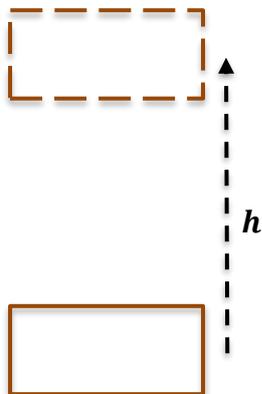


3 Machines simples ([youtube intro](#))

3.1. Principe



Quelle force est nécessaire pour soulever directement un fardeau à vitesse constante ?

Connaissez-vous des outils qui permettent de soulever le fardeau en appliquant une force inférieure à son poids ?

On appelle machine simple un outil, qui permet de réduire la force nécessaire pour soulever un corps ou effectuer une manœuvre mécanique.

3.2 Poulies et palans

Expérience :

À l'aide des machines simples suivantes on essaye de soulever une charge.

On note chaque fois :

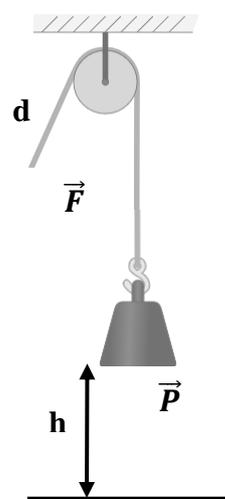
l'intensité du poids à soulever :	<i>P</i>
l'intensité de la force motrice (la force qu'on doit exercer) :	<i>F</i>
la différence d'altitude du fardeau (le chemin qu'il a parcouru) :	<i>h</i>
le déplacement du point d'application de la force motrice :	<i>d</i>
le nombre de brins de fil, qui soutiennent le poids <i>P</i> :	<i>n</i>

1. Avec la main : $m = 0,2 \text{ kg}$



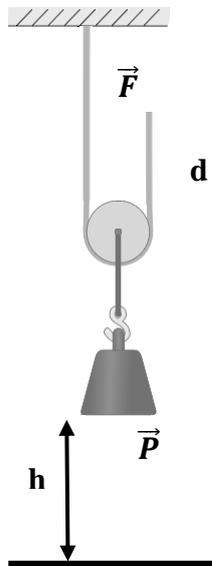
$P=2\text{N}$
 $h=10\text{cm}$
 $F=$
 $d=$

2. La poulie fixe (fixe= accrochée, ne se déplace pas avec la charge)



La poulie fixe ne réduit pas la force nécessaire pour soulever la charge. Elle est utile pour modifier la direction et le sens de la force.

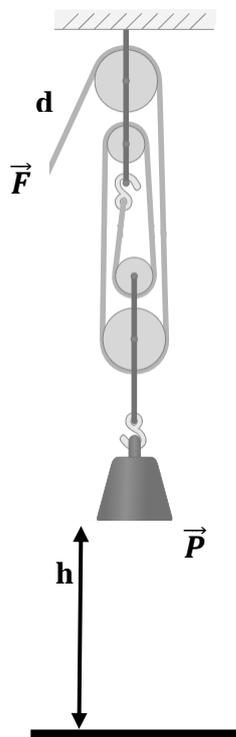
3. La poulie mobile : Les poulies mobiles sont fixées à la charge qu'on veut soulever. Les poulies mobiles et la charge se déplacent ensemble.



n = nombre de brins de cordes parallèles qui supportent la charge
 $n =$

4. Le palan

Un palan est un assemblage d'un certain nombre de poulies fixes et de poulies mobiles. Le fardeau est accroché au système de poulies mobiles.



Relation entre F , P et n :

$$F = \frac{P}{n}$$

Relation entre d , h et n :

$$d = n \cdot h$$

avec n : le nombre de brins de fil qui soutiennent le poids et les poulies mobiles.

