UAA3 :
LA STATIQUE – FORCES ET EQUILIBRES

UAA3 :
LA STATIQUE – FORCES ET EQUILIBRES

I- COMPOSITION ET DÉCOMPOSITION DE FORCES

1) Définition d'une force

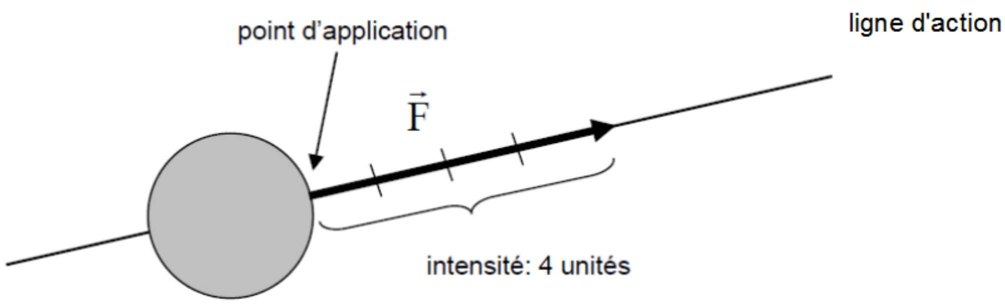
Une force est une grandeur physique capable de produire ou modifier le **mouvement** d'un corps (*effet dynamique*) ou de le **déformer** (*effet statique*).

Dans la suite de ce cours, nous ne considèrerons uniquement les cas des corps indéformables.

2) Vecteur force

Toute force peut être représentée par un vecteur dont les 4 caractéristiques sont :
- Point d'application : point où l'action s'exerce sur le corps
- Direction : droite selon laquelle l'action s'exerce
- Sens : sens selon lequel l'action s'exerce
- Intensité : la valeur de la force en Newton (N)

Rem : Un ensemble de droites parallèles possèdent la même direction. En physique, celle passant par le point d'application d'un vecteur est la ligne d'action de celui-ci.



Attention :

$\vec{F}$ = force avec ses 4 caractéristiques

$\|\vec{F}\| = F$ = intensité ou norme de $\vec{F}$ (= l'une des 4 caractéristiques)

$F = 4N$

3) Composition de forces

a) Direction et sens de la résultante

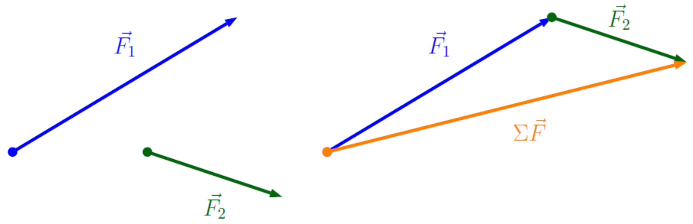
Si un corps indéformable est soumis à plusieurs forces $\vec{F_1}, \vec{F_2}, \vec{F_3}, ...\vec{F_n}$ (en même temps), l'effet résultant est le même que si on n'avait qu'une seule force, appelée *résultante*.

On appelle (force) résultante la force correspondant à la somme vectorielle de tous les vecteurs forces qui s'appliquent à un corps.

$$\boxed{\Sigma\vec{F} = \vec{F}_1 \oplus \vec{F}_2 \oplus \vec{F}_3 \oplus \ldots\ldots \oplus \vec{F}_n}.$$

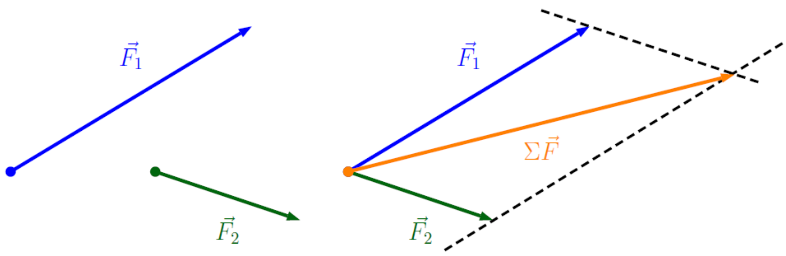
Pour trouver la résultante $\sum\vec{F}$ de deux forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ on peut :

- soit translater les vecteurs tel que l'origine du deuxième vecteur soit placée à l'extrémité du premier (ou inversement). Si on relie l'origine du premier vecteur à l'extrémité du deuxième vecteur, on obtient la résultante :



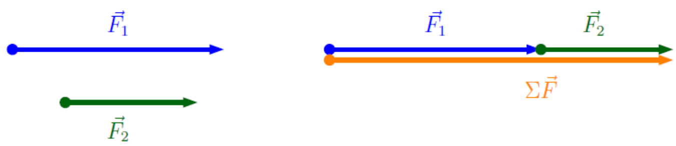
- soit dresser le parallélogramme des forces :

C'est le parallélogramme qui a comme côtés les deux forces à additionner. La résultante correspond à la diagonale.



b) *Intensité de la résultante …Attention !*

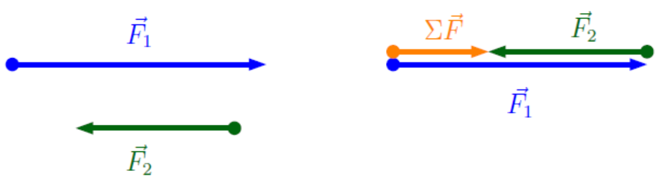
- Addition de deux forces de même direction et même sens



Si les deux forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ ont *même sens et même direction*, alors l'intensité (la norme, la longueur) de la résultante $\sum\vec{F}$ est égale à la somme des intensités (normes) des forces composantes :

$$\vec{F}_1 \oplus \vec{F}_2 = \Sigma\vec{F} = \vec{F}_3 \qquad et \qquad \boxed{F_3 = \Sigma F = F_1 + F_2}$$

- Addition de deux forces opposées



Si les deux forces $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$ ont des *directions parallèles, mais des sens opposés*, alors l'intensité de la résultante $\Sigma\vec{F}$ est égale à la valeur absolue de la différence des intensités des forces composantes :

$$\vec{F_1} \oplus \vec{F_2} = \Sigma\vec{F} = \vec{F_3} \qquad et \qquad \boxed{F_3 = \Sigma F = |F_1 - F_2|}$$

Rappel:

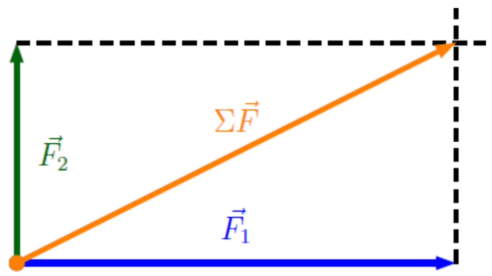
La valeur absolue est toujours positive

Attention !

- Addition de deux forces de directions perpendiculaires

Dans ce cas, on peut facilement calculer l'intensité de la résultante en se servant du théorème de Pythagore :

$$\vec{F_1} \oplus \vec{F_2} = \Sigma\vec{F} = \vec{F_3} \qquad et \qquad \boxed{F_3^2 = \Sigma F^2 = F_1^2 + F_2^2 \quad ou \quad F_3 = \Sigma F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}}$$



Exemple:

Si $F_1 = 3N$ et $F_2 = 4N$ alors $F_3^2 = 3^2 + 4^2 = 25 \Rightarrow \boxed{F_3 = 5N}$

et $F_1 + F_2 = 7N \neq F_3$

Conclusion :

Lorsque les Forces (vecteurs) que l'on somme ne possèdent pas la même direction, l'intensité de la résultante n'est pas égale à la somme des intensités des composantes : $\Sigma F \neq F_1 + F_2 + F_3 ..... + F_n$

Remarque :

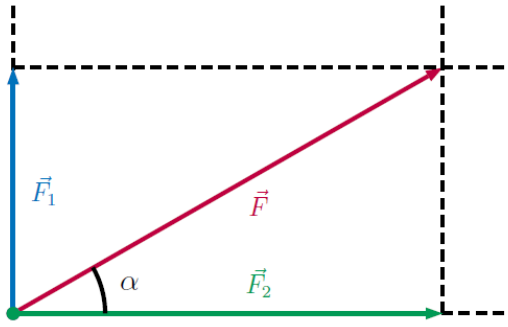
Pour trouver la résultante de deux forces agissant sur un solide indéformable, on peut faire coïncider leur point d'application et le placer au centre de gravité de l'objet.

4) Décomposition de forces

a) D'un point de vue vectoriel

Un vecteur peut être considéré comme étant la résultante de 2, 3, 4… une infinité d'autres vecteurs. Dans les chapitres suivants, il est souvent avantageux de remplacer une force $\vec{F}$ par deux forces $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$, dont l'action combinée est identique à celle de $\vec{F}$. Les forces $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$ sont alors *les composantes de* $\vec{F}$.

$$\boxed{\vec{F} = \vec{F_1} \oplus \vec{F_2}}$$



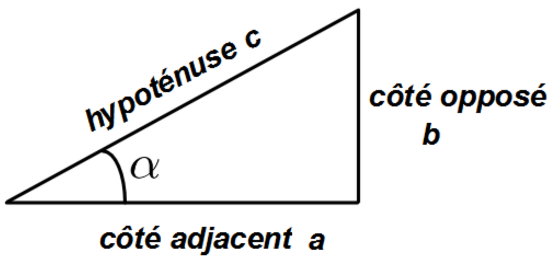
Une force peut être décomposée selon deux (trois,…) directions quelconques mais le plus souvent, elle est décomposée selon deux directions perpendiculaires entre elles.

b) Du point de vue des intensités

Le point de vue Si les deux composantes ont des directions perpendiculaires, on peut facilement calculer leurs normes (intensités) si on connaît la norme (intensité) F et l'angle α qu'elle fait avec l'horizontale.

