture d'angle.



La tension dans chaque élingue est majorée d'un coefficient variant selon l'angle d'ouverture des élingues :

### ▼ Variation du coefficient selon l'angle

Angle entre élingues	Coefficient majorateur
45°	1,08
60°	1,16
70°	1,22
80°	1,31
90°	1,42
100°	1,56
110°	1,75
120°	2

### ▼ Calcul d'une élingue en fonction de l'angle

Saisissez les valeurs dans les cases vierges (en respectant les unités indiquées) et visualisez directement le résultat du calcul dans les cases vertes en fonction des valeurs saisies.

$$\text{CMU d'une élingue (en daN)} = \frac{\text{Poids de la charge (en daN)}}{2} \times \text{Facteur de mode}$$

=  $\frac{\text{Poids de la charge (en daN)}}{2}$  x

CMU d'une élingue (en daN)

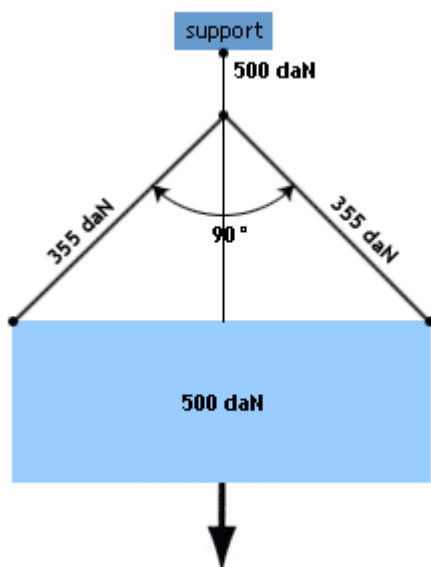
Penser à doubler la CMU pour une utilisation "spectacle". Par exemple, si le résultat correspond à une CMU de 500 daN, prendre une élingue d'une CMU de 1000 daN.

*calculs physiques*

Soit une charge de 500 daN à lever avec un couple d'élingues simples formant entre elles un angle de 90°.

En appliquant un coefficient majorateur de 1,42 à la charge accrochée de 500 daN, la charge résultante dans chaque élingue est portée à :  
 $(500 \text{ daN} / 2) \times 1,42 = 355 \text{ daN}$ .

Le choix se porte (dans le domaine du spectacle), sur un couple d'élingue d'une CMU de :  
 $355 \text{ daN} \times \text{coefficient spectacle } 2 = 710 \text{ daN}$  chacune.



▼ Calcul d'une charge maximale en fonction de l'angle

**Poids maximum de la charge (en daN) =  $\frac{\text{CMU d'une élingue (en daN)}}{\text{Facteur de mode}} \times 2$**

=  $\frac{\text{CMU d'une élingue (en daN)}}{\text{Facteur de mode}} \times 2$

**Dans le cadre du spectacle, diviser le résultat par 2.**

*calculs physiques*

Calculons maintenant la charge maximale pouvant être levée avec deux élingues simples montées en patte d'oie.

Les élingues ont une CMU indiquée de 1 000 daN chacune. L'angle formé entre ces élingues, pour le levage de la charge, est de 110°.

Dans ce système, la charge maximale pouvant être levée est de :  $(1\ 000\ \text{daN} \times 2) / 1,75 = 1\ 142\ \text{daN}$ .  
 Dans le domaine du spectacle, la charge maximale à lever est de  $1\ 142\ \text{daN} / \text{coefficient spectacle } 2 = 571\ \text{daN}$ .

En aucun cas l'angle formé par les élingues ne doit excéder 120°.

[En savoir plus](#)

Haut de page



## Mousquetons

[Imprimer](#)

En aluminium ou en acier, ils sont surtout utilisés en tant qu'éléments connecteurs dans un système de levage pour personne. Omniprésents dans la pratique de l'escalade, leur utilisation en levage de matériel présente des attraits par leur maniabilité et rapidité de mise en oeuvre. Le choix d'un [mousqueton](#) est défini par son amplitude d'ouverture et sa [CMU](#).



La CMU variant selon la géométrie d'utilisation du mousqueton, le [machiniste](#) se doit de consulter les préconisations délivrées par les fabricants avant de réaliser l'accroche.

Les mousquetons sont pourvus d'un système de verrouillage du doigt (partie mobile du mousqueton assurant sa fermeture). Celui-ci est automatique ou manuel. Le machiniste doit effectuer une [vérification systématique du verrouillage](#) du mousqueton avant le levage de la [charge](#).

[Haut de page](#)

## Maillons rapides

Imprimer

Les maillons rapides sont principalement utilisés pour :

- raccorder des éléments de levage entre eux (chaînes, élingues...),
- réaliser l'accroche d'une **charge**,
- raccourcir une chaîne.

En aluminium ou en acier pour certains modèles, les maillons rapides sont composés de deux éléments: la tige, filetée en une extrémité, et l'écrou de fermeture. Nous rencontrons trois familles principales de maillons rapides :

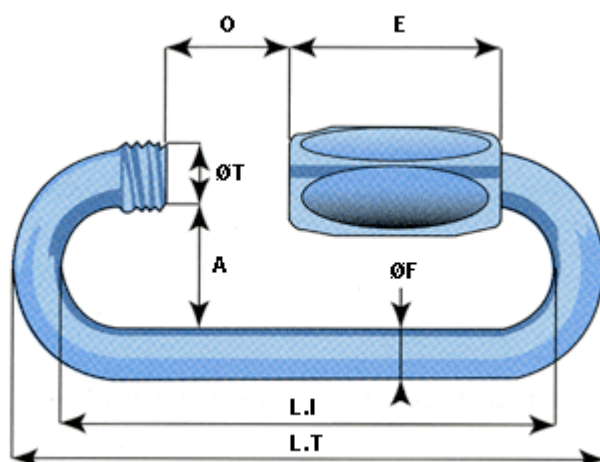
- la série Normale (type N),
- la série Grande Ouverture (type GO),
- la série Delta (type D).

Comme pour les **mousquetons**, une attention particulière est à porter sur le verrouillage des maillons rapides avant le levage de la charge : l'écrou se doit d'être vissé jusqu'au bout du filet de tige.



### ▼ Caractéristiques des maillons rapides

Le choix d'un maillon rapide se fait en fonction des caractéristiques données par les fabricants : sa **CMU**, l'ouverture entre tiges, l'écartement entre filet et écrou, le diamètre de tige...



La grille ci-dessous donne les spécificités du maillon type GO. Un exemple d'utilisation : pour une charge de 100 daN à lever, nous cherchons dans le tableau le maillon offrant une CMU minimum de 200 daN (100 daN x coefficient spectacle 2). Le **machiniste** porte son choix sur le maillon indiquant

une CMU de 250 daN, soit un maillon de 5 mm.

	Dimensions en mm							Charge en daN	
	Ø F	L. T	L. I	A	O	E	Ø T	CMU(daN)	CR(daN)
<b>3,0 GO</b>	3,0	39,5	33,5	8,5	8,5	13,5	4 x 60	45	225
<b>3,5 GO</b>	3,5	46,0	39,0	10,0	10,0	16,0	5 x 90	90	450
<b>4,0 GO</b>	4,0	53,0	45,0	11,5	11,5	19,0	6 x 100	160	800
<b>5,0 GO</b>	5,0	62,0	52,0	13,0	13,0	22,0	7 x 100	250	1 250
<b>6,0 GO</b>	6,0	70,5	58,5	14,5	14,5	25,0	9 x 125	350	1 750
<b>7,0 GO</b>	7,0	79,0	65,0	16,0	16,0	28,0	10 x 125	500	2 500
<b>8,0 GO</b>	8,0	88,0	72,0	17,5	17,5	31,5	11 x 125	650	3 250
<b>9,0 GO</b>	9,0	95,0	77,0	19,0	19,0	33,0	12 x 125	800	4 000
<b>10,0 GO</b>	10,0	105,5	85,5	20,5	20,5	36,0	13 x 125	1 000	5 000
<b>12,0 GO</b>	12,0	124,0	100,0	23,5	23,5	43,0	15 x 150	1 250	6 250
<b>14,0 GO</b>	14,0	142,0	114,0	26,5	26,5	49,0	17 x 150	2 000	10 000
<b>16,0 GO</b>	16,0	161,0	129,0	29,5	29,5	54,0	19 x 150	2 500	12 500
<b>18,0 GO</b>	18,0	176,5	140,0	32,5	32,5	62,0	22 x 150	3 000	15 000
<b>20,0 GO</b>	20,0	198,5	158,5	35,5	35,5	71,0	24 x 200	3 600	18 000

Les maillons rapides doivent être correctement positionnés dans l'axe du levage dès le décollage de la charge.

[Haut de page](#)

## Emerillons

[Imprimer](#)

Principalement deux types d'émerillons sont utilisés :

- l'un pour positionner une [charge](#) uniquement au moment du levage : l'émerillon effectue une rotation sur son axe lorsque la charge se met sous tension, permettant au câble de présenter son toronnage dans le bon sens.
- l'autre pour subir une rotation en levage : l'émerillon permet à l'utilisateur de positionner et de manoeuvrer la charge une fois levée.



⚠ Ce type d'émerillon est utilisé pour le positionnement de la charge au moment de son levage

[Haut de page](#)

## Manilles

Imprimer

Une **manille** est un accessoire de levage, elle est composée d'un corps et d'un axe fileté (ou manillon). Elle se décline sous deux formes : la manille droite en forme de U, ou la manille lyre. La **charge** accrochée par une manille doit être stable, sans ballant, pour éviter le dévissage du manillon. L'axe est pourvu d'un oeil, on y passe un fil noué autour du corps de la manille, permettant de réaliser le blocage de l'axe, celui-ci devant être suffisamment serré et venir en butée de fond de filet du corps. L'axe et le corps de la manille doivent être de même qualité et de même dimension. Une manille doit être estampillée des indications suivantes pour être utilisée en levage :

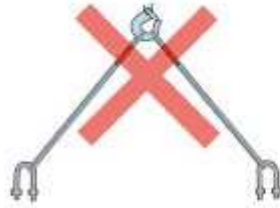
- sa **CMU** (ou CR),
- sa **conformité CE** ,
- le nom du fabricant, sa classe ou qualité.

### ▼ Manille “lyre”



Veiller à éviter les chocs importants ou les chutes (même de faible hauteur), une petite fêlure amène la ruine de la manille donc sa mise au rebut.

Une élingue ou un crochet de moteur doit toujours être centrée sur le manillon. La pose d'entretoises sur le manillon, de part et d'autre du crochet ou de l'élingue permet de maintenir la manille dans l'axe du levage. On peut par exemple réaliser des entretoises avec des rondelles ou des écrous.



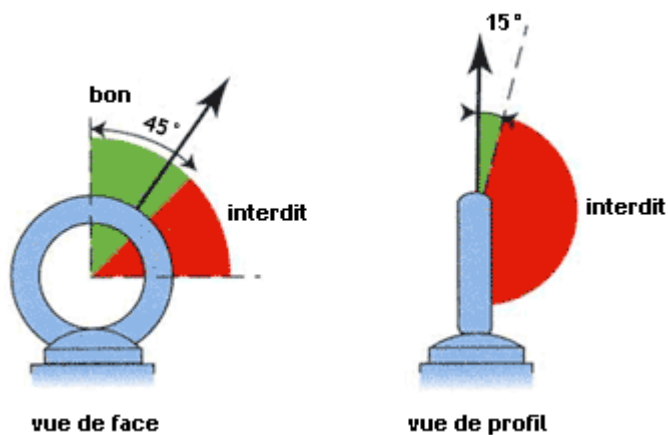
Haut de page

## Anneaux de levage

Imprimer

Cet accessoire s'utilise en accroche de [charge](#) ou en ancrage dans les parois murales. Utilisé en tirage (par exemple pour créer un point de fixation de haubanage), on devra au préalable se renseigner sur la qualité et la résistance du matériau d'ancrage (béton, acier...). La [CMU](#) doit être estampillée sur le corps de l'anneau. Composé d'un oeil et d'une embase filetée (anneau femelle) ou d'une tige filetée (anneau mâle), cet accessoire s'utilise dans l'axe du levage, avec un angle maximum de 45° en bord d'oeil et de 15° en traction latérale. Il y a risque de rupture de l'anneau en cas de dépassement de l'angle.