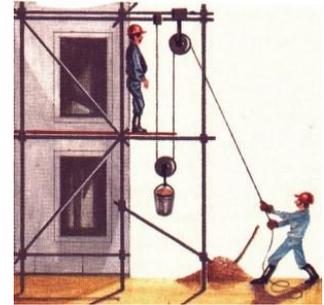
[Simulation 1 forces et brins](#), [Simulation 2 avec force, chemin et travail](#)

Exemples :

1) Un ouvrier utilise un palan avec une poulie fixe et une poulie mobile, pour monter un seau rempli de sable.

Poids du seau rempli de sable : $P = 120 \text{ N}$

Quelle force nécessite l'ouvrier ?



2) Quelle est la force nécessaire pour monter 5 L d'eau.

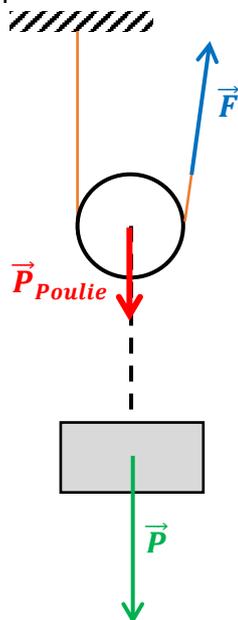
Masse du seau : 2 kg.



Remarques :

1) Si le poids des poulies mobiles n'est pas négligeable, il faut additionner le poids des poulies au poids du corps à soulever !

Exemple :



$$P = 1000 \text{ N}$$

$$P_{\text{poulie}} = 100 \text{ N}$$

Calculez la force nécessaire pour soulever le fardeau !

2) Le produit $(F \cdot d)$ ne change pas (si on néglige les frottements)

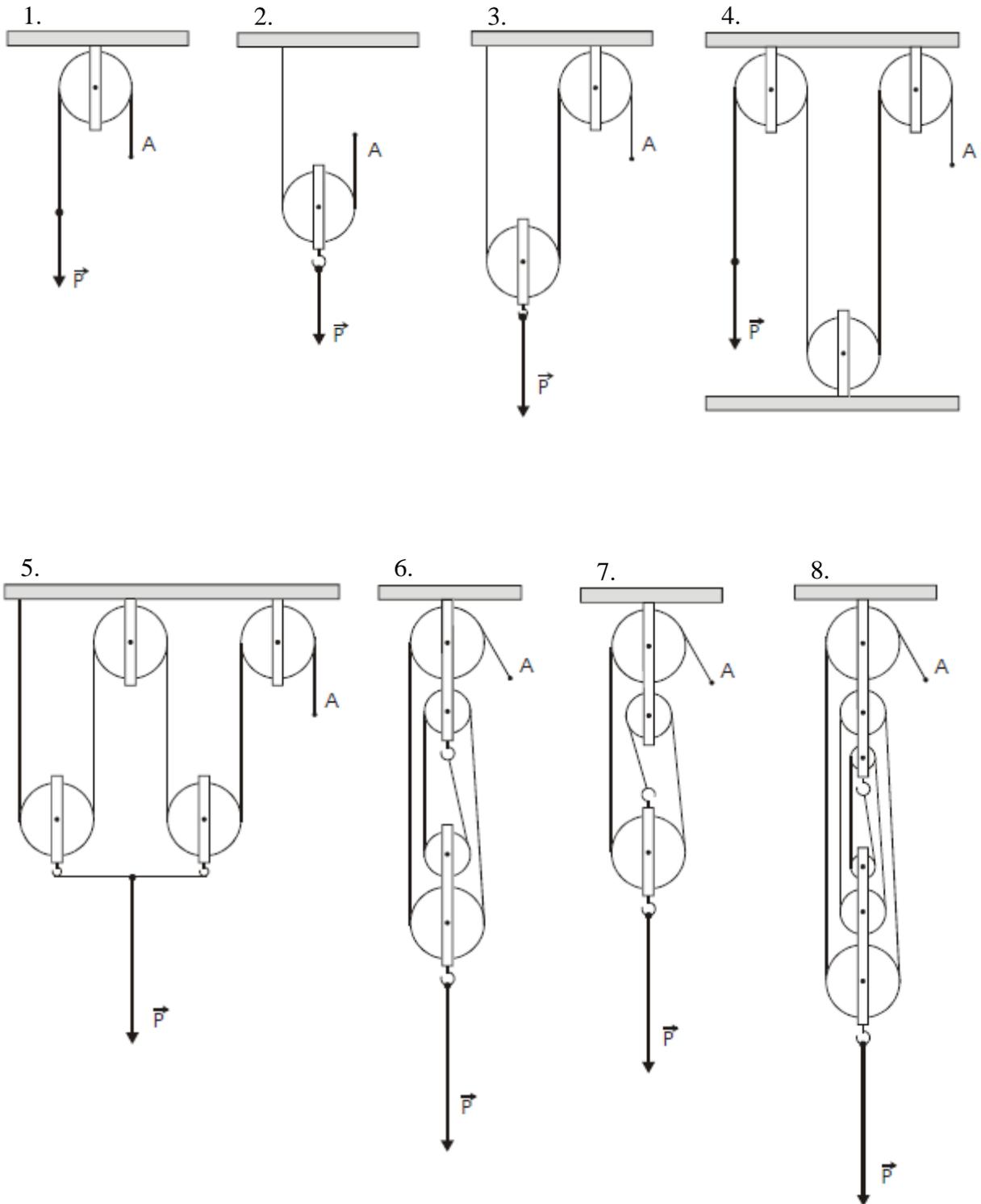
$$F \cdot d = \frac{P}{n} \cdot n \cdot h = P \cdot h$$