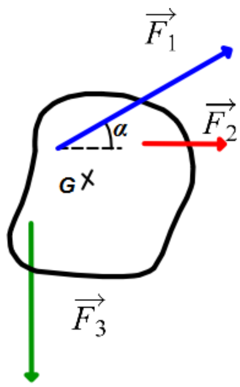
$$\boxed{\begin{array}{l} \cos\alpha = \dfrac{F_2}{F} \Leftrightarrow F_2 = F.\cos\alpha \\ \sin\alpha = \dfrac{F_1}{F} \Leftrightarrow F_1 = F.\sin\alpha \end{array}}$$

c) Rappel trigonométrique :



$$\boxed{\begin{array}{ccc} \cos\alpha = \dfrac{a}{c} & \sin\alpha = \dfrac{b}{c} & \tan\alpha = \dfrac{b}{a} \\ & a^2 + b^2 = c^2 & \end{array}}$$

5) Détermination géométrique et algébrique de la résultante de plusieurs forces

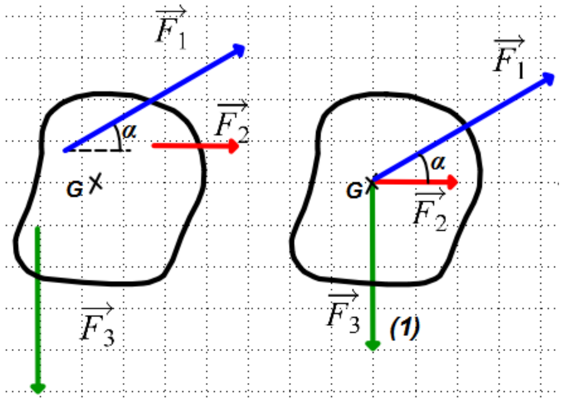


On veut déterminer géométriquement et algébriquement la résultante des trois forces $\vec{F_1}, \vec{F_2}$ et $\vec{F_3}$ appliquées sur un objet indéformable de centre de gravité G.

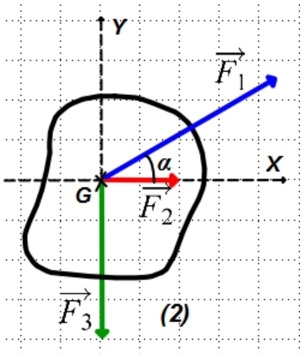
On prendra : $F_1 = 5N$, $F_2 = 2N$, $F_3 = 4N$ et $\alpha = 30°$

Pour cela, il faut :

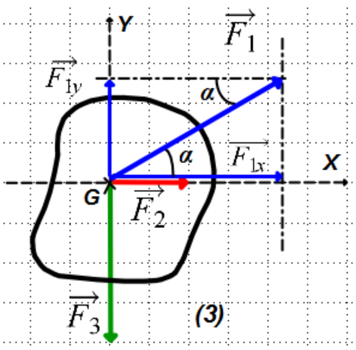
- (1) translater les forces (les vecteurs) de telle sorte que leur point d'application coïncident avec le centre gravité.



- (2) choisir deux axes perpendiculaires entre eux selon des directions judicieusement choisies (axes X et axe Y)



- (3) décomposer les forces présentes selon ces deux directions et déterminer l'intensité des composantes obtenues



$$\overrightarrow{F_1} = \overrightarrow{F_{1x}} \oplus \overrightarrow{F_{1y}} \qquad \begin{cases} F_{1x} = F_1.\cos 30° = 5.\dfrac{\sqrt{3}}{2} = 4,33N \\ F_{1y} = F_1.\sin 30° = 5.\dfrac{1}{2} = 2,5N \end{cases}$$

$$\overrightarrow{F_2} = \overrightarrow{F_{2x}} \oplus \overrightarrow{F_{2y}} \qquad \begin{cases} F_{2x} = F_2 = 2N \\ F_{2y} = 0 \end{cases}$$

$$\overrightarrow{F_3} = \overrightarrow{F_{3x}} \oplus \overrightarrow{F_{3y}} \qquad \begin{cases} F_{3x} = 0 \\ F_{3y} = F_3 = 4N \end{cases}$$

- (4) additionner vectoriellement les composantes en considérant chaque direction séparément et déterminer

Selon l'axe x :

$$\overrightarrow{F_{4x}} = \overrightarrow{F_{1x}} \oplus \overrightarrow{F_{2x}}$$

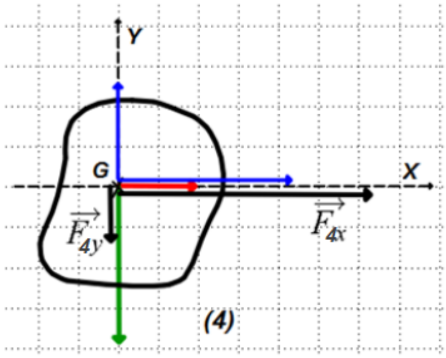
$$F_{4x} = \sum F_x = F_{1x} + F_{2x} = 4,33 + 2 = 6,33N$$

Selon l'axe y :

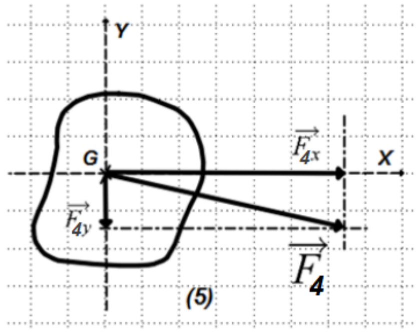
$$\overrightarrow{F_{4y}} = \overrightarrow{F_{1y}} \oplus \overrightarrow{F_{3y}}$$

$$F_{4y} = \sum F_y = \left|F_{1y} - F_{3y}\right| = \left|2,5 - 4\right| = 1,5N$$

l'intensité des <u>résultantes</u> obtenues.



- (5) additionner vectoriellement les résultantes obtenues et déterminer l'intensité finale.

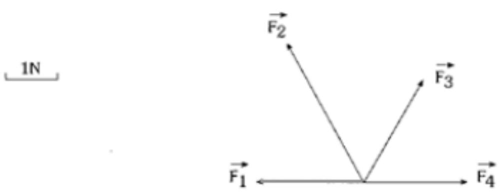


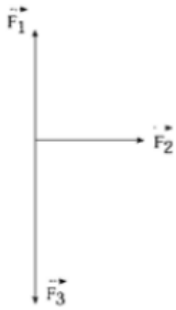
$$\vec{F_4} = \vec{F_{4x}} \oplus \vec{F_{4y}}$$

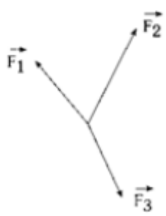
$$F_4 = \sqrt{F_{4x}{}^2 + F_{4y}{}^2} = \sqrt{6,33^2 + 1,5^2} = \underline{6,5N}$$

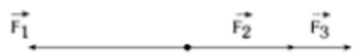
6) Exercices

1) a) Construire dans chaque cas, les résultantes finales.
   b) Déterminer l'angle d'application par rapport à l'axe horizontal des forces $\vec{F_2}$ et $\vec{F_3}$ dans le premier cas.



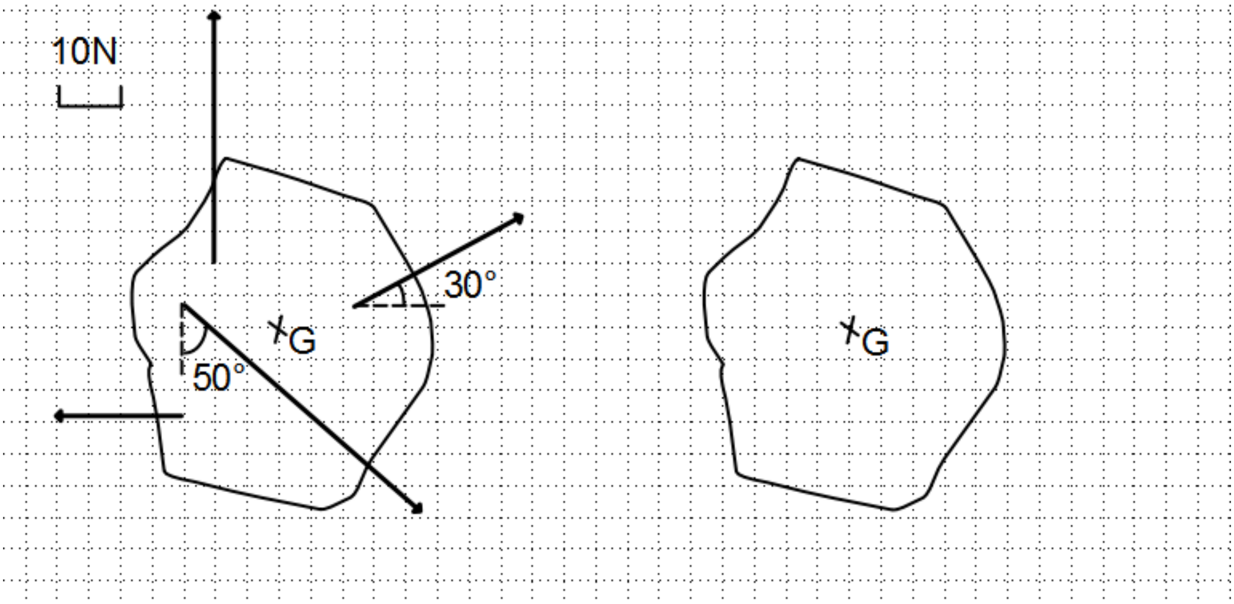






2) Deux équipes s'affrontent au tir à la corde. L'une est composée de 2 adultes et l'autre de 3 enfants. La force appliquée par chaque enfant a une intensité moindre de 2N par rapport à la force appliquée par chaque adulte.
La résultante des forces appliquée sur la corde est de 30N. Quelle est l'intensité de la force appliquée par chaque enfant ?