### ▼ Amplitude de l'axe de levage



[Haut de page](#)

## Cordages

Imprimer

L'emploi des cordages est omniprésent dans le quotidien du technicien, il n'est de montage sans l'utilisation de fils pour **haubaner**, **brider**, fixer, relier, accrocher, lever... Par tradition (ou superstition), le terme "**corde**" est banni du **plateau**, les techniciens parlent de **guindes**, fils, **bouts**, **drisses**, **garcettes**... pour désigner les nombreuses variétés de cordage, du simple fil pour nouer un câble électrique à la guinde utilisée en levage.

Comme pour tous les équipements de levage, une inspection des cordages s'impose avant leur utilisation en contrôlant notamment l'absence :



- de fibres détériorées,
- de coupures de **torons**,
- de gainage détérioré.

Le coefficient de sécurité est de 14 pour tous types de cordage (coefficient de sécurité 7 x coefficient spectacle 2) utilisés en levage.

[En savoir plus](#)

Exemple : un cordage en **chanvre** de 12 mm de diamètre a une **charge** de rupture de 880 daN. En levage, sa **CMU** est de  $880 \text{ daN} / 14 = 63 \text{ daN}$ .

Quelques exemples d'emploi des cordages :

- levage de charges légères,
- commandes de porteuses,
- assemblage en lacets de **châssis**,
- mise en oeuvre d'équipes à main,
- mouflage,
- bridage et haubanage de **porteuses**, de charges...
- nouetage de câbles électriques,
- levage de petites charges depuis une passerelle, une tour...

▼ Commandes de porteuses



### Les types de cordage

Deux familles de matériaux composent les cordages :

Les fibres naturelles :

- **Le chanvre** : présente une bonne résistance à la rupture, mais s'avère très sensible à l'humidité. Le cordage en chanvre de fort diamètre est apprécié pour son excellente préhension. A utiliser de préférence en intérieur, le chanvre en milieu humide peut développer des micro-organismes responsables de la déstructuration des fibres. On devra



mettre au rebut toute guinde présentant une usure prononcée, la limite de rupture du chanvre étant alors amoindrie.

- **Le sisal** : issu d'une fibre de cactus, il offre une résistance mécanique inférieure de 20% au chanvre. Il est très sensible à l'humidité. Il est utilisé sous forme de ficelle pour les petites fixations.

#### Les fibres synthétiques :

Elles ont pour avantage l'insensibilité à l'humidité et la légèreté. Un noeud serré dans un cordage synthétique se défait beaucoup plus facilement que s'il s'agit d'une matière végétale.

- **Les polyamides (P.A)** : ces fibres sont utilisées pour les cordages de spéléologie et d'alpinisme. Le Nylon, le Rilsan, le Perlon sont de la famille des P.A.
- **Les polyesters (P.E.T)** : de moins bonnes résistances à la rupture que les polyamides. Le Tergal, le Dacron sont de la famille des P.E.T.
- **Les polypropylènes (P.P)** : fibres moins résistantes que les deux précédemment citées. Les cordages en P.P ne peuvent être utilisés en longe de sécurité. De par leur faible **densité**, ils s'avèrent très légers et flottent sur l'eau.



Tous ces cordages sont classés en deux groupes selon leur mode de conception :

#### Les cordages toronnés :

à base de fibres végétales ou synthétiques. Les fibres sont rassemblées en un fil, l'assemblage de fils constitue un toron.

Le cordage toronné est généralement constitué de 3 ou 4 torons.

#### Les cordages tressés :

uniquement à base de fibres synthétiques, ils sont constitués d'une âme (fournit 70% de la résistance) et d'une enveloppe (fournit 30% de la résistance). Les cordages tressés sont classés comme suit :

- **pré-étirés** : ces cordages ont subi un étirement durant leur conception. Leur capacité d'allongement est faible, la résistance à la rupture amoindrie. On les utilise pour réaliser de l'immobilisation statique (haubanage, blocage de chariot de **contreponds**...), une commande de **patience**, une équipe à main.
- **statiques** : utilisés en spéléologie, l'allongement élastique sous une charge de 80 daN est compris entre 1,7 à 5%, la rupture intervenant après un allongement maximum de 25 à 40%.
- **dynamiques** : ces cordages ne doivent pas être utilisés en levage. Leur usage est restreint à

la pratique de l'escalade et à la protection individuelle au travail. L'allongement élastique sous une charge de 80 daN est de 5 à 8%, la rupture intervenant après un allongement maximum de 50 à 70%.

#### ▼ Caractéristiques des fibres

Paramètres	Chanvre	Sisal	Polyamide	Polyester	Polypropylène
Température de fusion (°C)	160°	160°	250°	260°	165°
Allongement moyen avant rupture	1,5 % à 16 %	7 % à 12 %	20 % à 25 %	20 % à 25 %	25 %
Tenue à l'abrasion	+++	+	+++	+++	-
Tenue aux chocs	+	+/-	+++	++	++
Tenue aux intempéries	+/-	-	+++	++	++
Rupture pour un diamètre de 12 mm	1 100 daN	950 daN	3 000 daN	2 250 daN	2 250 daN

+++ très bien; ++ bien; + assez bien; +/- moyen; - passable

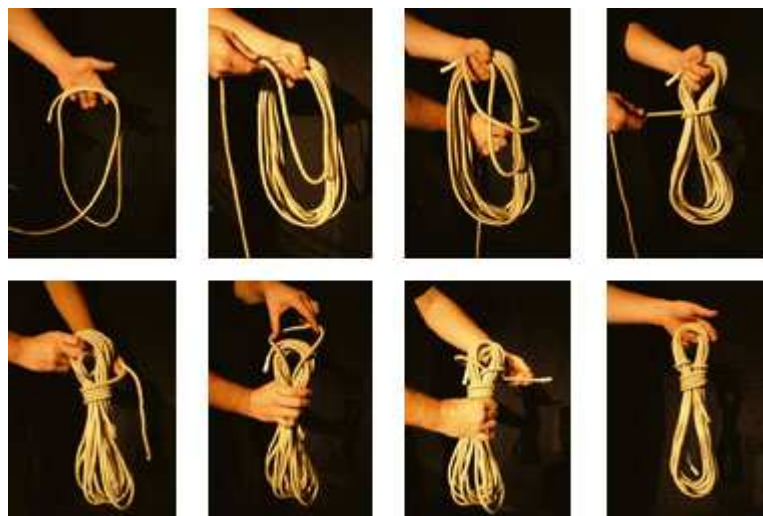
#### Débiter un cordage

- **En fibres naturelles** : au préalable, poser un ruban adhésif de type **barnier** de quelques centimètres dans le sens du toron, à l'emplacement de la coupe. Procéder à la coupe au milieu du scotch avec un cutter ou un couteau. Plus sophistiqué, on peut réaliser la coupe du cordage au centre d'un manchon thermo-rétractable.
- **En fibres synthétiques** : procéder directement à la coupe avec ces mêmes outils (ou avec une pane de coupe guinde, outil semblable à un fer à souder), puis brûler à l'aide d'un briquet les extrémités du cordage. Faire attention aux coulures de matière en fusion.

#### Plier un cordage

Comme pour un câble électrique, le lovage d'un cordage s'effectue en suivant le sens du toron et en faisant tourner les brins au moment de la formation de chaque spire. Ceci afin d'éviter la formation de boucles fortement gênantes au cours du déroulage.

Une guinde ne se plie jamais autour du bras, afin d'éviter la formation de boucles lors du déroulage



[Haut de page](#)

## Les noeuds

Imprimer

Les noeuds sont utilisés au quotidien sur une scène, leur maîtrise est un savoir indispensable pour travailler sereinement.

Un noeud doit être réalisé lisiblement afin d'être reconnu par tous techniciens au cours d'intervention. Le **machiniste** doit pouvoir adapter et réaliser ses noeuds en toutes circonstances pour des multitudes de situations rencontrées sur une scène. Deux familles de noeuds sont à prendre en compte : les noeuds d'attache et les noeuds de jonction.

Chaque noeud dans un cordage a une résistance d'attache qui lui est propre. Elle implique une diminution de la valeur de la limite de rupture du cordage. La valeur de la résistance de l'attache est un pourcentage à appliquer à la valeur de la charge de rupture du cordage employé.

**Exemple :** un noeud de cabestan est réalisé avec un cordage en **chanvre** de 8 mm. Ce cordage a une charge de rupture de 395 daN. La résistance d'attache du noeud est de 68% (soit en arrondissant les 2/3 de la valeur).

La valeur de la charge de rupture du système associé noeud et cordage, passe de 395 daN à 269 daN.

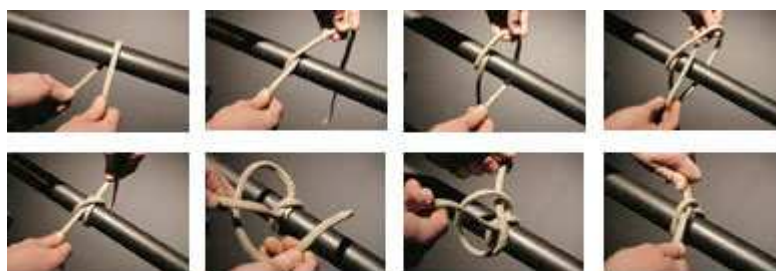
[En savoir plus](#)

### Les noeuds d'attache

Voici les principaux noeuds permettant de réaliser des ancrages, des fixations, de l'haubanage...

- **L'allemande** ou **cabestan** : ce noeud est autobloquant, sa simplicité et sa rapidité d'exécution en font le noeud le plus fréquemment employé par les **machinistes** (à savoir réaliser dans le noir !), pour fixer un fil autour d'un tube (équipe à main, haubanage...). Veiller à toujours le verrouiller par une **demi-clé**. La résistance de l'attache est égale au 2/3 de la charge de rupture du cordage employé.

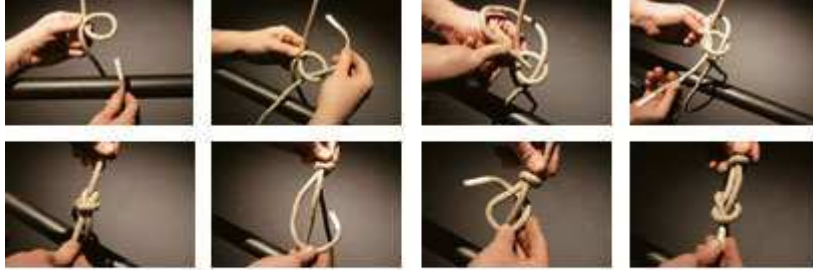
Télécharger le pdf



▲ **Rajouter une demi-clé**

- **Le noeud de chaise** : un deuxième noeud à connaître sur le bout des doigts. Le verrouiller également par une demi-clé. La résistance de l'attache est égale à la moitié de la charge de rupture du cordage employé. Le noeud de chaise permet de réaliser une boucle non coulissante.

Télécharger le pdf



▲ **Rajouter une demi-clé**

- **Le noeud de huit** : noeud de blocage. On l'utilise par exemple pour éviter la sortie intempestive du fil d'une poulie. La résistance de l'attache est égale à la moitié de la charge de rupture du cordage employé.