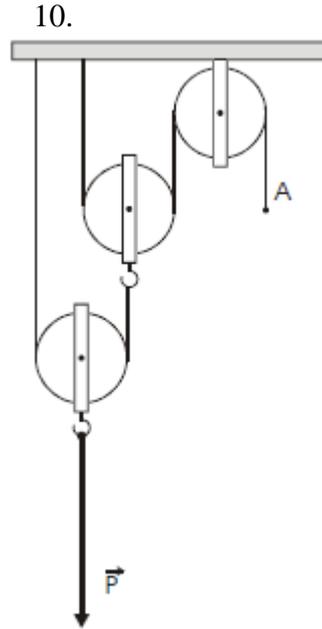
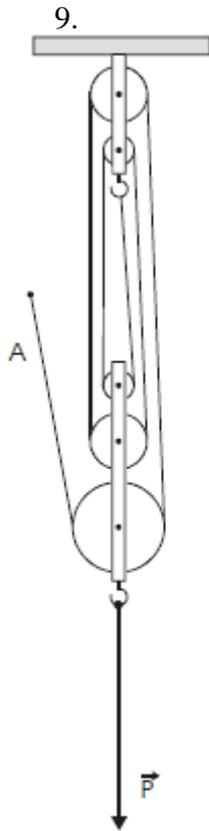
Si on veut réduire la force F on doit augmenter le chemin d

$$F \cdot d = P \cdot h$$

Exercices :

- 1) a) Détermine la force F nécessaire (appliquée en A) pour soulever à vitesse constante une charge de $P = 100\text{ N}$ à une hauteur de $h = 2\text{ m}$.
 b) Calcule le chemin d parcouru par la force F !