3) Déterminer géométriquement et algébriquement la résultante des forces qui s'appliquent sur l'objet.



II- EXEMPLES DE FORCES EN PHYSIQUE

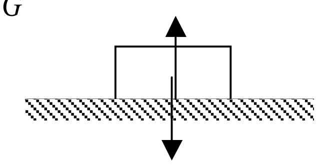
1) Rappel : le poids G

Deux corps possédants chacun une masse s'attirent mutuellement (loi de la gravitation v.5ème). Cette interaction sera à l'origine de la création d'une force, appelée force de gravité, ressentie par chaque corps. Ainsi la Terre ($m=6.10^{24}$kg) peut interagir avec n'importe quel corps possédant une masse. La force de gravité créée par la planète est aussi appelé le poids et se note G.

$\vec{G}$: Poids de l'objet (ici homme en « chute libre »)

- point d'application: centre de gravité G du corps
- direction: verticale
- sens : vers le centre de la Terre
- Intensité: $G = m.g$ (N) ($g = 9,81$ m/s² est une constante liée à l'attraction terrestre)

2) La réaction et la loi des actions réciproques (rappel)



Le poids d'une boite posée sur le sol a une action sur celui-ci. Si elle ne s'enfonce pas c'est que le sol réagit à l'action qu'il subit et exerce à son tour une action sur la boîte, d'égale intensité appelée réaction (R).

$\vec{R}$: Réaction du sol sur la boite

- Point d'application : centre de la surface de contact.
- Direction : verticale et perpendiculaire au plan horizontal
- Sens *:* vers le haut
- Intensité : $R_{\textbf{sol->boite}}$ = G

Remarque :

Attention aux « sables mouvants » : Rsol->boite < G

Au plus le corps s'enfonce, au plus la poussée d'Archimède devient grande.
Un être humain ne s'enfoncera que jusqu'à la taille au maximum.

3) La force motrice et la force résistante.

La force motrice ($\vec{F_M}$) est la résultante des forces permettant à un corps de se déplacer.

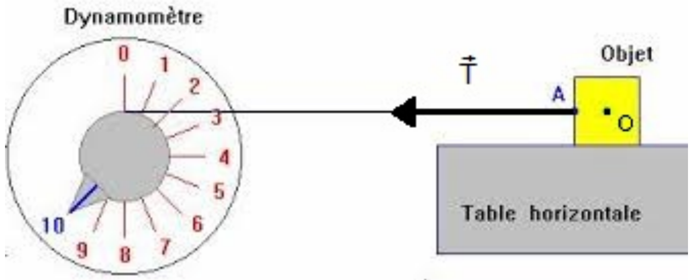
La force résistante ($\vec{F_R}$) est la résultante des forces s'opposant au mouvement.

4) La tension

Lorsqu'une force s'exerce sur un objet par l'intermédiaire d'un câble, cette force est appliquée par la même occasion au câble et on la nomme tension.

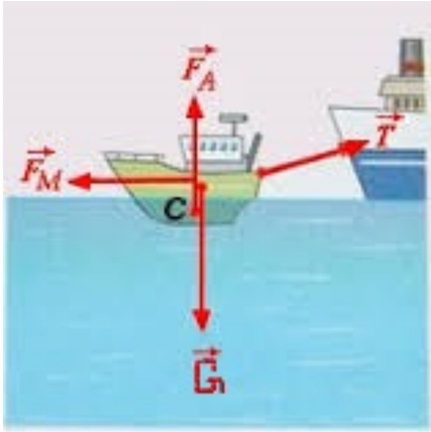
$\vec{T}$: La tension du fil

- Point d'application : A
- Direction : celle du câble
- Sens : du point A à l'autre extrémité du câble
- Intensité égale à *T=10N*



Exemple :

Un remorqueur tirant un bateau de croisière grâce à un câble.



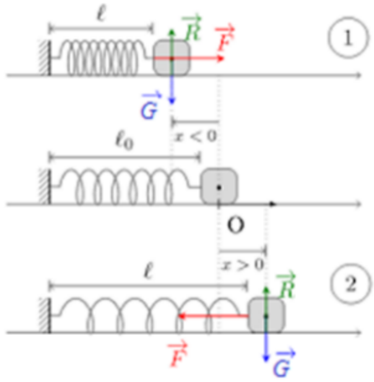
$\vec{F_A}$: poussée d'Archimède (voir cours 3ème)

$\vec{F_M}$: Force motrice (moteur du bateau)

$\vec{G}$: poids

5) La force de rappel d'un ressort.

Lorsqu'un ressort est comprimé ①ou étiré ②, il crée une force de rappel lui permettant de revenir dans sa position d'origine.



$\vec{F}$: force de rappel du ressort

- Point d'application : l'extrémité du ressort
- Direction : axe principal du ressort
- Sens *:* sens opposé à la contrainte (étirement ou compression)
- Intensité : $F = k.x$
  k : constante de rappel dépendant du ressort
  x : déplacement de l'extrémité par rapport à sa position de repos

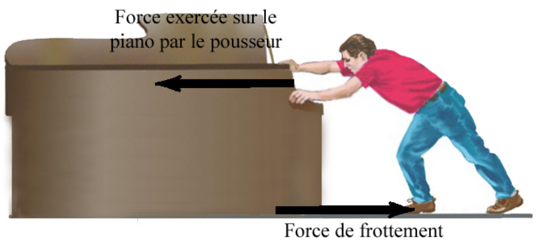
Exemple :

Ressorts pour trampoline

6) La Force de frottement

a) Quelques exemples

- Lorsqu'on lâche la pédale d'accélération d'une voiture elle s'arrête
- Lorsque le cycliste s'arrête de pédaler, il s'arrête
- Une balançoire s'arrête d'osciller lorsque l'on arrête de la pousser
- Un ballon lancer sur le sol roule puis s'arrête
- Essayer de déplacer une armoire très lourde



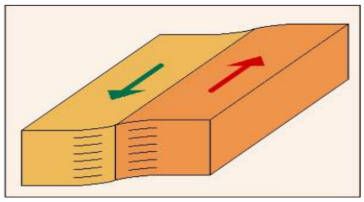
b) Les différents types de forces de frottement

On vient de mettre en évidence la présence de forces de frottement entre deux corps qui sont en contact.
Ces forces s'opposent toujours au mouvement.

Les frottements peuvent être défavorables ou non en fonction des circonstances :

Exemple :

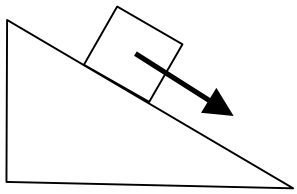
Il est nécessaire qu'une voiture consomme de l'essence pour vaincre les frottements (défavorables). Mais on est content de la présence de ceux-ci lorsque la voiture doit freiner en cas d'urgence (favorables).



Nous traiterons dans ce cours des frottements entre solides ou **frottements secs**.

Il en existe deux types :

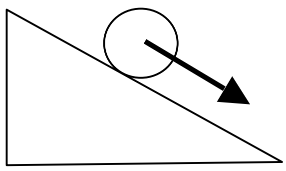
- Frottements de glissement :

  Le mouvement est caractérisé par un changement des points de contact pour un seul des deux corps : les points de contact du bloc glissant sur un plan incliné ne changent pas tandis que ceux du plan incliné changent.

- Frottement de roulement :

  Le mouvement est caractérisé par un changement des points de contact pour les deux corps (Balle sur un plan incliné : les points de contact de la balle et du plan incliné changent)

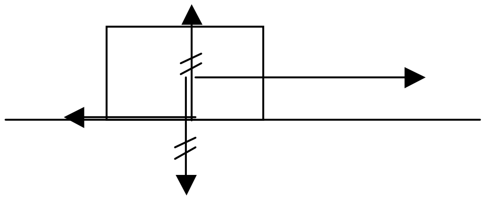
Remarque :

il existe d'autres frottements comme ceux entre un solide et un fluide : les études d'aérodynamisme (avion, voiture, sous-marin, …) étudient le frottement visqueux que nous n'étudierons pas dans le cadre de ce cours.

c) Les paramètres qui influencent le frottement sec

On constate que :

- Le frottement entre deux corps est influencé par la ***nature*** des corps en contact.



Exemple : Une luge n'aura pas le même type d'interaction avec la neige en hiver ou avec l'herbe en été.

- Le frottement entre deux corps est proportionnel à la ***force pressante*** exercée par le corps sur l'aire de contact.

  Rappel : Si une force $\vec{F}$ s'exerce normalement (⊥) et uniformément sur une surface S, on appelle pression la grandeur notée par le symbole p et donnée par : $p = \frac{F}{S}$.
  A la force $\vec{F}$, on donne le nom de ***force pressante*** et la surface S est appelée surface pressée.

Remarques :

- La force pressante exercée par le corps sur l'aire de contact est égale au poids du corps ($G = m.g$) uniquement lorsque la surface de contact est horizontale. Elle n'est plus égale à $\vec{G}$ lorsqu'il s'agit par exemple d'un plan incliné (que l'on étudiera plus tard).