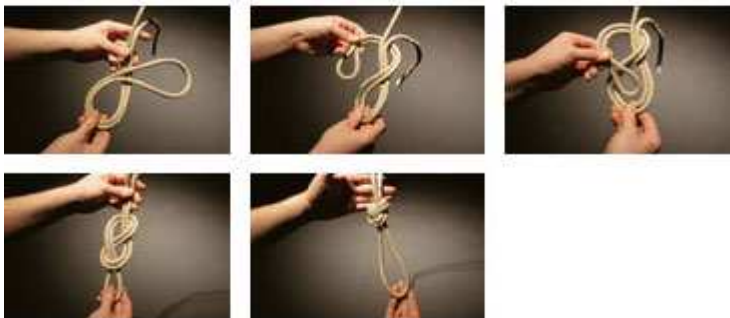
[Télécharger le pdf](#)



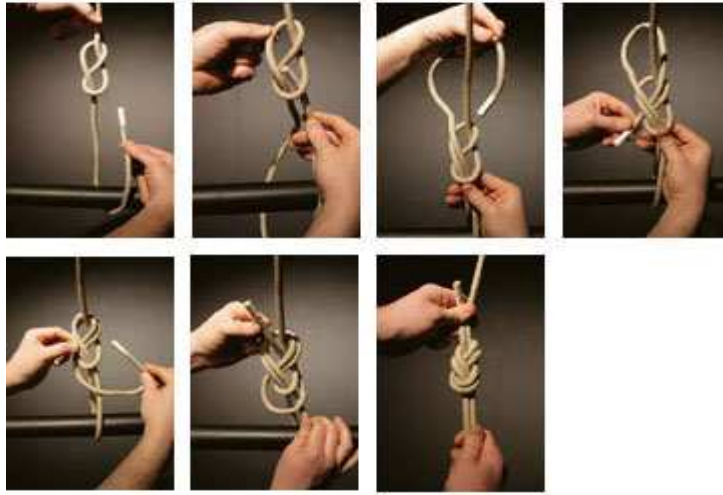
- **Le huit en boucle** : à réaliser par exemple en points de tirage pour une mise sous tension du fil. La résistance de l'attache est égale à la moitié de la charge de rupture du cordage employé.

[Télécharger le pdf](#)

▼ **Version "terminaison"**

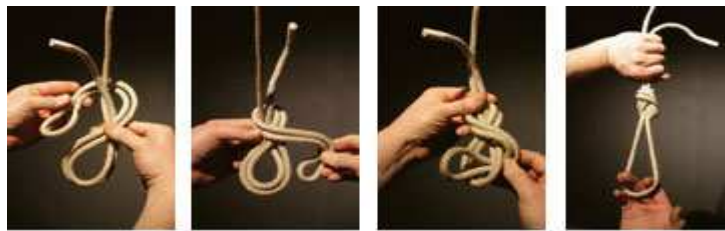


▼ **Version "attache"**



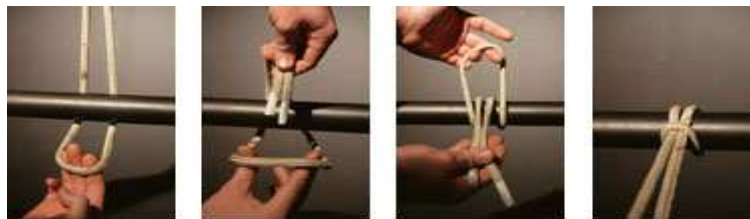
- **Le noeud de neuf** : comme pour le précédent, mais avec une résistance accrue. La résistance de l'attache est égale au 2/3 de la charge de rupture du cordage employé.

[Télécharger le pdf](#)



- **La tête d'alouette** : pour la fixation de sangles textiles ou de guindes autour de tubes ou de poutres. La résistance de l'attache est égale à la moitié de la charge de rupture du cordage employé.

[Télécharger le pdf](#)

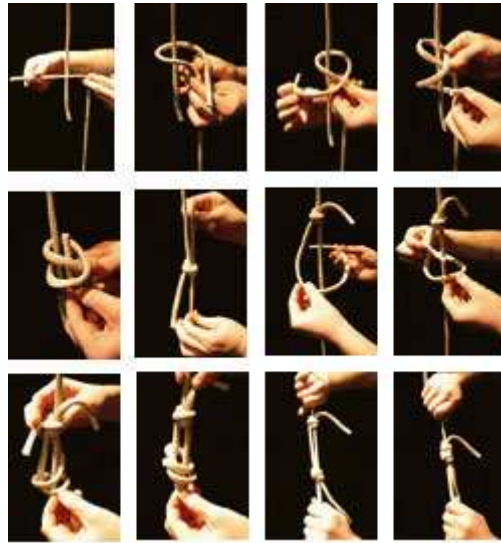


### Les noeuds de jonction de guindes

Pour réaliser des raccords de **guindes**. On doit raccorder uniquement des guindes de mêmes caractéristiques (diamètre et qualité de fibre).

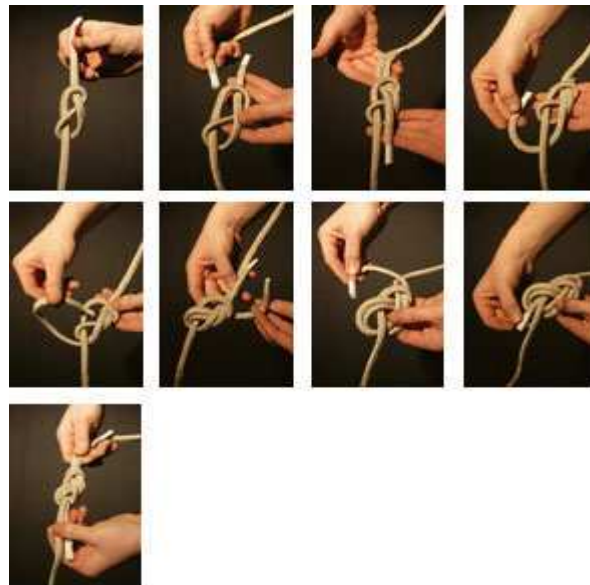
- **Le double noeud de pêcheur** :  
La résistance de l'attache égale à la moitié de la charge de rupture du cordage employé.

[Télécharger le pdf](#)



- **Le noeud de jonction en huit :**  
Résistance de l'attache égale à la moitié de la charge de rupture du cordage employé.

[Télécharger le pdf](#)

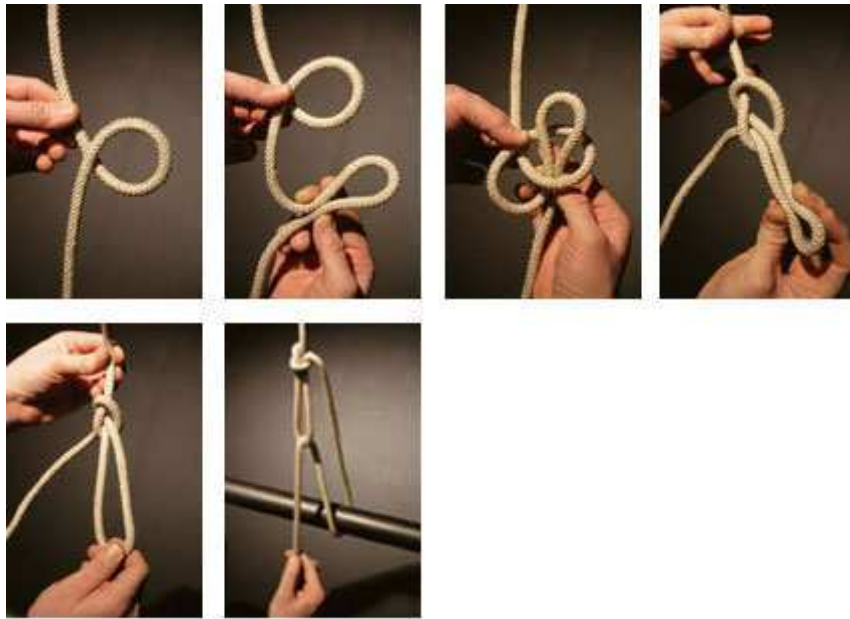


### Autres noeuds

- **Le mouflage à l'allemande :** utiliser pour reprendre le fil en tension

[Télécharger le pdf](#)

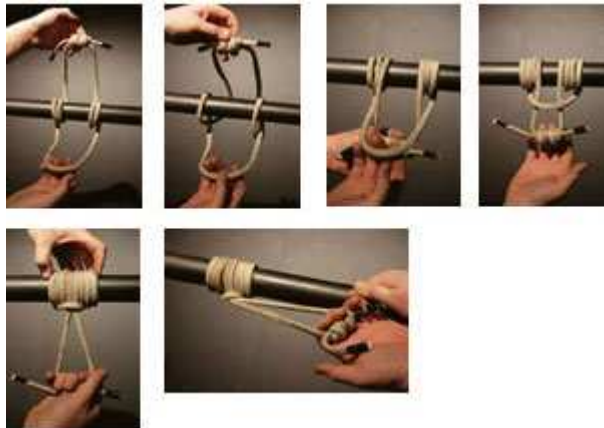




- **Le Prussik** : noeud autobloquant empêchant le glissement d'un tube. On peut également réaliser une poignée de tirage en équipant ce noeud sur un cordage.

Télécharger le pdf

▼ **Le noeud de Prussik peut servir de poignée de tirage**



- **Le noeud de palette** : permet de bloquer le fil sur une [palette](#).

Télécharger le pdf



[Haut de page](#)



## Poulies

Imprimer

Page 1 | 2 | 3

À utiliser le plus régulièrement, les poulies apportent, en levage manuel, une assistance aux [machinistes](#).

Elles permettent de :

- diminuer l'effort à fournir pour lever une [charge](#),
- changer la direction du fil de tirage.

Les poulies doivent être utilisées dans le cadre du levage de charges légères. Sur une scène, l'accroche de charges importantes doit être réalisée avec des appareils de levage adéquats (moteurs, [palan](#) manuel, [porteuses](#)).

Nous rencontrons en équipement scénique deux familles de poulies de levage :

- celles en usage ponctuel, utilisées pour de l'équipement léger (une équipe à main), ou d'assistance (pour hisser du matériel au niveau d'une passerelle),
- celles en fonction permanente telles les [collectrices](#) (ou [mère de famille](#)) ou les poulies de renvois pour les suspentes de porteuses.

Une poulie est composée de trois éléments : le réa, son [flasque](#) (ou chape), et un axe assurant la liaison de l'ensemble. La gorge du réa assure la translation d'un cordage ou d'un câble.

### Types de poulies fréquemment utilisées



### Poulie de renvoi de suspente



### Le réa

Cet élément peut être en acier, en fonte, en aluminium, en bois ou en matière synthétique. Les caractéristiques du réa conditionnent le choix et l'utilisation de la poulie :

**La forme de la gorge** : elle est ronde pour l'utilisation de cordages, en forme de V pour les câbles. Il existe également une variété de réas à gorge mixte permettant l'usage sans discernement de câbles ou de cordages.

**La largeur de la gorge** : déterminante pour le choix du diamètre du câble ou cordage qui se doivent de reposer dans le fond de gorge avec un angle d'appui idéal sur les parois, compris entre  $120^\circ$  et  $150^\circ$ . Il faut toujours choisir la poulie au plus proche du diamètre du câble ou du cordage. Une gorge trop étroite provoque un pincement du câble ou du cordage, trop large un écrasement.

**Le diamètre du fond de gorge** : il détermine le rayon de courbure (rapport entre le diamètre du câble "d" et le diamètre du réa "D") qui sera donné au câble. Le diamètre du fond de gorge sera toujours supérieur à 22 fois le diamètre 5 Poulie de renvoi de suspente de câble utilisé.

Plus le diamètre du réa est élevé, moins les pertes de rendement dues aux frottements sont importantes.

### Le flasque

Le flasque sert de support au réa, il est soit posé et fixé (sur un [chemin de mofles](#), un plancher...) soit accroché à un support (pont, porteuse...). Dans ce dernier cas, il est équipé d'un crochet, d'un émerillon ou encore d'un oeil.

