

# Longueur limite de crosse

## Sécurité d'utilisation

Articles SH110 et SH310

### TRACTION FRONTALE STATIQUE AU SOMMET CROSSE EXERCEE PAR UN HOMME

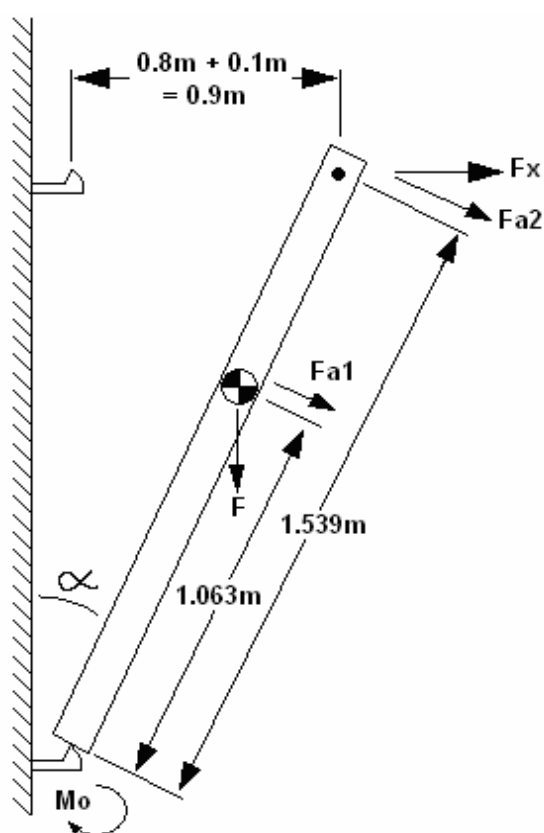


Figure 1: homme schématisé se tenant bras et jambes en extension à 2 points fixes

Dans cette situation d'utilisation usuelle de la crosse, l'agent de maintenance s'apprête à descendre dans le regard de visite. La crosse est bloquée en position haute.

Un homme choisi corpulent se tient droit les bras tendus et agrippe des deux mains le sommet de la canne. L'agent est statique et n'applique pas d'autre force que le simple maintien de son corps incliné face à la crosse.

Le travail statique s'effectue contre résistance à déplacement nul.

#### HYPOTHESES :

L'axe de canne est distant de 10 cm de l'échelon.

Mensuration de l'homme en équilibre sur le deuxième échelon :

- Taille de l'homme : 1,8 mètre
- Longueur des bras : 0,8 mètre
- Hauteur d'épaule : 1,539 mètre
- Masse corporelle : 125 kgm
- Centre de gravité C : à 1,063 m des pieds en appui sur un point fixe.

La force verticale au centre de gravité est :  $F = 125 \text{ kg}$  ou  $1250 \text{ N}$

L'angle d'inclinaison de l'homme bras tendus est :  $\alpha = \sin^{-1} \frac{0,9}{1,539} = 35,8^\circ$

La force perpendiculaire à la canne exercée au centre de gravité est :

$$F_{a1} = 1250 \sin 35,8 = 731,2 \text{ Newton}$$

L'homme en équilibre exerce une action au sommet de la canne compensée par une force de réaction au niveau du premier échelon. Recherchons tout d'abord la force perpendiculaire au sommet de la canne.

L'équilibre de l'homme en position statique se traduit par le moment d'une force aux pieds égale à zéro.

$$M_0 = 0; \quad \text{or } M_0 = (1,063 \times 731,2) + (1,539 \times F_{a2})$$

Donc,  $0 = (1,063 \times 731,2) + (1,539 \times F_{a2})$  ou en valeur absolue :

$$\Leftrightarrow |1,063 \times 731,2| = |1,539 \times F_{a2}|$$

$$\Leftrightarrow |F_{a2}| = \frac{|1,063 \times 731,2|}{|1,539|}$$

$$\Leftrightarrow |F_{a2}| = 505 \text{ Newton}$$

---

Il nous intéresse à présent de connaître la traction  $F_x$  exercée au sommet de la canne par la simple masse déportée de l'homme agrippé.

La formule est la suivante :

$$|F_x| = |F_{a2} \sin \alpha|$$

$$\Leftrightarrow |F_x| = |505 \sin 35,8|$$

$$\Leftrightarrow |F_x| = 295,4 \text{ Newton}$$

La force horizontale exercée sur la crosse par le poids statique d'un homme de 125 kg (tout équipé de son matériel) équivaut à pratiquement 300 Newton.

Le même homme perdant l'équilibre et s'agrippant d'urgence à la canne peut encore exercer une force additionnelle dynamique (mouvement de flexion et d'extension des bras) poussant  $F_x$  à 450 Newton (étude Dreyfuss 1993).