- Le frottement est différent selon qu'un des corps soit en mouvement ou au repos. Le nombre d'interactions entre les corps n'est pas le même. On parle alors de frottements statiques (repos) ou dynamiques (mouvement).
  Le frottement statique est toujours supérieur au frottement dynamique.

d) Expression d'une force de frottement

Soit un bloc de bois reposant sur le sol :
$\vec{R}$: Réaction du sol sur la boite
$\vec{G}$ est la force pressante exercée par le solide sur l'aire de contact

Tant qu'il n'y a aucun mouvement, on appliquera le principe d'action-réaction où la force de frottement $\vec{F_f}$ (réaction) est de même intensité et de sens opposé à la force motrice $\vec{F_M}$ (action). Si F_M dépasse la valeur limite de la force de frottement, $F_{f\max}$, alors l'objet se déplace (dynamique).

$$\boxed{F_{f\max} = \mu.F_p}$$

avec $\vec{F_f}$: Force de frottement
$\vec{F_p}$: Force pressante exercée par le corps sur l'aire de contact
μ : Coefficient de frottement dépendant de la nature des corps

Conclusion :

- Si le solide reste sur place alors $\boxed{F_f = F_M}$
- Si le solide se déplace alors $\boxed{F_M > F_{f\max}}$

e) Exercices

1) En explorant une planète, l'astronaute Julie Payette mesure son poids, avec un dynamomètre, et elle lit 204 N. Sur la Terre, son poids est de 539 N.
   Quelle est l'intensité du champ gravitationnelle sur cette planète ?

2) Guillaume dépose sur un ressort homogène une masse de 20,0 kg, ce qui le comprime de
   8,00 cm. (g = 9,80 N/kg)
   Quelle est la constante de rappel de ce ressort ?

3) Oncle Michel promène son neveu François avec un traîneau. Il tire sur la corde avec une force de 240 N. Elle fait un angle de 40,0 ° avec l'horizontale. Le traîneau, avec François, a un poids de 175 N. Le coefficient de frottement entre le traineau et la neige est de 0,3.

   Quelle est la grandeur de la force faisant avancer le traîneau ?

III- EQUILIBRE STATIQUE


Le Golden Gate de San Francisco est en équilibre statique.

1) Définitions

a) *Notion de repos et de mouvement*

La notion de repos ou de mouvement est relative. Elles dépendent du référentiel choisi.

Exemples :

Monsieur Mac Zerack ronfle dans son lit. Il est au repos par rapport à sa chambre mais il est en mouvement par rapport au soleil.

b) *L'équilibre statique*

Un corps est en équilibre statique (ou au repos) lorsqu'il est maintenu complètement immobile par l'ensemble des forces qui agissent sur lui.

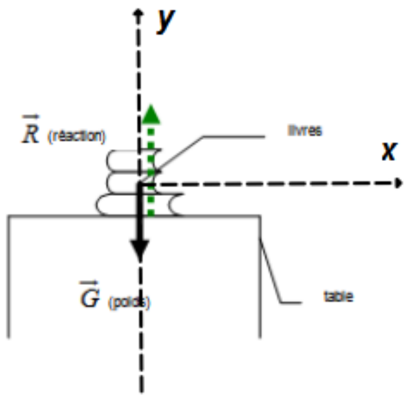
Le corps n'a pas de mouvement de translation ni de rotation.

IV- EQUILIBRE DE TRANSLATION

1) Exemple 1 : équilibre sur un plan horizontal

Des livres sur une table :

- Qui agit ? L'attraction terrestre et la table
- Qui subit ? Les livres
- Quel est l'effet produit par les 2 forces ? Les livres sont en équilibre car ils ne bougent pas par rapport au repère du sol.



$\vec{G}$: Poids des livres
$\vec{R}$: Réaction de la table sur les livres

En projetant les forces sur chaque axe x et y

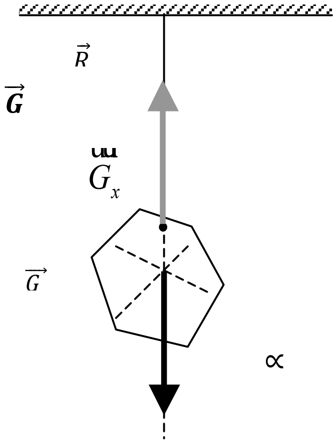
- Sur axe x :
$\sum\vec{F_x} = \vec{R_x} + \vec{G_x}$ or $\vec{R_x} = \vec{G_x} = \vec{0}$ $\Rightarrow \sum\vec{F_x} = \vec{0}$

- Sur axe y :

$\sum\vec{F_y} = \vec{R_y} + \vec{G_y}$ or $\vec{R_y} = \vec{R}$ et $\vec{G_y} = \vec{G}$ *et* $R = G$ donc $\sum F_y = |R - G| = 0$ $\Rightarrow \sum\vec{F_y} = \vec{0}$

Donc $\sum\vec{F} = \sum\vec{F_x} + \sum\vec{F_y} = \vec{0}$

Attention :



Les forces existent et ne sont pas nulles, c'est l'effet de l'une des forces qui est annulé par l'effet de l'autre.

2) Exemple 2 : équilibre d'un corps suspendu

Le corps est suspendu au point A, il est en équilibre et soumis à deux forces :

$\vec{G}$: son poids
$\vec{T}$: la tension du fil

De la même manière que précédemment on montre que l'objet est en équilibre car :

En projetant les forces sur chaque axe x et y

- Sur axe x :
  $\Sigma\vec{F}_x = \vec{T}_x \oplus \vec{G}_x \quad \text{or} \quad \vec{T}_x = \vec{G}_x = \vec{0} \quad \Rightarrow \Sigma\vec{F}_x = \vec{0}$

- Sur axe y :

$$\Sigma\vec{F}_y = \vec{T}_y \oplus \vec{G}_y \quad \text{or} \quad \vec{T}_y = \vec{T} \text{ et } \vec{G}_y = \vec{G} \;\; et \;\; T = G \quad \text{donc} \;\; \Sigma F_y = |T - G| = 0 \quad \Rightarrow \Sigma\vec{F}_y = \vec{0}$$

Donc $\Sigma\vec{F} \neq \Sigma\vec{F}_x \oplus \Sigma\vec{F}_y = \vec{0}$

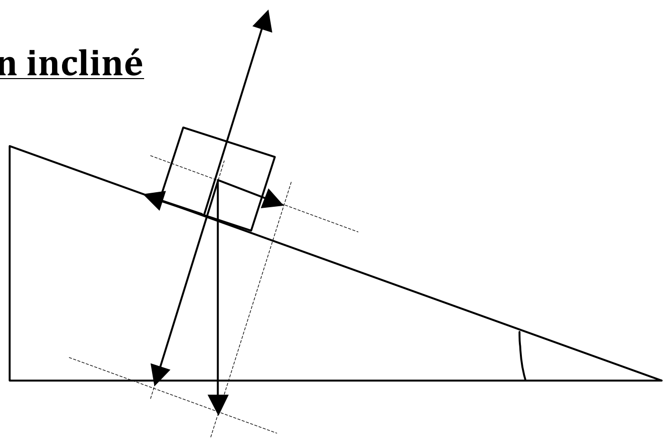
3) Conclusion

Pour qu'un objet soumis à plusieurs forces soit en équilibre, il faut que la résultante des forces soit nulle.

$$\boxed{\Sigma\vec{F} \neq \Sigma\vec{F}_x \oplus \Sigma\vec{F}_y = \vec{0} \quad car \quad \Sigma\vec{F}_x = \vec{0} \quad et \quad \Sigma\vec{F}_y = \vec{0}}$$

4) Application : équilibre sur un plan incliné

a) Description



- ∝ : angle d'inclinaison du plan incliné
- l : longueur du plan incliné
- h : hauteur du plan incliné
- $\vec{G}$: le poids de l'objet
- $\vec{G}_y$: composante du poids agissant sur le plan incliné (force pressante)
- $\vec{G}_x$: composante du poids entrainant l'objet vers le bas du plan incliné
- $\vec{R}$: réaction du plan incliné sur l'objet

- $\vec{F}_f$: la force de frottement statique $F_f = \mu\, G_y$

On décompose la force $\vec{G}$ en deux forces $\overrightarrow{G_x}$ et $\overrightarrow{G_y}$ respectivement de direction x et y. $\vec{G}$ peut être remplacée par $\overrightarrow{G_x}$ et $\overrightarrow{G_y}$.

b) *Calcul des grandeurs liées à la pente et aux forces agissant sur l'objet*

Il est possible de déterminer la déclivité de la pente, les composantes du poids et d'en déduire d'autres forces comme la réaction ou les forces de frottements.

- α: Angle d'inclinaison du plan incliné

  et sa *déclivité* : $\boxed{\sin\alpha = \frac{h}{l}}$ l : Longueur du plan incliné

  h : Dénivellation du plan incliné

  L'inclinaison de la pente en est donnée sous forme de pourcentage : $100.\sin\alpha$

- Les composantes du poids peuvent être calculées de la façon suivante :

$$\sin\alpha = \frac{G_x}{G} \Leftrightarrow \boxed{G_x = G\sin\alpha = m.g\sin\alpha}$$

$$\cos\alpha = \frac{G_y}{G} \Leftrightarrow \boxed{G_y = G\cos\alpha = m.g.\cos\alpha}$$

Remarques :

- G_x augmente quand le poids de la bille ($G = m.g$) ou quand la déclivité de la pente ($\sin\alpha$) augmente.
- G_y augmente quand le poids de la bille ($G = m.g$) augmente ou que l'angle d'inclinaison de la pente diminue (si α diminue, son cosinus augmente)

c) *Equilibre sur un plan incliné*

Pour que la bille soit en équilibre de translation sur un plan incliné il faut que