### L'axe

L'axe d'une poulie supporte les efforts du système. Le rendement de la poulie est dépendant du type de montage de l'axe, sur roulements ou sur bagues. Les frottements induits par l'axe d'une poulie engendrent une perte moyenne de rendement de l'ordre de 10%.

### Angle de déflexion

Un câble acier passant dans une gorge de réa, doit présenter un angle inférieur à  $1^\circ 30'$  par rapport à l'axe virtuel du fond de gorge. Un angle trop accentué provoque une usure rapide du câble et un rabotage de la gorge du réa.



## Poulies

Imprimer

Page 1 | 2 | 3

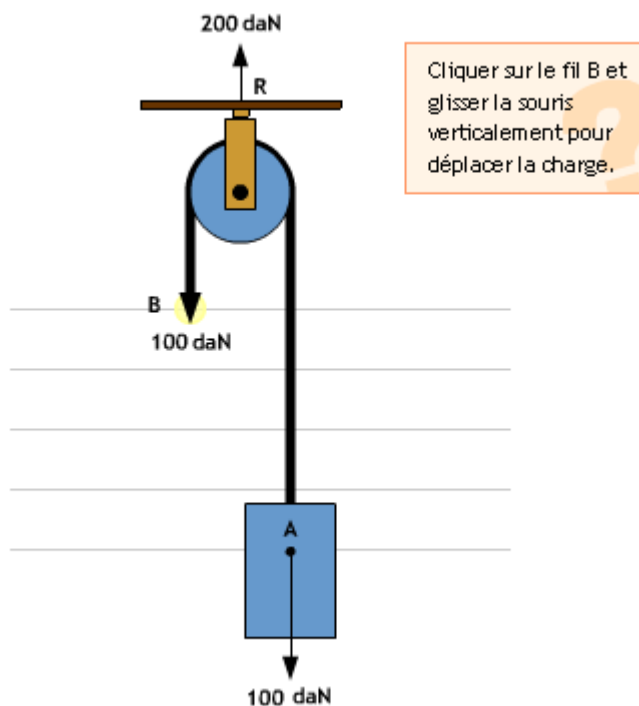
### Réactions

Le calcul de réactions des poulies se fait en partant de la valeur de la **charge** et en remontant progressivement le système, afin de déterminer les efforts engendrés dans chaque élément le constituant.

#### Sur une poulie fixe

Pour soulever une charge à l'aide d'une poulie fixe, il faut appliquer à la **guinde** une force supérieure à la valeur de la charge. Lorsque le système est en équilibre, la réaction sur le support d'ancrage de la poulie sera égale à deux fois la valeur de la charge accrochée.

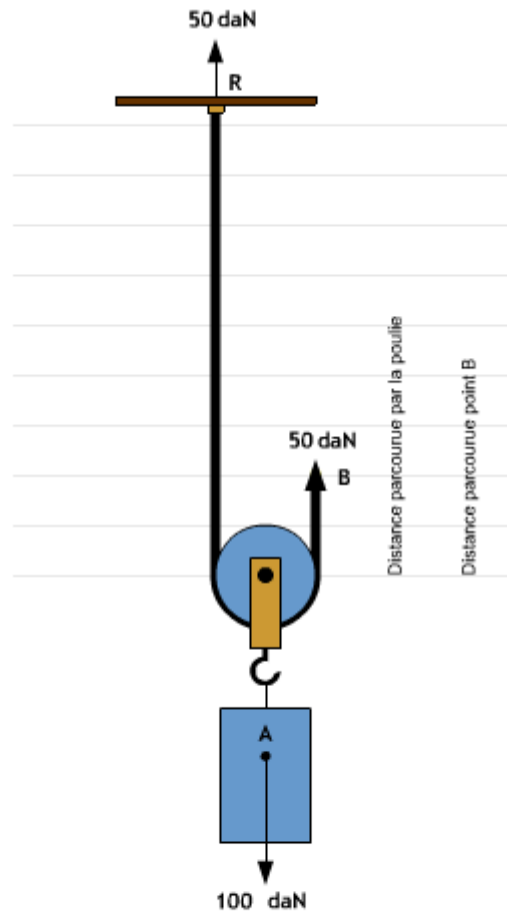
**Exemple** : la charge A est égale à 100 daN. L'effort à fournir sur le fil B (le **garant**) pour lever la charge A doit être supérieur à 100 daN. La réaction sur le support R et la poulie, est de 200 daN quand le système est équilibré. Nous choisissons donc une poulie de **CMU** de 200 daN x coefficient spectacle 2 = 400 daN.



#### Sur une poulie mobile

La charge est fixée sur le crochet de la poulie mobile. On hisse la charge en tirant la guinde depuis le haut.

**Exemple** : la charge A est de 100 daN. L'effort à fournir sur le fil B pour lever la charge doit être supérieur à 50 daN. La réaction sur le support R est de 50 daN. L'effort sur l'axe de poulie est de 100 daN. Nous choisissons donc une poulie de CMU de 100 daN x coefficient spectacle 2 = 200 daN.



Cliquer sur le point B puis glisser la souris verticalement pour déplacer la charge. Le point B se déplace alors deux fois plus vite que la charge. Vous tirez avec deux fois moins d'effort mais il faut deux fois plus de fil.

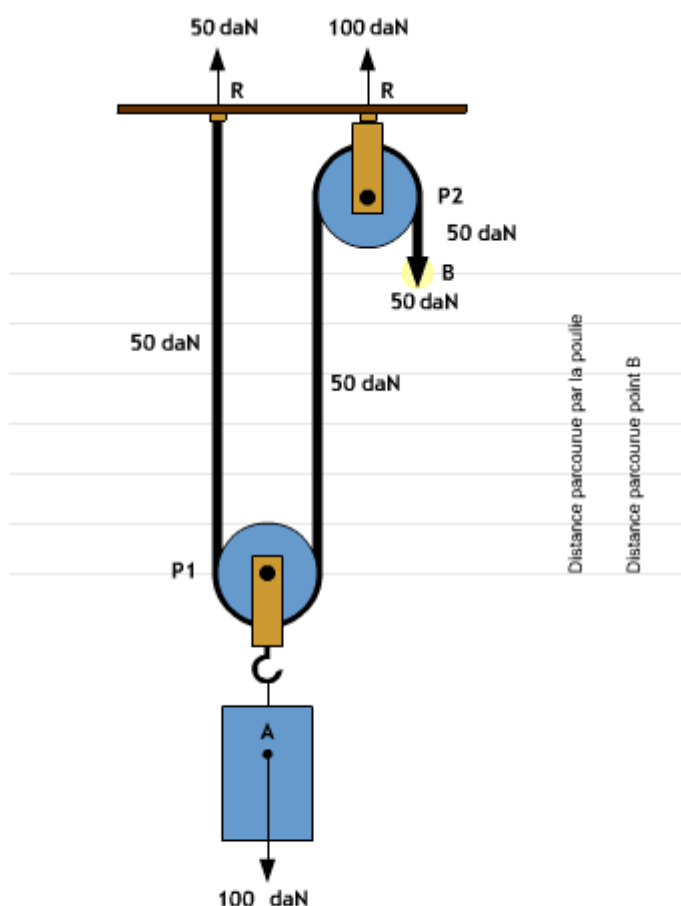
## Poulies

Imprimer

Page 1 | 2 | 3

### Sur une poulie mobile et une poulie fixe

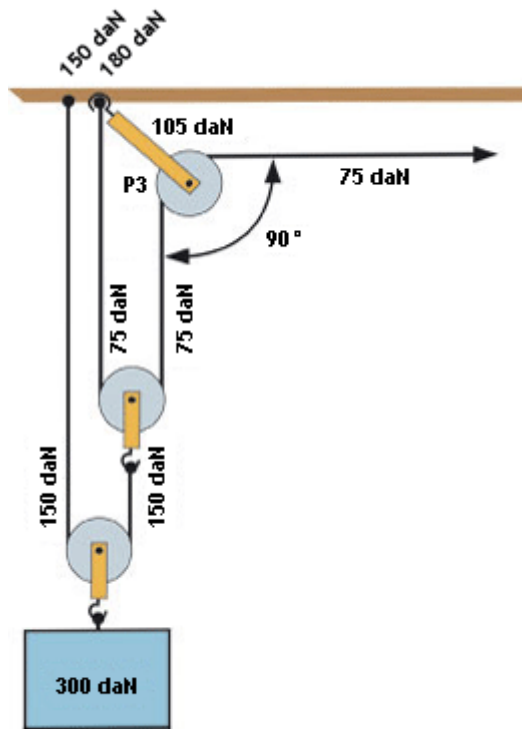
Nous désirons lever une charge A de 100 daN, le point d'ancrage de la poulie fixe P2 est à 10 mètres du sol. La réaction sur la poulie mobile P1 est de 100 daN. Nous choisissons donc une poulie de CMU de 200 daN (100 x coefficient spectacle 2). Pour la poulie P2, une CMU de 100 daN x coefficient spectacle 2 = 200 daN également. Notons que la poulie P2 change uniquement la direction de la force. Dans le cas de ce système de levage, l'effort à fournir pour appuyer la charge est divisée par 2, et une longueur de fil de 30 mètres est nécessaire pour amener la charge au sol.



Cliquer sur le point B puis glisser la souris verticalement pour déplacer la charge. Le point B se déplace alors deux fois plus vite que la charge. Vous tirez avec deux fois moins d'effort mais il faut deux fois plus de fil. La poulie P2 ne sert qu'à changer l'orientation du fil.

### Sur deux poulies mobiles et un angle

Nous levons une charge de 300 daN à l'aide de deux poulies mobiles et d'un fil de tirage renvoyé à 90° par la poulie P3. L'effort dans la poulie P3 est calculé par un coefficient de minoration, appliqué à la valeur de la tension dans le brin de charge. Le coefficient est variable selon l'angle formé : plus l'angle s'ouvre, moins la poulie et son support d'accroche subissent d'efforts. Dans ce cas, l'effort sur la poulie P3 est de : 75 daN x 1,41 = 105 daN.



▼ Coefficient à appliquer selon l'angle

Angle	0°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	150°
Coefficient	2	1,93	1,85	1,73	1,59	1,41	1,22	1	0,52

## Mouflage

Imprimer

Appelé également **palan**, le mouflage est une technique de levage basée sur la démultiplication d'efforts. Utilisé depuis des temps immémoriaux, le mouflage apparaît dans les **théâtres** avec l'apport des techniques en vigueur dans la marine à voile.

### Le moufle

Le **moufle** est composé d'un assemblage de plusieurs réas sur un même axe. Le moufle est équipé d'un **connecteur** (crochet, **manille**...) permettant son ancrage sur un support ou l'accroche d'une **charge**. Le **ringot** permet la fixation d'un fil sur le moufle et de réaliser un système de levage démultipliant l'effort de traction : le palan.