## RESISTANCE A L'ARRACHEMENT DE L'EHELON SUPERIEUR EN OPPOSITION A LA TRACTION FRONTALE STATIQUE

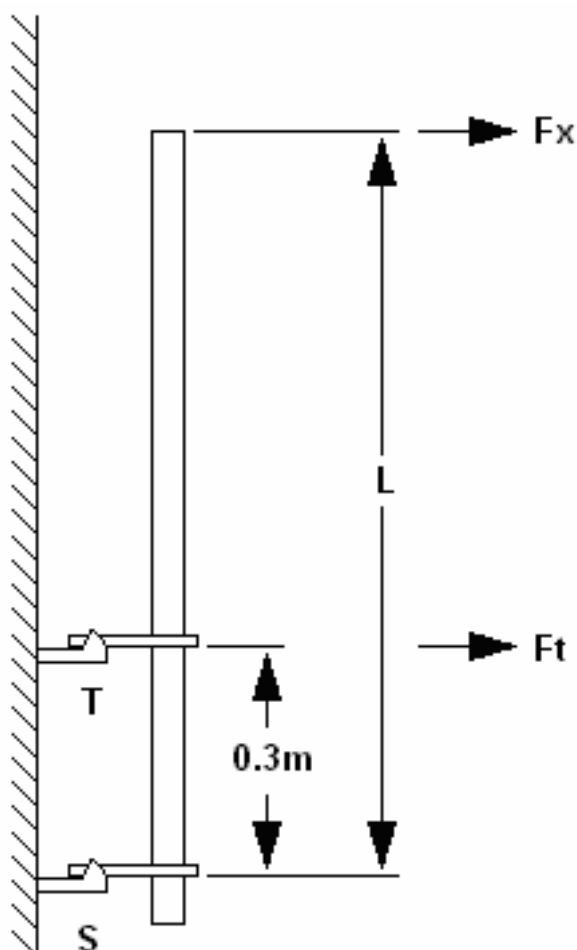


Figure 2: crosse installée aux deux premiers échelons d'une paroi murale

Comme précédemment, nous nous trouvons dans une situation d'utilisation usuelle de la crosse.

L'agent de maintenance est immobile et s'apprête à descendre dans le regard de visite.

### HYPOTHESES :

Ce schéma représente la crosse fixée aux deux premiers échelons T et S.

En règle général le premier échelon se situe à 15 cm de la surface, le second plus bas est distant de 30 cm.

Distance TS = 0,3 mètre

La canne de longueur L, verrouillée en position haute, est visible pour indiquer l'intervention d'un agent dans le puits.

Revenons à un agent d'entretien s'apprêtant à descendre dans un regard de visite et cherchons à déterminer l'effet de la longueur de la canne sur l'échelon supérieur en traction.

Un homme de 125 kgf se tient droit les bras tendus et agrippe des deux mains le sommet de la canne. L'agent est statique et n'applique pas d'autre force que le simple maintien de son corps incliné face à la crosse. Cette force est symbolisée par la flèche  $F_x$ . Sa valeur a été déterminée précédemment :

$$|F_x| \approx 300 \text{ Newton}$$

Déterminons la force statique  $F_t$  exercée sur l'échelon T. Cette force résultante est fonction de la longueur L de la canne faisant bras de levier à l'exemple de la brouette.

La formule est la suivante :

$$F \times b = P \times a$$

Si le rapport  $b / a = 4$  comme c'est le cas avec une crosse de 1,2 m sur deux échelons distants de 0,3 m alors la force  $P$  que l'on peut considérer comme exercée sur le premier échelon est le quadruple de la force manuelle  $F$ .

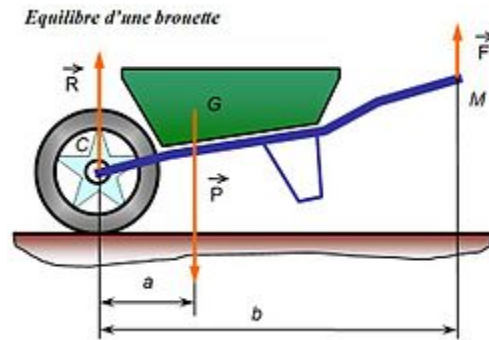


Figure 3 : effet de levier sur une brouette

L'équilibre de l'homme en position statique se traduit par le moment d'une force aux pieds égale à zéro. On peut comparer ce point fixe à l'essieu de la brouette.

$$M_s = 0 ; \quad \text{or } M_s = (0,3 \times F_t) + (L \times F_x)$$

Donc,  $0 = (0,3 \times F_t) + (L \times F_x)$  ou en valeur absolue :

$$\Leftrightarrow |(0,3 \times F_t)| = |L \times F_x|$$

$$\Leftrightarrow |F_t| = \frac{|L \times F_x|}{0,3}$$

$$\Leftrightarrow |F_t| = 1000 \times L$$

La force d'arrachement  $F_t$  appliquée sur l'échelon supérieur est proportionnelle à la longueur de la canne faisant bras de levier.