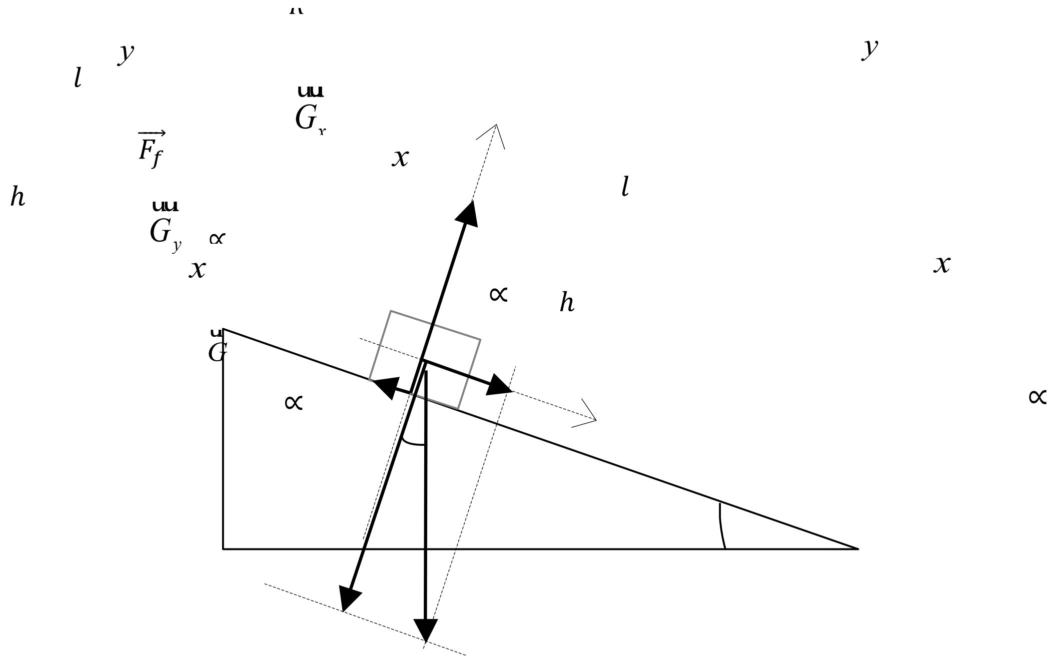
$$\boxed{\Sigma\vec{F} = \vec{0}} \quad \text{ou encore} \quad \Sigma\vec{F} = \Sigma\vec{F_x} \oplus \Sigma\vec{F_y} = \vec{0}$$

sur axe x:

$$\Sigma\vec{F_x} = \vec{F_f} \oplus \vec{G_x} = \vec{0} \Rightarrow \Sigma F_x = \left|G_x - F_f\right| = 0 \Rightarrow G_x = F_f \quad et \quad \Sigma\vec{F_x} = \vec{0}$$

sur axe y:

$$\Sigma\vec{F_y} = \vec{R} \oplus \vec{G_y} = \vec{0} \Rightarrow \Sigma F_y = \left|R - G_y\right| = 0 \text{ car } \underbrace{R = G_y}_{\text{(principe action-réaction)}} \quad et \quad \Sigma\vec{F_y} = \vec{0}$$



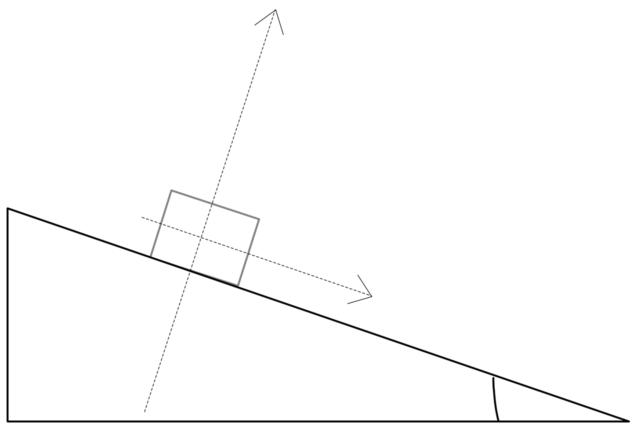
Conclusion :

Pour qu'un objet soit à l'équilibre de translation sur un plan incliné, il faut que les forces de frottements aient la même intensité que la composante du poids (G_x) entrainant l'objet vers le bas $\boxed{F_f = G_x}$

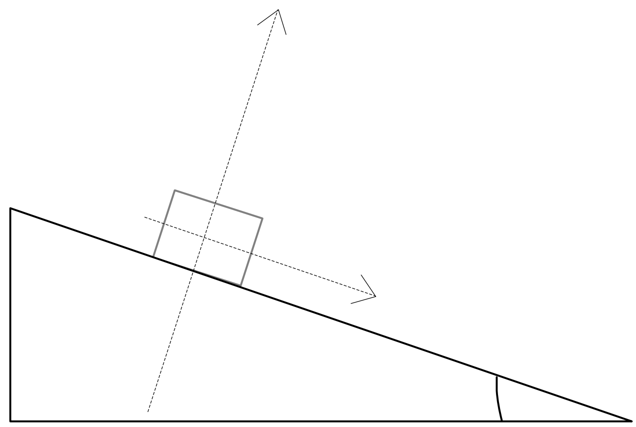
- Si $\boxed{F_f = G_x}$ le solide reste au repos.
- Si $\boxed{F_{f\,\max} < G_x}$ alors le solide se déplace vers le bas de la pente (cas de la figure représentée ci-dessus)

Exercice :

Pour garder le solide à l'équilibre ou le déplacer vers le haut du plan incliné, il est possible d'appliquer une force supplémentaire, $\vec{F}$, dans le sens opposé à $\vec{G_x}$.
Représente les forces dans les deux cas :



L'objet est en équilibre



L'objet se déplace vers le haut du plan incliné

V- L'AVANTAGE MÉCANIQUE D'UNE MACHINE SIMPLE TYPE PLAN INCLINÉ

1) Qu'est-ce qu'une machine simple ?

L'être humain se sert de machines pour l'aider à travailler ou déplacer des objets.

Une machine simple diminue l'effort nécessaire (la force) pour effectuer un travail, en augmentant le déplacement.

On parle de travail lorsqu'une force subit un déplacement.

Le plan incliné est donc une machine simple puisqu'en augmentant le déplacement d'une charge il diminue l'effort nécessaire pour déplacer celle-ci d'un point inférieur à un point supérieur. (travail).

Voici quelques exemples de plan incliné :

- Une rampe utilisée par un ouvrier pour pousser une charge sur roulettes dans un camion
- Une rampe d'accès pour fauteuils roulants
- Des tapis inclinés permettant de charger les bagages à bord d'un avion
- Un escalier roulant

Remarques :

- Tous ces plans inclinés sont fixes (à l'exception des marches d'un escalier roulant).
- Ils permettent aux personnes de déplacer ou de soulever des charges (objets lourds) en déployant moins de force. Toutefois, la distance du déplacement est plus grande.
- On déploie moins de force pour déplacer un poids vers le haut d'une surface penchée que pour soulever ce même poids à la verticale. Cependant, on verra que ***la quantité de travail demeure identique*** (Voir chapitre sur le travail).

2) Définition de l'avantage mécanique

L'avantage mécanique (ou gain mécanique) représente l'efficacité d'une machine simple : toute machine simple possède son propre avantage mécanique. Cependant, les forces de frottement influencent cet avantage mécanique. C'est pourquoi, il sera nécessaire de déterminer :

- L'avantage mécanique théorique quand il n'y a pas de frottement.
- L'avantage mécanique réel lorsqu'il y a frottement.

3) Comment le calculer de manière générale ?

- Lorsqu'il y a frottement : ***avantage mécanique réel***

$$\boxed{AM_{réel} = \frac{Fr}{Fm}}$$

Fr représente la force résistante en Newtons (N)

Fm représente la force motrice en Newtons (N)

- Lorsqu'il n'y a pas de frottement : ***avantage mécanique théorique***

$$\boxed{AM_{théo} = \frac{Fr}{Fm} = \frac{\Delta x_m}{\Delta x_r} = \frac{l_m}{l_r}}$$

$AM_{théo}$ l'avantage mécanique théorique
Fr la force résistante en Newtons (N)
Fm la force motrice en Newtons (N)

Δx_m le déplacement moteur en mètres (m)
Δx_r le déplacement résistant en mètres (m)

4) L'avantage mécanique du plan incliné

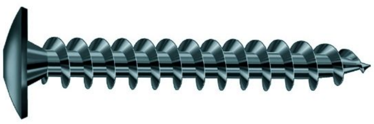
Dans le cas du plan incliné, il y a le plus souvent des frottements et donc on calculera l'avantage mécanique réel :

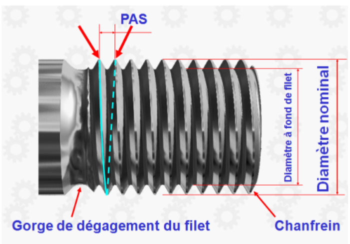
$$\boxed{AM_{réel} = \frac{Fr}{Fm}}$$

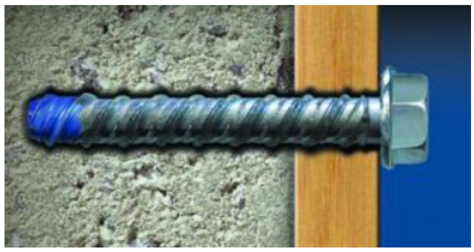
La force résistante est alors le poids de la charge et la force motrice celle qui est appliquée pour déplacer la charge vers le haut du plan incliné.

5) L'avantage mécanique de la vis

Une vis est un plan incliné enroulé autour d'un cylindre. Le plan incliné forme une arête spiralée le long du cylindre. Cette arête est ce que l'on appelle le filet de la vis. La distance entre les crêtes du filet porte le nom de «pas de vis».





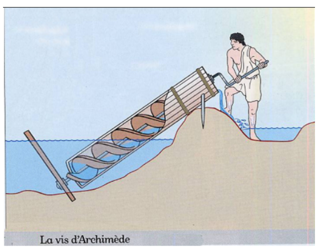


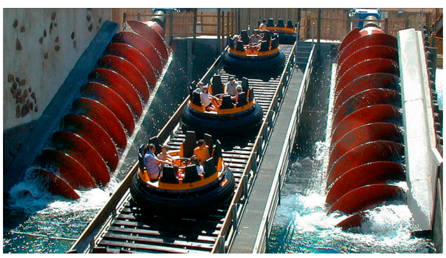
L'avantage mécanique théorique d'une vis est le rapport de deux dimensions : la longueur du plan incliné entouré autour du cylindre et son pas de vis.

$$\boxed{AM_{théo} = \frac{\Delta x_m}{\Delta x_r} = \frac{2\pi r}{p}}$$

r : rayon du cylindre de la vis
p : pas de la vis

Une vis peut avoir deux fonctions, elle peut servir à soulever des masses (liquides ou solides) ou à resserrer ou assujettir des objets.