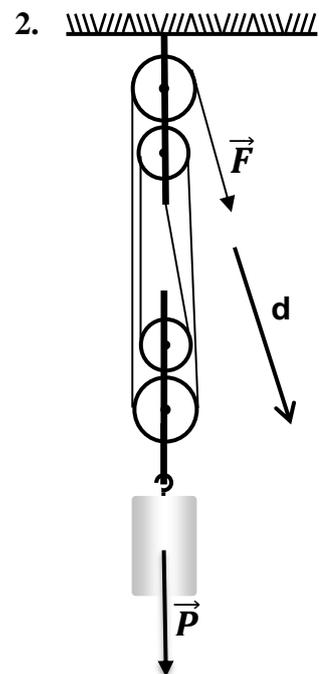
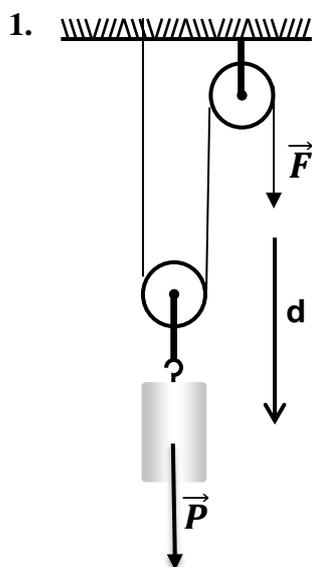


2) À l'aide des machines simples suivantes on veut soulever un corps d'une masse de 20 kg à une hauteur de 7 mètres.

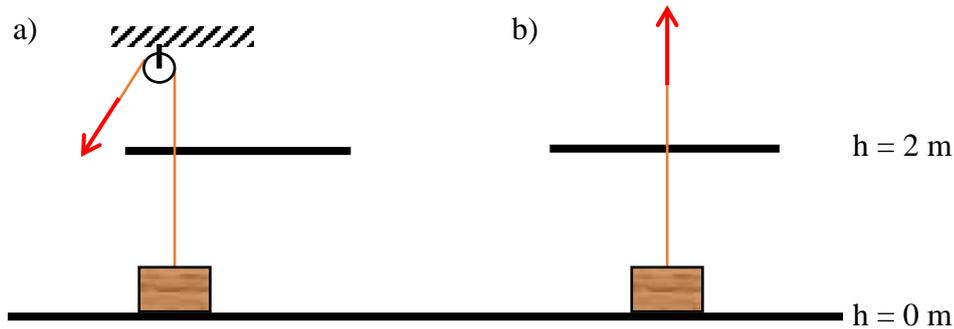
a) Calcule le poids de la masse à soulever.

b) Pour chaque exemple :

- indique le nombre de brins de corde n qui supportent le poids
- calcule la force F ainsi que le chemin d à parcourir par F pour soulever le corps à la hauteur demandée.



3) Quelle option choisissez-vous pour soulever un fardeau à une hauteur de 2 m ?
Expliquez votre raisonnement !

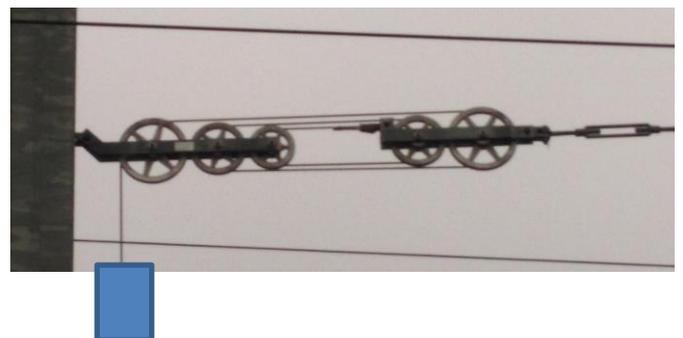


4) L'image montre le palan d'une grue. Compter le nombre de brins de cordes. La corde de 20mm peut supporter au maximum 30 000N. Calcule la masse maximale que la grue peut soulever.



5) Dessine un palan qui permet de soulever un fardeau en appliquant une force F , qui est 5 fois inférieure au poids P !

6) **Palan horizontal.** A Ettelbruck les CFL utilisent le palan suivant pour tendre les caténaires. On suppose que le poids qui tire vers le bas a une masse de 150kg. Quelle est la tension exercée horizontalement par le palan ?