Exemples :

Si  $L = 1$  mètre  $\rightarrow |F_t| = 1000$  Newton

Si  $L = 1,2$  mètre  $\rightarrow |F_t| = 1200$  Newton

Si  $L = 1,4$  mètre  $\rightarrow |F_t| = 1400$  Newton

La longueur de la crosse a un lien direct sur la force d'arrachement appliquée par l'agent d'entretien sur l'échelon supérieur.

Plus la canne est longue, plus la contrainte d'arrachement sur l'échelon T est élevée.

## OBSERVATIONS :

Il a été déterminé plus haut qu'un agent d'entretien d'un poids de 125 kgf se tenant pieds joints sur un échelon transmettra aux mains agrippées une traction frontale statique de 300 Newton.

La norme européenne NF EN 1917 exige une résistance à l'arrachement pendant 60 secondes de 5000 Newton pour tous les échelons de puits équipés ou non de crosse d'accès. Le coefficient de sécurité imposé est de  $5000 \text{ N} / 300 \text{ N} = 16$ .

Avec une crosse de 1,2 m nous savons à présent que la force d'arrachement est quadruplée sur le premier échelon par effet de levier. Par l'outil impromptu qu'est ce bras de levier à usage de crosse d'accès le coefficient de 16 est d'office divisé par 4 sur le premier échelon.

Nous pouvons aussi tenir compte de la force dynamique causée par les mouvements de bras de l'homme. Ce supplément de force peut porter  $F_x$  à 450 Newton.

## FORCE DE CHOC SUR L'ECHELON SUPERIEUR CREE PAR LA MASSE DE L'HOMME EN MOUVEMENT

Une chute impromptue ou des impulsions intentionnelles irresponsables peuvent se produire ce qui porterait  $F_x$  à des valeurs de pointe encore bien supérieures. Il faut tenir compte d'un tel cas de figure et l'application d'un coefficient de sécurité supplémentaire justifié par l'énergie cinétique de la masse de l'homme est à observer.

La force de choc est la force transmise à un grimpeur au moment de l'arrêt de sa chute

Pourquoi Caswick s'impose un coefficient de sécurité dynamique supplémentaire de 4 ?

La résistance d'arrachement imposée par la norme NF EN 1917 est de 5000 Newton

La formule de force de choc, bien connue en escalade, est la suivante :

$$m g h = \frac{m v^2}{2}$$

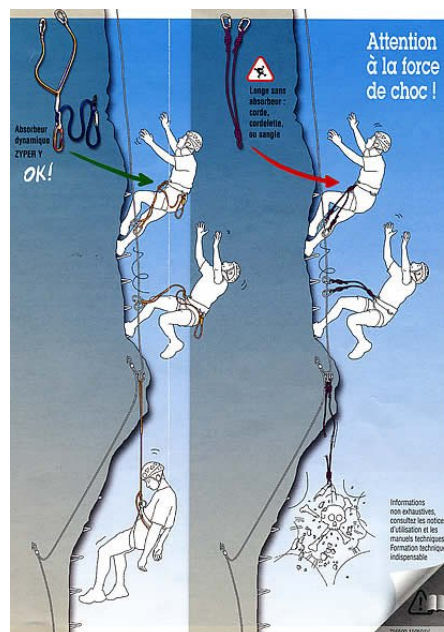
$m$  est la masse de l'homme en kgm

$g = 9,81 \text{ m}^2/\text{s}$ , c'est l'accélération terrestre

$h$  est la distance de chute en m.

$v$  est la vitesse de la masse au moment de l'impact

$$v = \sqrt{2 g h} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,8} = 3,96 \text{ m/s}$$



L'homme qui fait descendre son centre de gravité en chute libre sur 80 cm (longueur d'extension des bras) possède à la réception une vitesse d'environ 4 m/s.

Ce complément d'énergie cinétique acquis par l'homme de 125 kgm transmet par une force de choc verticale de :

$$F = m v = 125 \times 3,96 = 495 \text{ kgf}$$

En d'autres termes le poids de l'homme est quadruplé et nous retrouvons un autre coefficient 4 qui s'ajoute à l'effet bras de levier pour arriver au coefficient de sécurité 16 choisi par la norme NF EN1917.

L'homme qui perd l'équilibre et qui se rattrape au bout d'une chute de 80 cm transmet un choc d'une force verticale de 4 fois son poids.

Par un même calcul d'angle de 38,5° et de traction frontale au sommet de la canne, l'échelon supérieur devra répondre d'une résistance d'arrachement égale à  $4 \times 4 \times 300 = 4800$  Newton.

## CONCLUSIONS

La longueur de crosse retenue par Caswick est 1,2 mètre sachant que celle-ci, par effet de levier, transformera la force statique de 300 Newton au sommet de la canne en une force statique quadruple au niveau de l'échelon supérieur.

La force de choc due à la quantité de mouvement d'un homme de 125 kgf sur 80 cm multiplie par 4 la force d'arrachement sur l'échelon.

Compte tenu du coefficient de sécurité ainsi calculé à seize, 1,20 m est bien la longueur maximale de crosse définie pour ne pas dépasser 4800 N à l'arrachement.

-----