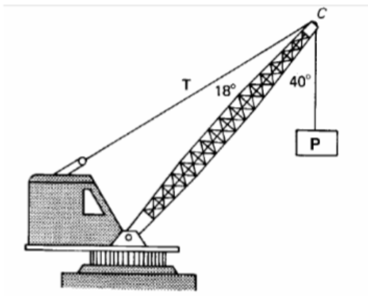
VI- EXERCICES

1) Déterminer l'intensité de la force qui entraine la balle de 3 kg vers le bas du plan incliné, sachant que la hauteur du plan incliné est de 2 m et sa longueur de 10m.
Calculer ensuite l'intensité de la force pressante et en déduire celle de la réaction du plan incliné.

2) Calcule l'intensité de la force de frottement qui s'exerce sur une voiture de 2,5 t au repos sur un plan incliné. On donne l'angle d'inclinaison de la pente qui est de 15° et $\mu = 0,65$.

3) Le sol est enneigé et la voiture est à la limite de glisser sur le plan incliné. Est-ce que le coefficient de frottement statique est supérieur ou inférieur à 0,65 ? Détermine-le ($\propto = 15°$) ?

4) Un véhicule de 5t est sur le même plan incliné ($\propto = 15°$) la force de frottement est alors de 7941N. Le véhicule est retenu par un câble pour l'empêcher de glisser. Quelle sera la force appliquée sur le câble pour retenir le véhicule ?



a. La charge exerce une force verticale P = 50˙000 N sur la pointe C de la grue. Décomposer géométriquement cette force à l'échelle (20˙000 N =1 cm) pour trouver :
   a. la tension T exercée par la corde sur C
   b. la poussée F exercée par le bras de la grue sur C

5) Tu veux monter un objet de 12 kg, à vitesse constante, sur un plan incliné placé selon un angle de 28° avec l'horizontale, quelle force motrice devras-tu fournir si une force de frottement de 14 N est présente ?

6) Si tu fournis une force motrice de 200 N pour glisser à vitesse constante une masse de 50 kg sur un plan incliné de 10 m de longueur et de 4 m de hauteur, quelle est la grandeur de la force de frottement entre la masse et le plan ?

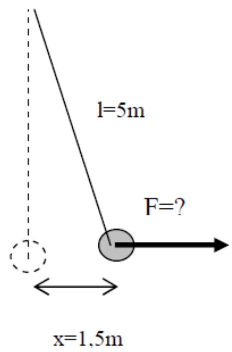
7) Tu désires monter une brouette de ciment pesant 52 kg à l'intérieur d'une bâtisse en construction dont la porte est à 2 m de hauteur. Tu déposes un madrier de 8 m de façon à créer un plan incliné entre le sol et la porte.
   a) Quelle force minimale devras-tu appliquer pour faire monter la brouette à une vitesse constante si on néglige le frottement ?
   b) Quel est le gain mécanique du plan incliné ?
   c) Quelle énergie devrais-tu dépenser pour monter le ciment sans l'aide du plan incliné ?
   d) Quelle énergie devrais-tu dépenser pour monter le ciment avec l'aide du plan incliné ?
   e) Sachant qu'il y a un frottement de 20 N entre le caoutchouc de la roue de la brouette et le madrier, que devient le gain mécanique de ce plan incliné ?

8) Quel est le gain mécanique d'une passerelle utilisée par des déménageurs pour transporter les boîtes dans leur camion sachant qu'il existe un angle de 40° entre la passerelle et le sol ?

9) Jeff et Tom portent un sceau d'eau de telle manière que leurs bras font entre eux un angle de 40°. Jeff exerce une force de 90 N et Tom une force de 60 N.
a. Faire une figure à l'échelle (20 N ® 1 cm) pour déterminer le poids du sceau.

b. Que vaut l'inclinaison des bras de Jeff et de Tom par rapport à la verticale ?

10) Un corps de masse m = 300 kg est suspendu verticalement à une corde de longueur l = 5 m. Quelle force horizontale est nécessaire pour l'écarter de 1,5 m par rapport à la verticale ?(Solution par le calcul).

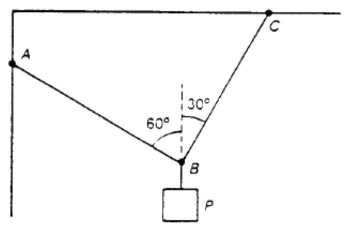


11) Deux Land-Rover tirent sur une Nissan 4x4 qui s'est embourbée dans une rivière.

Les deux sangles de remorquage qui sont accrochées au Nissan forment entre eux un angle de 25°. Puisque l'une des Land Rover se trouve sur de la boue, elle ne sait tirer qu'avec la moitié de la force de l'autre, qui elle tire sur la sangle avec une force de 5'600 N. Déterminez la force de traction résultante qui s'exerce sur la Nissan.

a. Donnez une solution graphique

b. Définir un système d'axe x, y et décomposer les deux forces pour déduire par le calcul la norme de la résultante.

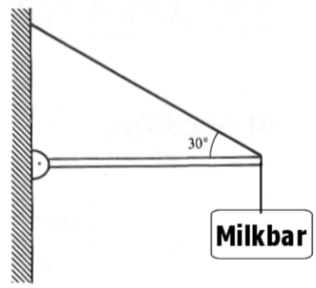


12) Une charge de poids P = 75N est soutenue par deux fils AB et BC qui font respectivement avec la verticale des angles de 60° et 30°.

a. Faire une construction graphique pour déduire la force dans chacun des fils.

b. Vérifiez ce résultat par un calcul trigonométrique.

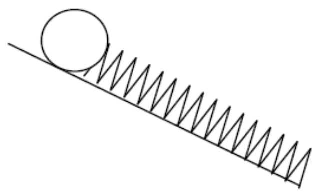
13) Une pancarte de publicité est suspendue par la construction suivante. La masse de la pancarte vaut m = 60 kg. Faire une construction graphique pour déduire l'intensité F de la force dans la tige horizontale et la tension T dans la corde inclinée d'un angle de 30°par rapport à l'horizontale. Le poids de la tige et du fil sont négligeables. Echelle : 200 N →1 cm.



14) Un tonneau de bière qui se retrouve sur une pente de 35° repose contre un ressort de raideur k = 2700 N/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 ? Calculer son intensité.

b. Quelle est la masse du tonneau de bière ?



15) Une vis possède un rayon de 2 mm et un pas de 0,6 mm.

a) Quel est son avantage mécanique ?

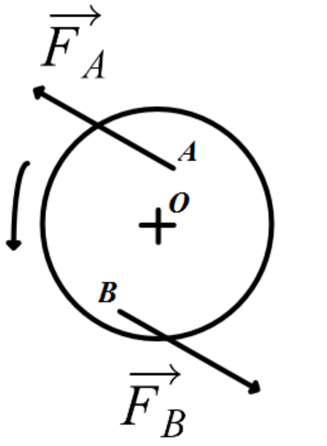
b) Si j'applique sur cette vis une force de 60 N, de quelle force disposera la vis pour s'enfoncer dans le bois ?

c) Combien de tours de vis seront nécessaires pour enfoncer la vis de 2 cm ?

d) Quelle énergie aurais-tu à déployer à la question précédente sachant que tu as à fournir une force de 40 N pour enfoncer la vis ?

VII- EQUILIBRE DE ROTATION

1) Exemple : objet soumis à deux forces parallèles de sens contraire



$F_A = F_B$

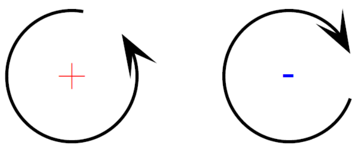
Soit un disque libre de tourner au tour de son centre O. On applique les forces $\vec{F}_A$ en A et $\vec{F}_B$ en B de même intensité et de sens contraire.
Le disque est en équilibre de translation car

$$\boxed{\Sigma\vec{F} \neq \vec{F}_A \oplus \Sigma\vec{F}_B = \vec{0}}$$

Cependant le disque tourne donc il n'est pas au repos et a un mouvement de rotation.

Pour comprendre pourquoi le disque tourne, il est nécessaire d'introduire la notion de moment de force.

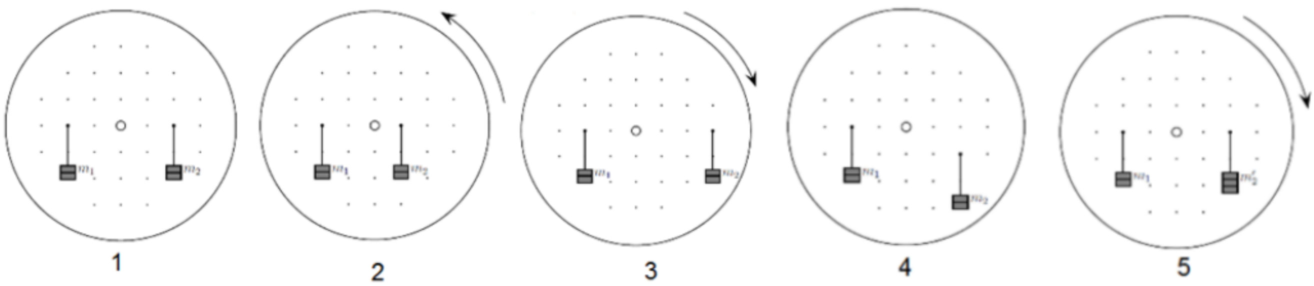
Remarque : Le sens trigonométrique positif correspond au sens de rotation contraire à celui des aiguilles d'une montre.
Le sens trigonométrique négatif correspond au sens de rotation identique à celui des aiguilles d'une montre.