### Le palan

Dans le cas de ce système de 2 mouflage à 3 réas, la traction de la charge est dirigée vers le bas. Nous avons un moufle en ancrage fixe et un moufle mobile. L'effort (F) théorique à fournir sur le brin B pour lever la charge (P) de 500 daN est de :

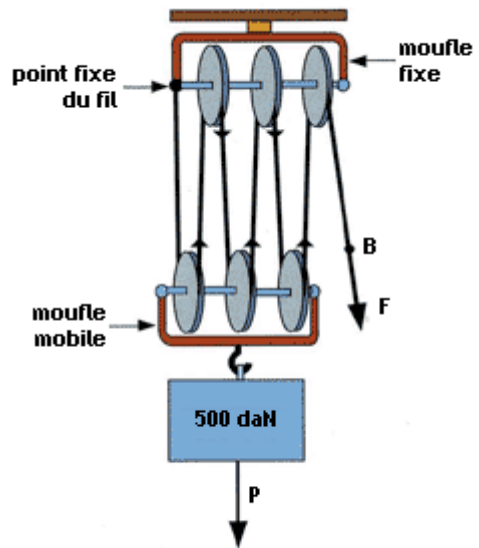
$$F = \frac{P}{6 \text{ réas}} = \frac{500 \text{ daN}}{6} = 83 \text{ daN}$$

La longueur (L) de cordage pour élever au maximum de hauteur (h) la charge est de :

$$L = 6 \text{ réas} \times h$$

En réalité, le rendement d'un palan est donné par le nombre de réas utilisés et les frottements dans le système. Les frottements seront moins importants sur les axes de réas montés sur roulements et le rendement du palan meilleur avec un nombre de réas réduit. Un rendement de palan avec 6 réas sur roulements est d'environ 5,5. Il se calcule comme suit :

$$F = \frac{P}{5,5} = \frac{500 \text{ daN}}{5,5} = 91 \text{ daN d'effort réel à fournir sur le brin}$$



Haut de page



## Porteuse

Imprimer

Page 1 | 2



Une **porteuse** sert de support d'accroche aux différents éléments de décor, de **draperie**, de **lumière** ou de **son** .

Elle est également un instrument de levage des **charges** accrochées sur son tube. La porteuse permet donc l'équipement de matériels à une hauteur désirée. Les décors et lumières peuvent être positionnés dans le **cintre** également à une hauteur souhaitée. En situation de **jeu**, on manoeuvre la porteuse pour amener ou faire disparaître les décors accrochés. L'équipement des **charges** doit se faire dans le respect de la limite de surcharge de la porteuse exprimée par une valeur de **CMU**.

Une scène équipée en porteuses mobiles présente des avantages certains par rapport à une scène avec un équipement fixe :

- la rapidité de l'équipement et déséquipement du matériel sur les porteuses par un niveau de travail à hauteur d'homme,
- la manoeuvrabilité des porteuses permet un accès facilité aux matériels équipés,
- un gage de sécurité pour les équipes techniques par une minimisation du **travail en hauteur** .

Nous rencontrons différents systèmes de porteuses en équipement scénographique :

- **la porteuse manuelle** : contrebalancée, **palanquée**, équipée à main. L'attrait principal des porteuses manuelles pour un **machiniste** réside dans les sensations physiques restituées par leurs mécanismes, tout obstacle rencontré lors de leurs courses étant immédiatement traduit par une difficulté ajoutée à la manoeuvre à la force des bras. Par **sécurité** pour le personnel et le matériel, une manoeuvre ne peut s'engager seulement après s'être assuré du dégagement des cintres dans la périphérie de course des porteuses.
- **la porteuse mécanisée** : électrique palanquée, électrique à prise directe ou encore hydraulique. Une porteuse mécanisée ne permet pas de contrôle "à la sensation". La force de motricité étant importante, un obstacle ne peut enrayer la poursuite de la course de la porteuse.

La porteuse la plus couramment rencontrée sur scène (avec un grand d'écartement de cintre) est la porteuse contrebalancée.

Le poids propre d'une porteuse contrebalancée ou palanquée, ou électrique palanquée et de ses suspentes est compensé dans le chariot de **contrepoids** par la pose à demeure d'une tare, calculée pour l'équilibre de la porteuse à vide à mi-hauteur de sa distance de course. Cette tare composée de **pains** se doit d'être constamment présente et d'être différenciée des pains de charge par un marquage visible ne pouvant être effacé.

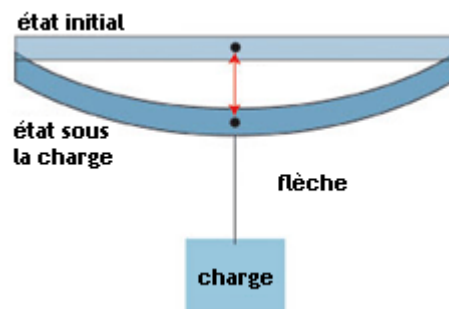
Selon son orientation, la porteuse est dite :

- à l'**italienne** : porteuse orientée dans le sens de l'ouverture de la scène. Réparties de la face au **lointain**, elles permettent une couverture de la surface scénique pour l'accroche de **projecteurs**, de **draperies**, de toiles, de décors, de son.
- à l'**allemande** : porteuse orientée dans le sens de la profondeur de la scène, elle existe en complément de la porteuse à l'italienne. La porteuse à l'allemande permet notamment de réaliser une occultation complète des **coulisses** ou une accroche de projecteurs en direction latérale.

## Détails du système d'une porteuse

### Le tube porteur

En acier, pour ses qualités d'élasticité (capacité du tube à encaisser des surcharges en retrouvant son état initial sans altération de sa structure), le tube doit pouvoir subir une **flèche** (distance d'affaissement du tube dans sa linéarité) sans se déformer (dans la limite de son élasticité), et surtout sans se rompre. Chaque porteuse doit clairement indiquer la **CMU** à équiper sur son tube.



Le diamètre de tube d'une porteuse, de 50 à 60mm varie d'une scène à l'autre :

Les **colliers d'accroches des projecteurs** sont adaptés à l'un ou l'autre des deux diamètres.

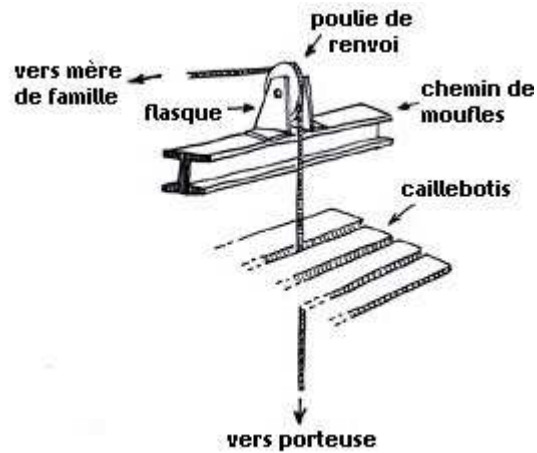
En cas de problème d'adaptation des colliers de projecteurs sur le tube de porteuse (par exemple avec la livraison de projecteurs de location ou du matériel d'une compagnie en tournée) on peut recourir à l'emploi de **sous-perches** au diamètre recherché, pour éviter d'avoir à changer la totalité des colliers.

### Les suspentes

Ce sont des élingues acier cossées manchonnées et maintenues par un axe en tête du chariot de contrepoids. Elles font la liaison entre le chariot de contrepoids et le tube porteur. Elles sont fixées sur la porteuse avec un système de réglage permettant d'assurer la planéité du tube.

### Les poulies de renvoi

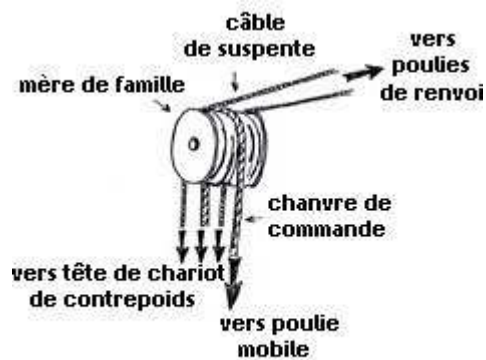
Nous les rencontrons dans la partie haute du **gril**, fixées sur des poutres appelées **chemin de moufles**, ou fixées sur des renforts de **caillebotis**. Elle changent la direction des suspentes : de verticale venant du tube, en horizontale vers la **mère de famille**.



▲ Chemin de moufles

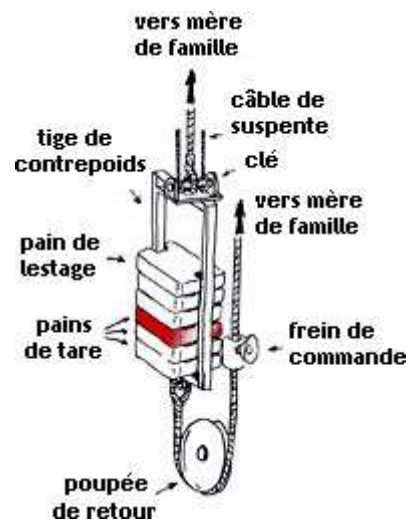
### La mère de famille (ou collectrice)

La mère de famille, située en partie haute de la cheminée, est une poulie à gorges multiples collectant le [chanvre](#) de commande et la totalité des suspentes d'une porteuse. Elle renvoie verticalement le chanvre de commande dans la cheminée et horizontalement l'ensemble des suspentes vers leurs poulies de renvoi respectives.



### Le chariot de contrepoids

Son rôle est multiple. Il emmagasine la charge de contrepoids embarquée sous forme de [gueuses](#) ou [pains](#) en fonte afin d'équilibrer la porteuse et accueille les points de fixations du [chanvre](#) de commande et des terminaisons de suspentes.



## Porteuse

Imprimer

Page 1 | 2

### Le chanvre de commande

Le [chanvre](#) doit être d'un diamètre suffisant (22 mm et plus) pour une parfaite préhension lors des manoeuvres de la [porteuse](#). Il agit en circuit fermé, fixé sur les parties basses et hautes du chariot de [contreponds](#). Le [cintrier](#) manoeuvre la porteuse en tirant sur l'un ou l'autre des fils de chanvre de commande. Son renvoi est opéré par la [mère de famille](#) et la poupée de retour (en dessous de cheminée).

### Le frein

Le frein permet le blocage de la porteuse à une hauteur désirée. Les systèmes courants de freins agissent sur le chanvre de commande et non sur les suspentes. Le freinage doit se faire avec un système équilibré, un glissement du chanvre pouvant apparaître en cas de déséquilibre entre la surcharge de porteuse et le lest du chariot de contreponds. Généralement deux freins sont à disposition pour le cintrier : un au niveau du [plateau](#) et un au niveau de la passerelle de [charge](#).

### La poupée de retour (ou poulie mobile)

Située dans la partie basse de la cheminée, elle permet de créer une tension permanente dans le circuit du chanvre de commande (le chanvre naturel ayant une propension importante d'allongement et de rétraction sous l'effet de l'humidité), soit du fait de son propre poids, soit par rappel de ressort fixé sous son [flasque](#).