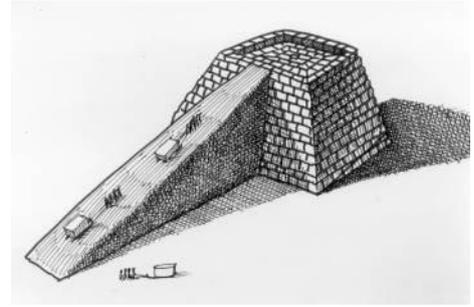


Video: Est-ce qu'une personne peut soulever un camion d'une masse de 5,5t?

<https://youtu.be/qr7bT32b5PY>

3.3 Le plan incliné

Pour monter une charge, on peut également utiliser un plan incliné, par exemple une planche.
Déjà les Egyptiens ont probablement utilisé le plan incliné pour transporter des blocs de granit d'environ 25 tonnes vers le haut.



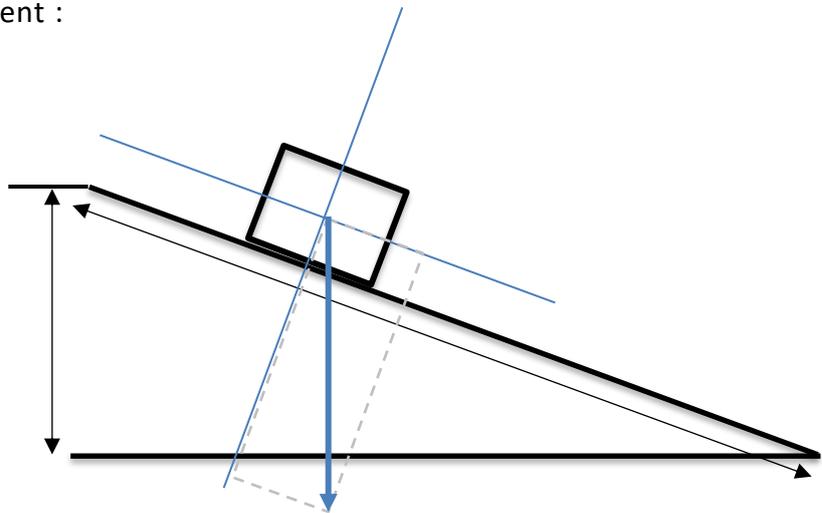
Pour être efficace, le frottement entre le plan et le corps doit être faible, par exemple en utilisant des roues ou des rouleaux. Dans la suite nous allons supposer que les forces de frottement sont négligeables.

Tracer les 3 forces qui agissent :

Poids (à décomposer)

Réaction normale
du plan R
(sans frottement)

Force de traction F



Pour faire monter le corps d'une hauteur h , nous utilisons un plan incliné d'une longueur d supérieure à la hauteur et incliné d'un angle

Relation entre d et h :

$$\sin(\alpha) = \frac{h}{d}$$

$$d = \frac{h}{\sin(\alpha)}$$

Pour déterminer l'intensité de la force de traction \vec{F} à appliquer, on décompose le poids \vec{P} du corps suivant les directions parallèle (T) et perpendiculaire(N) au plan.

Relation entre F et P :

$$\sin(\alpha) = \frac{P_T}{P}$$

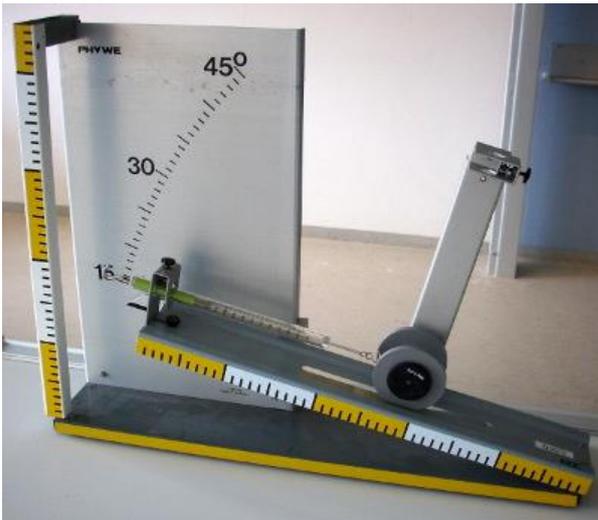
$$\cos(\alpha) = \frac{P_N}{P}$$

En supposant que le corps est déplacé à vitesse constante, nous pouvons appliquer la condition d'équilibre suivant les deux directions perpendiculaires :

$$F = P_T = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$R = P_N = m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