2) Moment d'une force

a) Cas d'un disque homogène pouvant tourner librement autour de son centre de gravité

On accroche deux masses à différents points du disque. Les lignes d'action de leur poids se situent de part et d'autre du centre de ce disque.



		1	2	3	4	5
Les forces	$G_1 = m_1.g$ $G_2 = m_2.g$ Même direction Même sens	$m_1 = m_2$ $G_1 = G_2$	$m_1 = m_2$ $G_1 = G_2$	$m_1 = m_2$ $G_1 = G_2$	$m_1 = m_2$ $G_1 = G_2$	$m_2 > m_1$ $G_2 > G_1$
Les distances	Distance du centre de rotation à la ligne d'action de la force	$d_1 = d_2$	$d_1 > d_2$	$d_1 < d_2$	$d_1 = d_2$	$d_1 = d_2$
		Equilibre	Tourne sens +	Tourne Sens -	Equilibre	Tourne Sens -

L'expérience montre que l'effet de rotation d'une force sur un corps dépend
- de l'intensité de la force
- de la distance de la ligne d'action de la force au centre de rotation

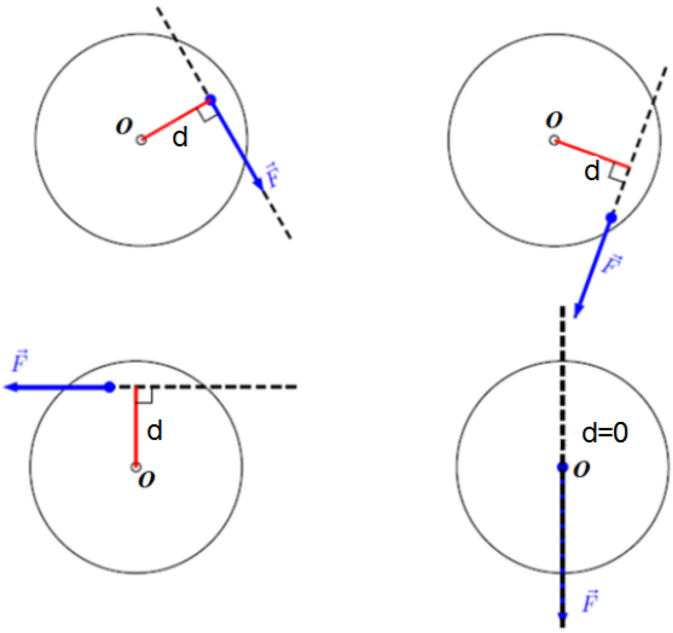
b) Bras de levier

On appelle « bras de levier » ***d*** d'une force par rapport à un centre de rotation O, la ***distance*** entre la ligne d'action de $\vec{F}$ et le centre de rotation.

C'est la longueur du segment qui lie le centre O à la ligne d'action de la force, ce segment étant perpendiculaire à cette ligne d'action.

Comme le bras de levier est une distance, son unité SI est le mètre (m).

Exemples de bras de levier :



c) Définition du moment d'une force

Le **moment d'une force par rapport à un point** donné est une grandeur physique traduisant l'aptitude de cette force à faire tourner un système mécanique autour de ce point, souvent appelé pivot ou centre de rotation. Il s'exprime en N·m (newton mètre).

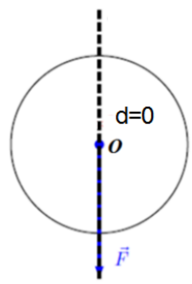
$\mathcal{M}_{\vec{F}/O}$: Moment d'une force $\vec{F}$ par rapport à un centre de rotation O

On appelle moment d'une force $\vec{F}$ par rapport à un centre de rotation O le produit de la norme *F* de la force et de son bras de levier *d*.

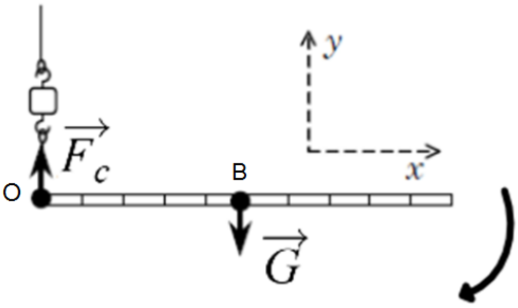
$$\boxed{\mathcal{M}_{\vec{F}/O} = F \cdot d}$$

Remarque:

Si la ligne d'action d'une force passe par le centre de rotation alors son bras de levier est nul et le moment de cette force par rapport ce centre de rotation est aussi nul.



d) Exemple



$\mathcal{M}_{\vec{F_C}/O} = 0$ pas de bras de levier car $\vec{F_C}$ passe par O

$\mathcal{M}_{\vec{G}/O} = G.OB$

La barre tourne dans le sens de la flèche indiquée sur la figure

On définit pour cela un sens positif (sens trigonométrique) pour lequel les moments de forces par rapport à un centre de rotation feront tourner l'objet dans un sens et un sens négatif pour lequel les moments de forces feront tourner l'objet dans l'autre sens (par rapport au même centre).
Dans l'exemple ci-dessus le sens de rotation est négatif.

3) Condition d'équilibre de rotation

On vient de voir que le moment d'une force est la grandeur physique qui caractérise la rotation d'un solide.

Si un objet est soumis à plusieurs forces il sera soumis à l'action de plusieurs moments de forces.

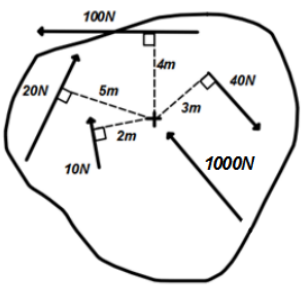
Un objet est en équilibre de rotation si la somme des moments des forces par rapport à un centre de rotation est nulle.

$$\boxed{\sum \mathcal{M}_{\vec{F}/O} = \vec{0}}$$

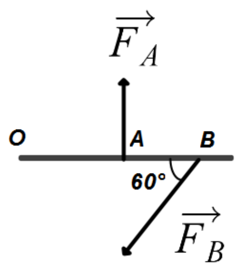
$$\mathcal{M}_{\vec{F_1}/O} \oplus \mathcal{M}_{\vec{F_2}/O} \oplus \mathcal{M}_{\vec{F_3}/O} \oplus \mathcal{M}_{\vec{F_4}/O} \oplus \ldots.. = \vec{0}$$

Exercices:

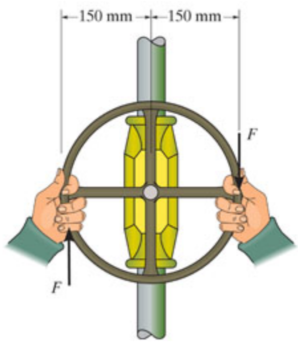
1) Nomme chaque force et détermine si l'objet est en équilibre.



2) **Ouvre la porte !** Béatrice essaie d'ouvrir la porte de la chambre d'Albert en poussant sur la poignée avec une force horizontale $F_B = 30N$ faisant un angle de 60° avec le plan de la porte. De l'autre côté de la porte, Albert empêche la porte de bouger en poussant horizontalement en plein centre de la porte avec une force F_A perpendiculaire au plan de la porte. La porte mesure 90 cm de largeur et la poignée est à 75 cm des charnières.
On désire calculer F_A. Déterminer toutes les caractéristiques de la force exercée par les charnières.

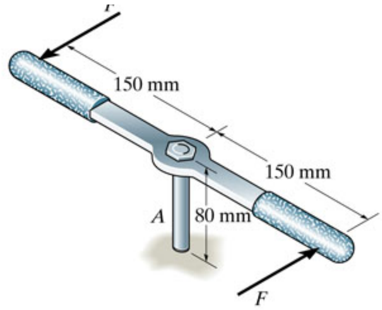


4) Couple de forces



Lorsque deux forces sont parallèles, de sens contraires, de même intensité et dont les points d'application sont à égale distance du centre de rotation on parle alors de couple de forces.
Dans ce cas :

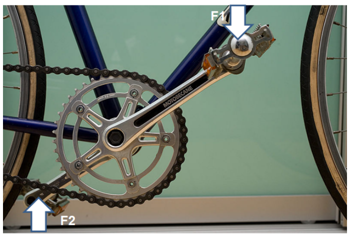
- La résultante des forces est nulle (équilibre de translation)
- Le système soumis à de telles forces tourne autour du centre de rotation. La somme des moments des forces est non nulle. Le système n'est pas à l'équilibre de rotation.



C'est un couple de forces qui actionne une roue, un volant, le pédalier d'un vélo, un tournevis….
Par extension, on dit que tout objet tournant autour d'un point subit un couple de forces.

Remarque :

- Un **couple moteur** a pour effet d'engendrer un mouvement ou d'en augmenter la vitesse de rotation.
- Un **couple résistant** a pour effet de s'opposer au mouvement ou d'en ralentir la vitesse de rotation.