### Les gueuses ou pains

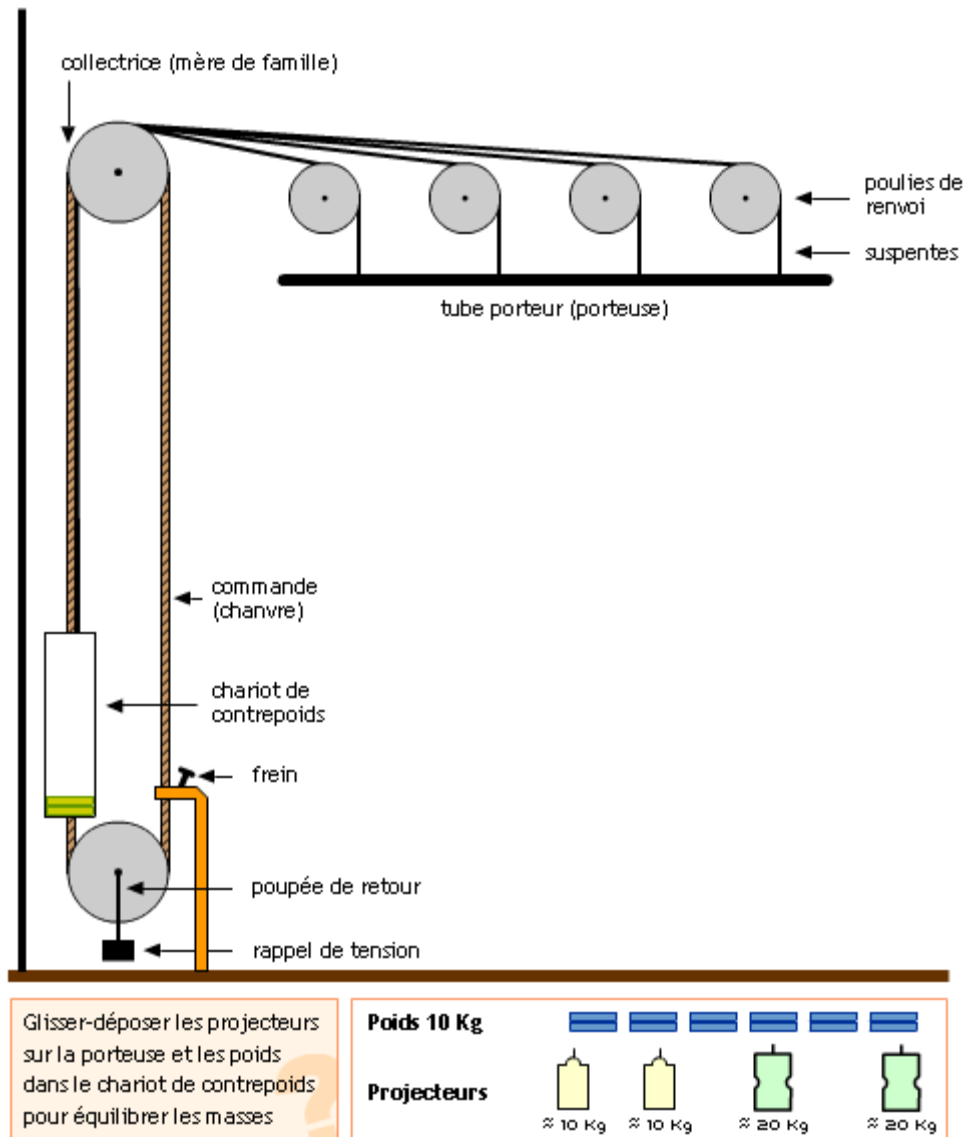
Ce sont des blocs de fonte de masse calibrée, de formes variables selon la géométrie du magasin du chariot de contreponds. Ils permettent d'ajuster au plus près l'équilibre des charges sur la porteuse. Sur un plateau, nous les utilisons également pour lester des éléments de décors ([châssis](#) mobiles) ou d'équipements à centre de gravité élevé ([béquilles](#) de châssis, pieds de [projecteurs](#) ...).



## Les types de porteuse

### La porteuse contrebalancée

Une porteuse contrebalancée utilise un système de commande fermé sur lui-même (bouclage du chanvre sur le chariot de contreponds), tandis que les suspentes manoeuvrent linéairement sur les divers renvois de poulies du [chemin de moufle](#). La distance parcourue par la porteuse dans la hauteur de la cage de scène est égale au chemin parcouru par le chariot de contreponds en cheminée.



En négligeant les frottements et les positions de déséquilibre, la valeur du contreponds doit être égale à la surcharge de la porteuse.

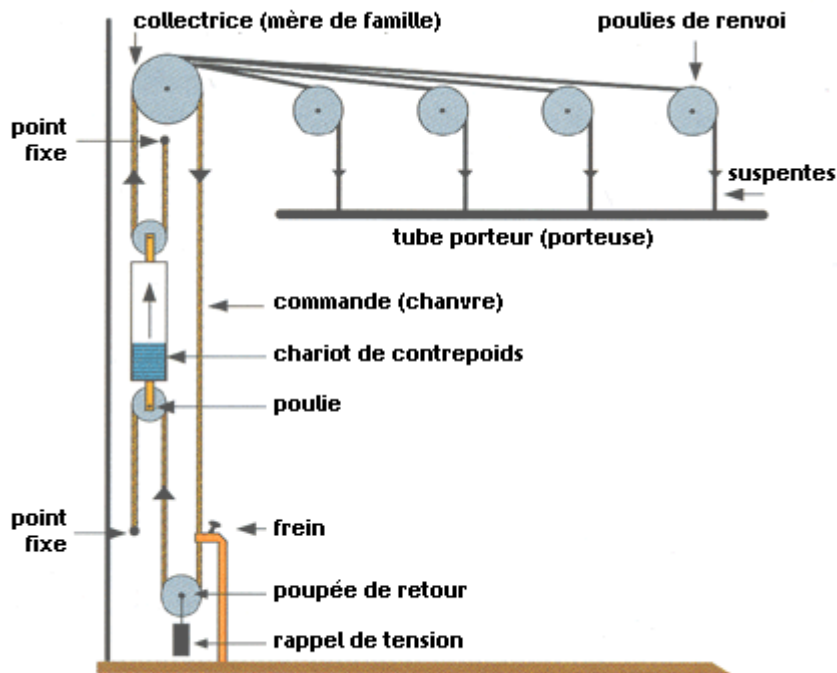
**Exemple :** un [cyclorama](#) de 200 kg nécessite d'équiper un contreponds de 200 kg.

Une porteuse contrebalancée se manipule à bras d'homme et se comporte comme une balance comparative de masses : une charge posée dans le chariot de contreponds d'un côté, des charges équipées sur le tube de l'autre.  
La porteuse est dite en équilibre lorsqu'il n'y a aucune prépondérance entre la charge sur la porteuse et le chariot de contreponds. Le point idéal d'équilibre du système se situe à égale distance du [gril](#) et de la scène. Dès manoeuvre de la porteuse, le transfert des câbles de suspentes dans leur course fait varier l'équilibre du système.

### La porteuse palanquée

La porteuse palanquée, manuelle ou mécanisée, met en oeuvre un mouflage installé sur le chariot de contreponds. La charge de contreponds embarquée est multipliée par deux.

**Exemple :** pour 150 kg de projecteurs équipés, la charge de contreponds est de 300 kg.



### La porteuse électrique

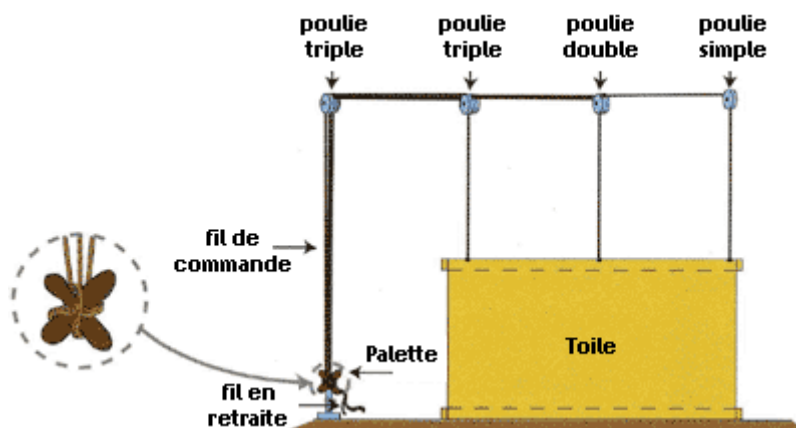
Un nombre important de salles sont aujourd'hui équipées de porteuses à poste de commande unique, un moteur électrique se déplaçant sur un rail permettant la manoeuvre individuelle des porteuses. L'avantage de ce système est bien évidemment d'ordre économique, en évitant la multiplication d'équipement de moteurs. Les inconvénients lourds et antinomiques avec la notion de spectacle, sont entre autres : l'impossibilité d'effectuer des manoeuvres en groupe des porteuses, de varier la vitesse des porteuses avec sensibilité, de procéder à des mouvements silencieux. Ce système est majoritairement utilisé dans des cages de scène de faible hauteur.

### L'équipe à main

L'équipe à main permet l'accroche et le levage de charges légères (châssis, rideau, pendrillon...). Son installation est aisée, permettant ainsi de disposer dans de courts délais d'un support d'accroche faisant défaut.

Le principe d'une équipe à main s'appuie sur l'usage de poulies. Le nombre de fils équipés dépend de la longueur et de la flexibilité du support d'accroche. Les fils de suspentes sont collectés soit sur un peigne au sortir du moufle de renvoi, soit regroupés en une poignée fixée sur une palette.

Le tube porteur de ce type d'équipement est souvent une perche de bois ou d'aluminium. Si la charge est conséquente, le machiniste peut incorporer, pour une manoeuvre aisée, un contrepois dans le système permettant ainsi de minimiser son effort.



Une équipe à main peut être utilisée en prise directe pour le levage de charges légères (par exemple une [frise](#) sous perchée). Le levage se fait alors à la force des bras depuis une passerelle, un [gril...](#) sans l'assistance de poulies.

Les machinistes effectuant la manoeuvre de cette équipe, doivent réaliser un [tour mort](#) de la [guinde](#) sur le point d'ancrage de celle-ci afin de contrôler la vitesse de défilement de la charge.

Le tour mort de la guinde s'effectue systématiquement pour tout levage en prise directe.



## Ponts

Imprimer

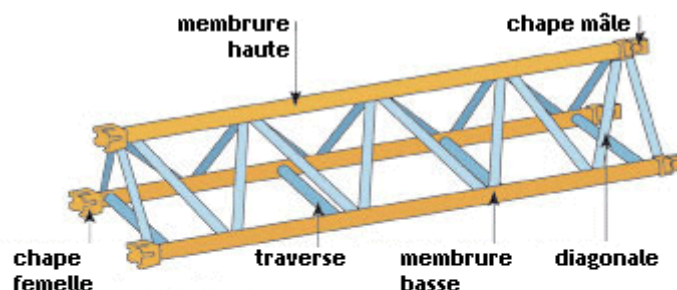
Un pont est équipé en des lieux dépourvus de **porteuses** (scène extérieure, **chapiteau** , gymnase...) ou en complément d'équipés existantes, ou encore de supplétif en cas de **CMU** dépassée pour les porteuses. Le pont, ou truss, est un assemblage de poutres, équipées en linéaire ou solidarisées par des éléments de jonction permettant de donner une variété de formes de montage. Le choix d'un type de poutre est déterminé par la qualité de son matériau et de la **charge** à accrocher. Un pont réalisé par des poutres acier demande un support d'équipement plus important que des poutres aluminium, mais permet d'embarquer des charges plus importantes.

### Les types de poutres

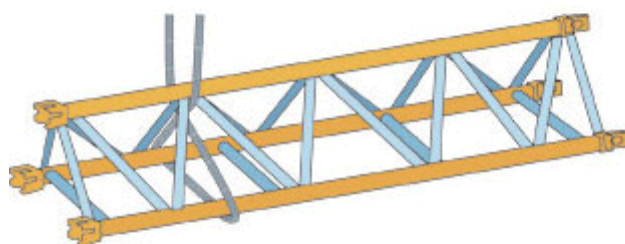
Les principaux types de poutres sont :

- les poutres triangulées aluminium ou acier
- les poutres carrées aluminium ou acier

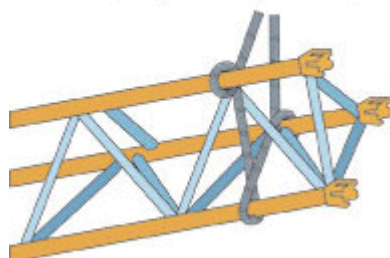
Les poutres sont classées en fonction de la distance entre **membres** (par exemple, une poutre de "500" a une distance entre deux membres de 50 cm). Une poutre triangulée peut travailler pointe dirigée vers le haut ou vers le bas, le cheminement de l'é



▲ Éléments constituant une poutre



▲ Élingue pour une poutre "pointe en haut"



▲ Élingue pour une poutre "pointe en bas"

La jonction de l'élingue se fait toujours aux nœuds des **diagonales** de la poutre.

## L'assemblage

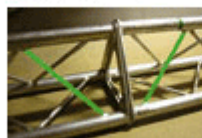
Il existe plusieurs systèmes d'assemblage, distinguant ainsi les constructeurs de poutres :

- poutres assemblées par goupilles,
- poutres assemblées par boulons,
- poutres assemblées par manchons.