Vérification expérimentale :



On mesure la force F nécessaire pour tirer un corps parallèlement vers le haut à l'aide d'un plan incliné pour différents angles α . Ensuite on exerce une force R perpendiculaire pour soulever légèrement le corps.

Poids du corps : $P =$

Expérience		Théorie	
α (°)	F (N)	$F=P_T=P \cdot \sin(\alpha)$ (N)	$R=P_N=P \cdot \cos(\alpha)$ (N)
15			
30			
45			

Conclusions :

1. La force motrice F est inférieure au poids P ,
 → le plan incliné réduit la force nécessaire.
2. Le chemin d , que la force doit parcourir est supérieur à la hauteur h .
 → avec un plan incliné le chemin le long duquel il faut tirer devient plus long.

3. Le produit ($F \cdot d$) : $F \cdot d = P \cdot \sin(\alpha) \cdot \frac{h}{\sin(\alpha)} = P \cdot h$

⇒
$$F \cdot d = P \cdot h$$

Le produit ($F \cdot d$) est constant et ne dépend pas de la machine simple utilisée (si on néglige les frottements).

Exercices

1) Sachant que la force maximale que les Égyptiens pouvaient développer était de 40 kN , calcule la longueur de la Rampe qu'ils nécessitaient pour remonter les blocs de 50 tonnes jusqu'à une hauteur de 120 m !

2) Pour faire monter un sac de béton de 40 kg sur une table d'une hauteur de 80 cm , un ouvrier prévoit une rampe avec une longueur de 4 m .

a) Calcule la force nécessaire pour monter le sac à l'aide de cette rampe !

[$78,48 \text{ N}$]

b) Si l'ouvrier voulait soulever le même sac avec la même force à la même hauteur mais à l'aide d'un palan, quel serait le nombre de brins de corde utilisés ?

[5]

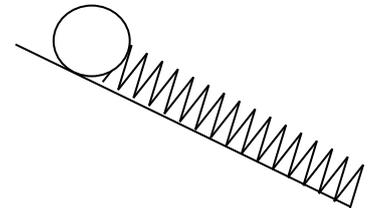


3) Un tonneau de bière qui se retrouve sur une pente de 35° repose contre un ressort de raideur $k = 2,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$. Lorsqu'on enlève le tonneau, on mesure un allongement du ressort de 12 cm .

a) Comment s'appelle la force qui a comprimé le ressort ?
Détermine son intensité !

b) Détermine la masse du tonneau de bière !

[$F = 324 \text{ N}; m = 57,6 \text{ kg}$]



4) On veut soulever un tonneau de 600 N d'une hauteur de 1 m . Roger le fait à l'aide d'un palan à 5 poulies avec une force de 120 N . Vera le réalise à l'aide de la même force mais avec un plan incliné.

a) Fais une figure du palan et donne le chemin de la force !

b) Fais une figure du plan incliné et donne le chemin de la force !

5) On monte une charge de 400 g dans un premier temps selon la verticale et dans un deuxième temps selon un plan incliné formant un angle de 35° avec l'horizontale. Détermine la force nécessaire afin de monter la charge verticalement à vitesse constante. Détermine la force tangentielle F_T nécessaire pour monter la charge à vitesse constante selon le plan incliné. Vérifie les résultats par une méthode de décomposition et détermine la force normale F_N .