▼ interdit



▼ bon



◀ les diagonales d'une poutre se rejoignent aux raccords des chapes

Certaines poutres demandent une attention particulière dans le sens d'assemblage des éléments : le raccordement de ces poutres doit se faire en continuité du dessin (treillis en dent de scie) des diagonales de chaque poutre.

Les poutres assemblées par goupilles ou manchonnage doivent être verrouillées par des goupilles de sécurité.

[En savoir plus](#)

## Les abaques de limite de charge

La limite de charge pour une poutre ou un assemblage de poutres est donnée par des tableaux appelés **abaques**, édités par les constructeurs. Ces tableaux définissent :

- les différents types de poutre (carrée ou triangulée),
- le matériau de la poutre (acier ou aluminium),
- le mode d'utilisation (pointe en haut ou pointe en bas),
- le mode d'équipement des charges (charge uniformément répartie ou charge ponctuelle).

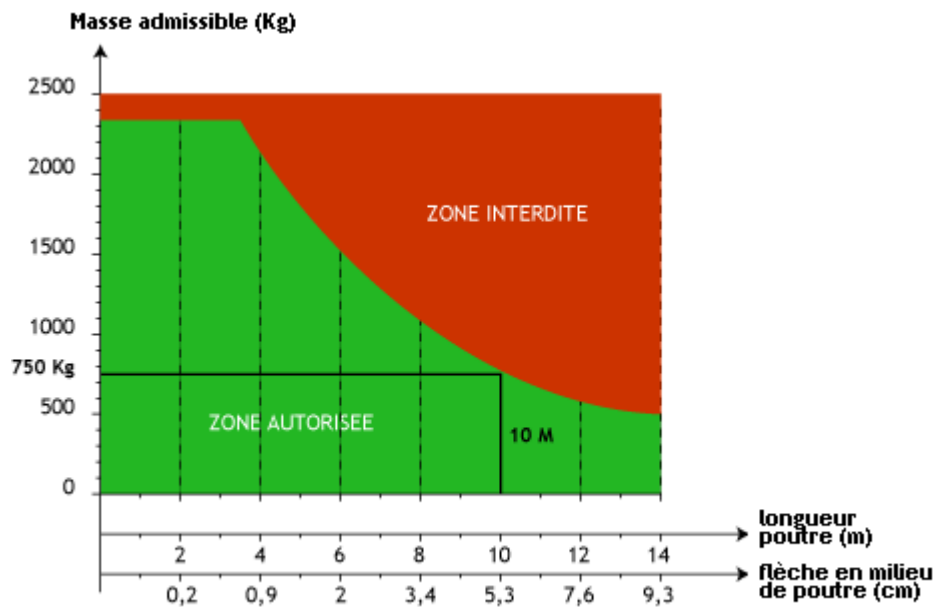
### Interprétation d'un abaque

Pour une même dimension de poutre, une poutre aluminium en charge accepte un fléchissement 3 fois plus important qu'une poutre acier avec cette même charge. Toutefois la rupture de la poutre aluminium intervient rapidement si la **flèche** maximale autorisée est dépassée, sans passer par un stade de déformation, signe avant-coureur de risque de rupture tandis que l'acier se déforme avant rupture de la poutre. Le **machiniste** doit scrupuleusement respecter les indications de surcharge et de flèche données par les abaques des constructeurs.

Prenons comme exemple (non contractuel) l'abaque d'une poutre aluminium montée pointe en haut et recherchons la valeur de la charge maximale uniformément répartie qu'il est possible d'équiper sur cette poutre. La charge totale que l'on souhaite équiper est de 500 kg. Le pont est composé de cinq éléments de poutres de 2 m, soit 10 m développé.

### Recherche d'une charge maximale pour une longueur de poutre donnée :

Sur l'axe horizontal de l'abaque ci-dessous, trouvez la longueur de la poutre et tirez une ligne verticale à la limite de la zone interdite. La charge autorisée se lit à l'intersection du point limite, soit dans ce cas-ci 750 kg. Notre charge de 500 kg est inférieure à la limite de charge. Elle est donc valide. Pour une charge embarquée supérieure à 750 kg, il nous faudrait changer de type de poutre ou alors réduire la portée de la poutre.



La flèche réelle se calcule avec la formule suivante :

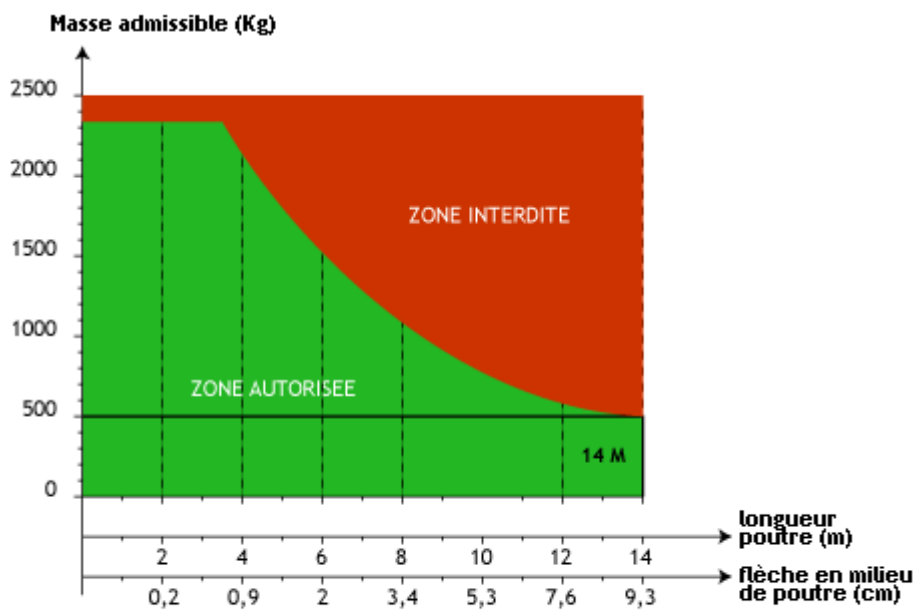
Saisissez les valeurs dans les cases vierges (en respectant les unités indiquées) et visualisez directement le résultat du calcul dans les cases vertes en fonction des valeurs saisies.

$$\text{Flèche réelle (en mm)} = \text{Flèche limite (en mm)} \times \frac{\text{charge réelle}}{\text{charge limite autorisée}}$$

=  x  $\frac{\text{Charge réelle}}{\text{Charge limite autorisée}}$

*calculs physiques*

Soit dans l'exemple ci-dessus :  
 Flèche réelle = 5,3 cm x (500 kg / 750 kg) = 3,53 cm.



- ▲ Notre charge de 500Kg uniformément répartie, représentée sur l'échelle verticale, peut être équipée sur une poutre de 14m de longueur maximale, pour une flèche limite de 9,3cm

[Haut de page](#)

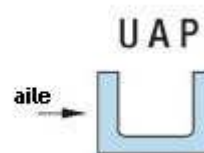
## Poutrelles

Imprimer

Dans la hiérarchie d'un système de levage apparaissent en dernier lieu et au point le plus élevé, les supports d'accroche des moteurs ou des [palans](#). Les appareils de levage sont généralement en accroche sur des poutrelles métalliques constituant la charpente du lieu de spectacle ou plus spécifiquement le [gril](#) d'un [théâtre](#). Dans un théâtre, ces poutrelles sont généralement constitutives du [chemin de moufles](#) ou officient en liaisons transversales de ceux-ci :

- les **poutrelles d'un chemin de moufles** ont une limite de capacité de surcharge exprimée en daN/m. Cette capacité de surcharge concerne les éléments de levage ajoutés sur le chemin de moufles, les équipements permanents des [porteuses](#) n'interviennent pas dans le calcul de cette limite.
- les **poutrelles transversales** sont souvent de moindre envergure que celles des chemins de moufles. Leur fonction est de rigidifier la structure du gril. Elles sont en appui sur le chemin de moufles, perpendiculaires à celui-ci, lui évitant des déformations par les forces induites des charges de suspentes et des charges de [contreponds](#) en cheminée.

Il est important de pouvoir identifier une poutrelle par l'aspect de son profil. Les principales poutrelles rencontrées sur une structure de gril ou de charpente métallique sont de type : HEA, HEB, IPN, IPE, UAP.

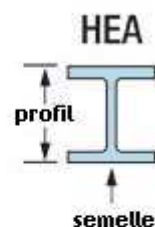


La forme de la poutrelle est désignée par la première lettre de son appellation :

**H** : poutrelle en forme de H. Les sections HEA s'inscrivent approximativement dans un carré (semelle de largeur sensiblement supérieure à la hauteur du profil). Les sections HEB ont un profil et une semelle d'égales dimensions. Pour ces deux poutrelles, tous les angles sont vifs, à l'exception des angles rentrants.

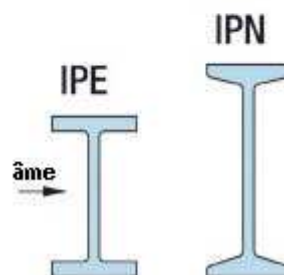
**I** : poutrelle en forme de I. Les poutrelles I ont une largeur de semelle égale à environ la moitié de la hauteur du profil. Les ailes des profils IPN sont d'épaisseurs variables (bords non parallèles), celles des IPE sont parallèles.

**U** : poutrelle en forme de U. Les ailes des profils UAP sont parallèles.



Les lettres suivantes donnent des informations complémentaires :

- E : pour Européenne
- A : pour poutrelle de série allégée
- B : pour poutrelle de série normale
- P : poutrelle
- N : normale



On désigne toutes ces poutrelles par la hauteur. Par exemple, une poutrelle IPN 120 a une hauteur de profil de 120 mm.

Le [machiniste](#) devra se référer aux catalogues des fabricants afin de trouver les capacités de surcharge de chaque type de poutrelle pour une section donnée.

Les principales données caractérisant une poutrelle sont :

- l'épaisseur d'âme,
- l'épaisseur d'aile,
- la hauteur de profil,
- la largeur de semelle.

Le tableau ci-dessous est un extrait de données indiquant les limites de surcharge pour des poutrelles de 100 et 200 mm équipées de charges uniformément réparties, selon la longueur des poutrelles.

▼ Valeur de surcharges des poutrelles

SECTION								
Section	100				200			
Longueur	2 m	3 m	4 m	5 m	2 m	3 m	4 m	5 m
HEA	4,66t	3,11t	2,23t	1,86t	24,8t	16,5t	12,3t	9,75t
HEB	5,71t	3,77t	2,8t	2,2t	36,4t	24,1t	18t	14,3t
IPN	2,17t	1,43t			13,64t	9,05t	6,74t	5,34t
IPE	2,17t	1,43t			12,4t	8,21t	6,12t	4,85t
UAP	2,66t	1,75t			12,43t	8,23t	6,14t	7,86t
	VALEURS EXPRIMEES EN TONNES (t)							

[Haut de page](#)

## Réactions d'appui

Imprimer

Les calculs de réactions d'appui permettent de définir les efforts subis par les supports des matériels de levage intervenant dans un système. Les calculs se décomposent en étapes comme suit:

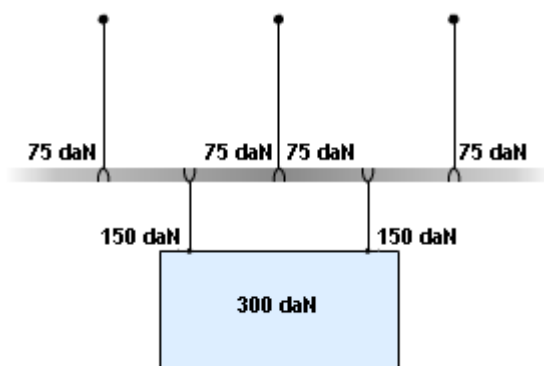
1. On procède à l'inventaire des **charges** (**projecteurs**, décors, **son** ...) en accroche sur chaque support du système de levage.
2. On calcule les réactions d'appui sur les supports d'accroche de ces charges.
3. Ces résultats de réactions nous donnent les valeurs de charges supportées par les appareils de levage (moteur, **palan**...) et par leurs supports d'accroche.
4. En dernier lieu, on détermine la **CMU** de tous les éléments intervenant dans le système de levage :
  - la CMU des élingues,
  - la CMU des éléments **connecteurs**,
  - la capacité des poutres (truss),
  - la capacité des moteurs de levage,
  - les efforts supportées par les supports d'accroche des moteurs.