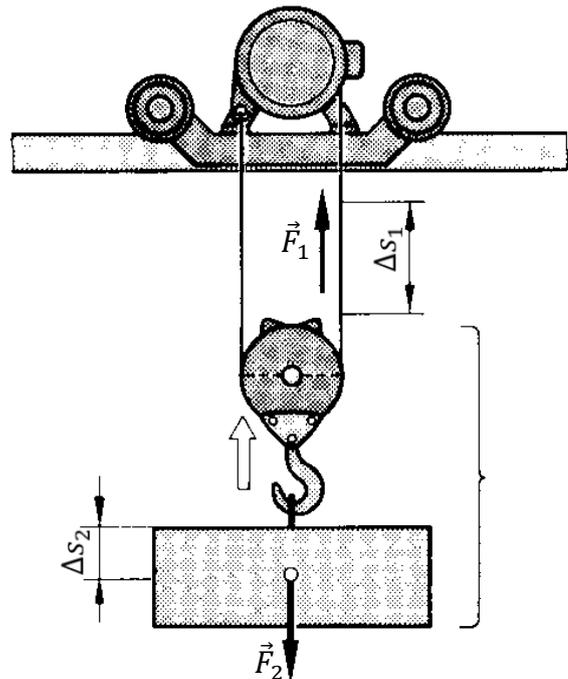
$$[F_T = 2,25 \text{ N} \quad ; \quad F_N = 3,21 \text{ N}]$$

Exercices supplémentaires sur les palans

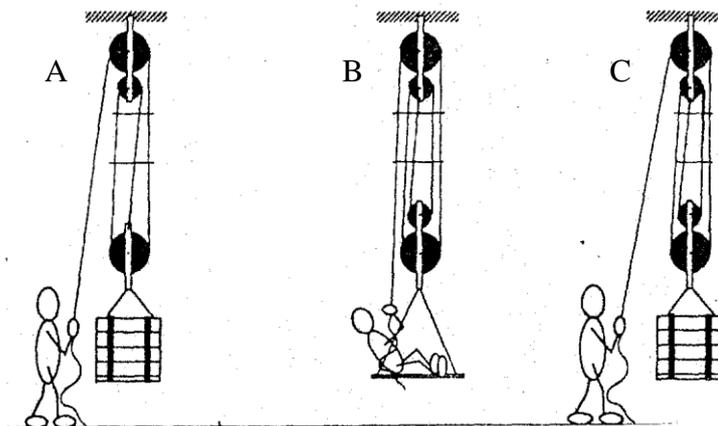
1) On soulève une charge à l'aide d'un moteur électrique qui enroule une corde passant par une poulie mobile. La charge à soulever de 3 m vaut 120 kg, la masse de la poulie mobile est de 10 kg, la masse du moteur vaut 30 kg.

- Détermine l'intensité de la force de traction \vec{F}_1 du moteur sur la corde.
- Détermine le chemin Δs_1 parcouru par la force de traction.
- Quelle est la charge à porter par le rail qui supporte le moteur ?

$$[F_1 = 638 \text{ N} \quad ; \quad \Delta s_1 = 6 \text{ m} \quad ; \quad F = 1,57 \text{ kN}]$$



2) On considère les situations suivantes :



a) Détermine l'intensité F de la force de traction nécessaire pour garder l'équilibre dans les situations A, B, C.

b) Donne dans chaque cas le chemin de la force de traction pour faire monter le plateau de **1 m**.

c) Explique pourquoi dans la figure (B) le chemin x du point d'application de la force F est plus grand que le segment de corde l tiré sur la poulie.

Données : masse de la caisse : $m_1 = 100 \text{ kg}$ et masse de la personne : $m_2 = 80 \text{ kg}$.

$$[F = 327 \text{ N} \quad ; \quad x = 3 \text{ m} \quad ; \quad F = 157 \text{ N} \quad ; \quad x = 5 \text{ m} \quad (l_{\text{segment tiré}} = 4 \text{ m}) \quad ; \quad F = 245 \text{ N} \quad ; \quad x = 4 \text{ m}]$$