Le poids propre de chaque élément du système de levage est à prendre en compte dans les calculs de réactions d'appui.  
Ces calculs s'effectuent en partant de la valeur des charges accrochées et en remontant progressivement tout le système de levage pour déterminer chaque réaction pour les éléments impliqués.

Exemples :

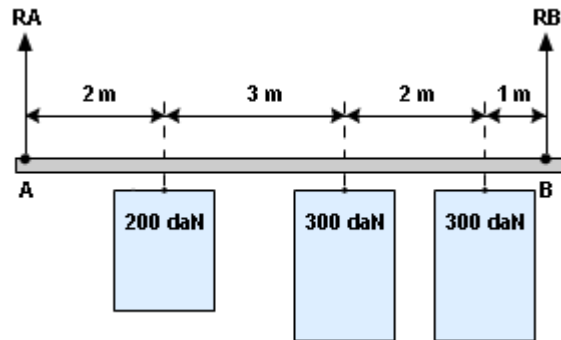
- **Cas d'une charge ponctuelle entre trois suspentes**

Soit une charge de 300 daN accrochée sur une **porteuse** par deux élingues : chaque élingue est en accroche sur la porteuse au milieu des suspentes. Chaque élingue de levage supporte 1/2 fois le poids de la charge, soit 150 daN. La réaction dans la suspente centrale est de 75 daN x 2 = 150 daN. Les suspentes latérales supportent chacune 75 daN.



- **Cas de trois charges ponctuelles sur deux points d'appui**

Soit une poutre que nous souhaitons équiper de trois charges ponctuelles quelconques. Une de 200 daN, deux de 300 daN, toutes à des distances différentes des points d'appui de la poutre, A et B.  
RA et RB sont les réactions d'appui respectives des points A et B.



Nous allons déterminer les réactions d'appui RA et RB sur les deux points A et B, en connaissant la réaction totale, et les distances respectives des charges.

La réaction totale sur les points d'appui A et B pour mettre en équilibre le système est de :

$$RA + RB = 200 \text{ daN} + 300 \text{ daN} + 300 \text{ daN} = 800 \text{ daN}$$

La force de réaction sur l'appui B est :

$$RB = 800 \text{ daN} - RA$$

$$RB = 200 \text{ daN} + 300 \text{ daN} + 300 \text{ daN} - RA$$

Nous pouvons écrire les moments par rapport au point A comme suit :

Moments : produit de l'intensité d'une force par la distance du point d'application de cette force au centre de rotation considéré, ici le point A.

$$(RB \times 8 \text{ m}) = (200 \text{ daN} \times 2 \text{ m}) + (300 \text{ daN} \times 5 \text{ m}) + (300 \text{ daN} \times 7 \text{ m})$$

$$(RB \times 8 \text{ m}) = 400 \text{ m.daN} + 1\,500 \text{ m.daN} + 2\,100 \text{ m.daN}$$

$$(RB \times 8 \text{ m}) = 4\,000 \text{ m.daN}$$

$$RB = 4\,000 \text{ m.daN} / 8 \text{ m} = 500 \text{ daN}$$

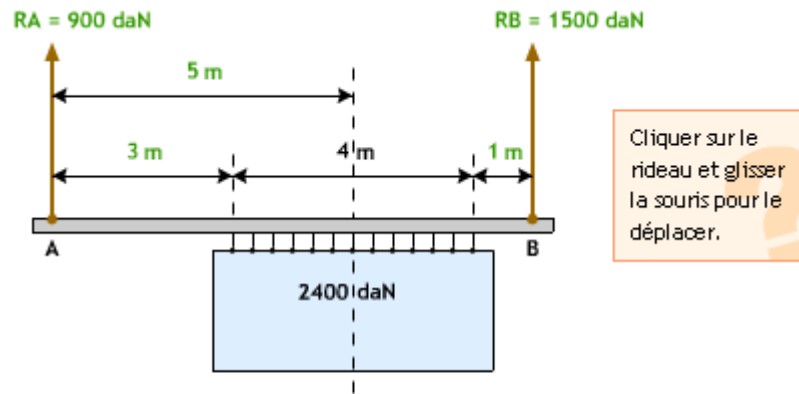
$$\text{Réaction d'appui de RB} = 500 \text{ daN}$$

$$\text{Réaction d'appui de RA} = 800 \text{ daN} - RB = 300 \text{ daN}$$

- **Cas d'une charge uniformément répartie sur deux points d'appui :**

Voyons maintenant le cas d'une charge de 2 400 daN uniformément répartie, équipée sur une poutre d'une longueur de 8 m.





Cliquer sur le rideau et glisser la souris pour le déplacer.

Nous savons :

$$RA + RB = 2\,400 \text{ daN}$$

$$\text{d'où : } RB = 2\,400 \text{ daN} - RA$$

Nous pouvons écrire le moment de RB par rapport au point A comme suit (la charge étant uniformément répartie, le point d'application considéré se situe au centre de la charge, soit à 5 m du point A):

$$(RB \times 8 \text{ m}) = (2\,400 \text{ daN} \times 5 \text{ m})$$

$$(RB \times 8 \text{ m}) = 12\,000 \text{ m.daN}$$

$$RB = 12\,000 \text{ m.daN} / 8 \text{ m}$$

$$RB = 1\,500 \text{ daN}$$

**Réaction d'appui de RB = 1500 daN**

**Réaction d'appui de RA = 2 400 daN - RB = 900 daN**

[Haut de page](#)

## Moteurs de levage

[Imprimer](#)

De plus en plus, les moteurs de levage trouvent leur place en levage de ponts, soit par absence de [porteuses](#) dans les salles non-équipées ou pour pallier un dépassement de [CMU](#) de porteuses. Les fabricants ont répondu aux contraintes scéniques et attentes des [machinistes](#) avec la conception de moteurs de plus en plus légers, à vitesses variables et pouvant être utilisés accrochés sur la [charge](#) ou le support.

[Haut de page](#)

## Constitution

Imprimer

Un moteur est caractérisé par :

- sa capacité de levage. Les moteurs couramment utilisés ont une capacité de levage de 500 kg, 1 t, 2 t. Un moteur standard [Verlinda](#) de 1 t a un poids propre de 45 kg, chaîne non-comprise.
- sa vitesse de levage ou la variabilité de celle-ci : les vitesses fixes courantes des moteurs sont de 4 m/mn, 8 m/mn, 16 m/mn,
- sa longueur de chaîne,
- sa tension d'alimentation électrique.



Un moteur de levage répondant à des exigences pratiques, doit pouvoir fonctionner dans deux sens: la tête accrochée directement à la [charge](#) ou la tête sur le point d'ancrage. Dans ce cas-ci, le sac à chaîne doit être réversible dans sa fixation sur le carter du moteur. Le moteur équipé sur la charge évite de le hisser sur des hauteurs parfois importantes en son point d'ancrage.

### Les crochets

Le crochet de chaîne est démontable, les derniers maillons de la chaîne sont prisonniers dans une empreinte moulée dans la masse des deux [flasques](#) du crochet, rendus solidaires par boulonnage. L'assemblage des deux flasques doit être réalisé avec la chaîne correctement positionnée dans son empreinte, la boulonnerie devant assurer un serrage correct de l'ensemble. Une vis ou un écrou présentant une usure du filet doivent être remplacés.

Le crochet est équipé d'un [linguet](#) permettant d'assurer un verrouillage automatique du crochet par ressort de rappel.

Si le linguet ne se ferme pas correctement, il y a danger : la connexion d'accroche (élingue, [manille](#)...) peut présenter un risque de décrochage.

#### ▼ Assemblage du crochet



### La chaîne

Un moteur de levage doit être contrôlé tous les six mois par un organisme certifié. Un point de contrôle est effectué sur la chaîne, notamment sur son allongement en charge. Malgré les contrôles réguliers, l'utilisateur est tenu d'effectuer lui-même un contrôle visuel de l'état des maillons et du graissage de la chaîne avant chaque utilisation.

Une chaîne déroulée et équipée d'une charge ne doit jamais présenter une vrille de plus d' 1/4 de tour sur sa longueur.

### Le bac à chaîne

Il permet de stocker le [mou](#) de la chaîne lors de la manoeuvre d'appui. Il peut être rigide ou flottant et fixé sur la carcasse du moteur. Son état doit être vérifié à chaque installation : pas de déchirure du sac ni aux coutures ni aux [oeillets](#) d'accroche des élingues, et contrôle de la fixation de son ancrage.

Le centre du bac doit être positionné dans l'axe de la chaîne et ne doit pas présenter d'obstacle au bon enroulage/déroulage de la chaîne.

[Haut de page](#)

## Accroche

[Imprimer](#)

L'accroche de moteurs ne peut se faire sans avoir au préalable engagé des calculs de charges concernant :

- la résistance du support d'ancrage du moteur et la capacité du moteur à lever une [charge](#),
- la [CMU](#) des différents éléments [connecteurs](#) et des élingues,
- le poids propre du moteur et de son système d'accroche est à prendre en compte dans le calcul des charges.

Une fois le point d'ancrage du moteur défini, son accroche peut être réalisée au moyen d'élingues (pratiques pour leur adaptabilité à la géométrie du point d'ancrage), ou de griffes s'adaptant sur les ailes de poutre types HEA, IPN ou encore avec une chaîne.

Un contrôle rigoureux des différents éléments constituant le système de levage doit être effectué avant la mise en tension du moteur.

[Haut de page](#)

## Commande

[Imprimer](#)

Les alimentations électriques des moteurs sont regroupées sur un coffret de commande permettant:

- le pilotage groupé des moteurs,
- le pilotage isolé des moteurs,
- en présence de moteurs à vitesse variable, de faire varier celle-ci,
- d'arrêter les manoeuvres en urgence,
- d'inverser les phases d'alimentation du moteur.

Les prises d'alimentation des moteurs sur le coffret de commande ne sont pas toujours câblées similairement : deux alimentations câblées différemment font tourner les moteurs en sens inverse l'un de l'autre.

Pour éviter une intervention au niveau de la prise de l'alimentation (rétablir des connexions similaires sur les plots de prises), un bouton inverseur de phase est installé sur chaque plot de commande de moteur, permettant ainsi de contrôler indépendamment le sens de fonctionnement des moteurs.

[Haut de page](#)

## Manoeuvre

Imprimer

Une manoeuvre de moteur ne doit jamais s'effectuer seul et en aveugle. Le poste de commande des moteurs doit être connecté au réseau interphonique de la salle si les moteurs manoeuvrent en cours de [jeu](#), ou être en liaison par talkie-walkie avec un conducteur de manoeuvre au sol lors d'un montage. Le poste de commande doit être installé en un endroit embrassant si possible une vision globale du [cintre](#), par exemple une passerelle située à mi-hauteur de la cage de scène.

Le levage d'une [charge](#) doit être effectué sans à-coups en cours de montée ou descente, le danger devient présent lorsque la chaîne du moteur se met à osciller durablement sur sa longueur.

Attention au moteur de levage à vitesse variable, le levage de la charge doit se faire en petite vitesse au démarrage.

La mise hors tension du rack de commande des moteurs s'impose à l'issue d'un [service](#) de travail  
(disjonction et débranchement de l'alimentation du rack).

[Haut de page](#)