5) Conclusion : Conditions d'équilibre statique

Pour qu'un objet soit en équilibre statique il faut :

- Que la somme des forces qui s'applique sur lui soit nulle (pas de mouvement de translation):

$$\boxed{\Sigma \vec{F} = \vec{0}}$$

- Que la somme des moment des forces qui s'applique sur lui soit nulle (pas de mouvement de rotation):

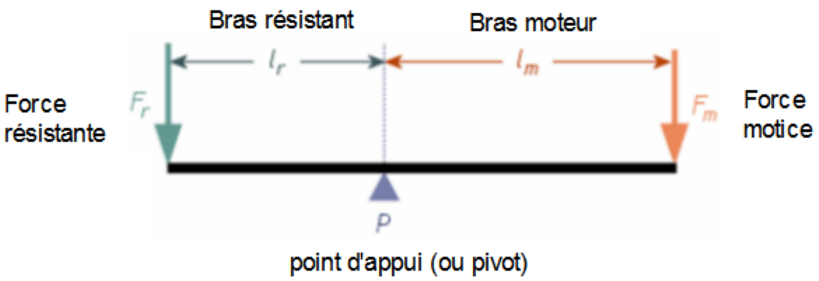
$$\boxed{\sum \vec{\mathcal{M}}_{F/O} = \vec{0}}$$

$$\vec{\mathcal{M}}_{F_1/O} \oplus \vec{\mathcal{M}}_{F_2/O} \oplus \vec{\mathcal{M}}_{F_3/O} \oplus \vec{\mathcal{M}}_{F_4/O} \oplus \ldots.. = \vec{0}$$

VIII- APPLICATIONS

1) Le levier

Un levier est constitué d'un objet long et rigide qui peut pivoter sur un point d'appui (ou pivot).
Le levier est décrit par deux bras de levier, le bras de levier moteur (aussi appelé bras de force) et le bras de levier résistant (aussi appelé bras de charge). Ils sont respectivement compris entre le point d'appui du levier et les points d'application de la force motrice et de la force résistante.
Pour les forces appliquées au levier, on considère uniquement leur composante qui est perpendiculaire au levier lui-même.

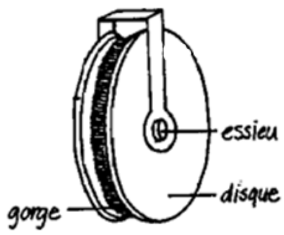


Remarque :

L'avantage mécanique d'un levier est alors : $\boxed{AM = \frac{Fr}{Fm} = \frac{l_m}{l_r}}$

2) La poulie fixe

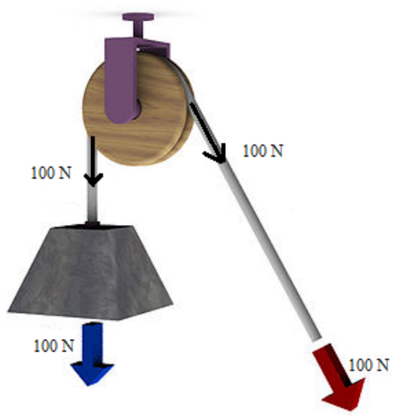
a) Caractéristiques

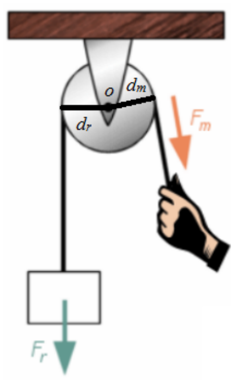


Une poulie est une roue tournant librement autour d'un axe (essieu) munie d'une entaille (la gorge) dans laquelle passe une corde, une chaîne ou une courroie (élastique).

Elle ne génère aucun gain de force, mais permet de changer la direction de la force. Elle est considérée comme une machine simple.

On peut considérer une poulie comme un disque sur le bord duquel agit une force motrice et une force résistante. Leur bras de levier respectif correspond au rayon du disque ($d_m = d_r$). L'essieu jouera le rôle de pivot (centre de rotation) O.

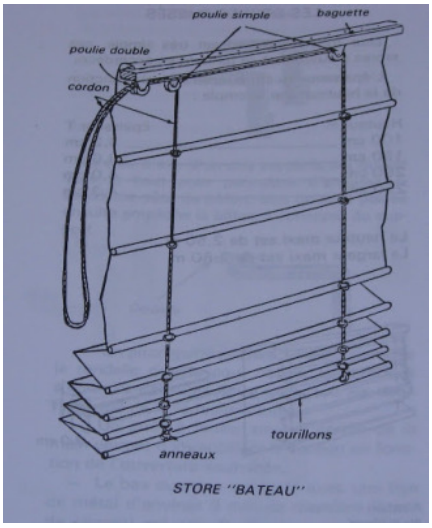




Une poulie fixe

$$F_m = F_r$$

b) *Exemples*



On utilise toutes sortes de poulies :

- Pour hisser les voiles sur un bateau.
- Pour les dispositifs d'ouvertures de rideaux.

Dans tous les cas, la poulie change la direction de la force qui est appliquée pour accomplir un travail.

c) *A l'équilibre de rotation*

$$\boxed{\sum \vec{\mathcal{M}}_{\vec{F}/O} = 0}$$

$$\vec{\mathcal{M}}_{\vec{F}_m/O} \oplus \vec{\mathcal{M}}_{\vec{F}_d/O} = \vec{0} \quad \Leftrightarrow \quad -F_m \cdot d_m + F_r \cdot d_r = 0 \quad \Leftrightarrow \quad F_m \cdot d_m = F_r \cdot d_r$$

Comme les bras de leviers sont identiques ($d_m = d_r$), l'équilibre de rotation est atteint lorsque les forces sont identiques :

Remarque :

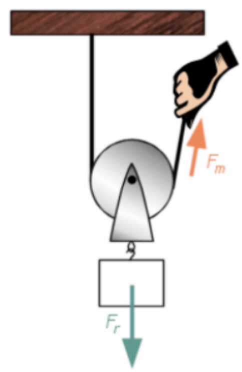
Sans frottement l'avantage mécanique d'une poulie fixe est alors : $\boxed{AM = \frac{Fr}{Fm} = \frac{\Delta x_m}{\Delta x_r} = 1}$

Le déplacement de la force motrice est le même que la force résistante.

3) <u>Poulie mobile</u>

Une poulie mobile se déplace le long d'une corde ou d'un câble. Elle procure un gain de force mais une perte de distance (on doit en effet tirer sur la corde sur une distance plus grande).

Pourquoi est-il plus facile de soulever une charge avec une poulie mobile ?



Une poulie mobile

Des parties plus importantes de la corde supportent la masse. C'est un peu comme si quelqu'un vous aidait à porter un lourd objet. Plus vous avez d'aide et plus la charge vous semble légère.

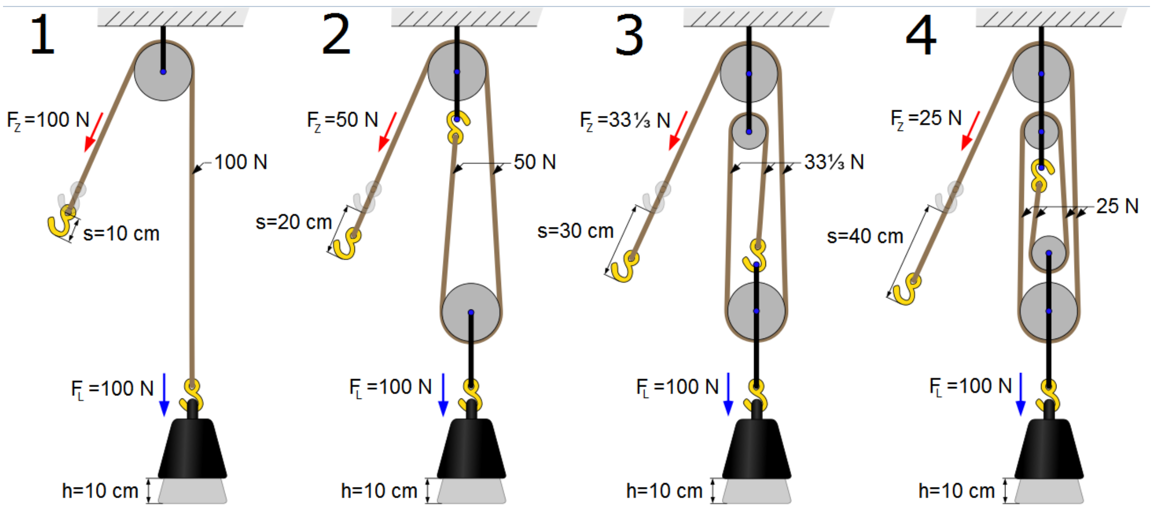
Remarque :

L'avantage mécanique d'une poulie mobile est $\boxed{AM = \frac{Fr}{Fm} = \frac{\Delta x_m}{\Delta x_r} = 2}$ alors :

Le déplacement de la force motrice est deux fois plus grand que le déplacement de la force résistante

4) Le palan

Un palan, est un ensemble de poulies fixes et mobiles. Le palan permet de changer la direction tout en procurant un gain de force.



L'avantage mécanique est déterminé par le nombre de cordes de soutien dont sont munies les poulies mobiles.

Exercices résolus :

1) Marie emménage aujourd'hui dans son premier appartement, situé au dernier étage de son immeuble. Comme elle ne veut pas monter son réfrigérateur par l'escalier en colimaçon, elle installe sur le bord du toit une poulie sans friction. Elle passe dans cette poulie une corde qu'elle attache à son réfrigérateur. Avec quelle force Marie et ses amis devront-ils tirer sur la corde pour monter son réfrigérateur, d'une masse de 105 kg, à vitesse constante ? Quelle serait cette force si Marie et ses amis adoptaient plutôt le principe de la poulie mobile ?

<u>Poulie fixe</u>

Dans ce cas, l'avantage mécanique est de 1. La force motrice que Marie et ses amis doivent fournir est donc égale au poids du réfrigérateur.

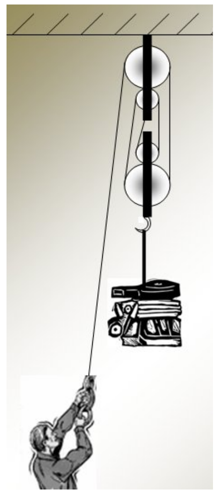
$$F_m = F_r = mg$$
$$F_m = 105 \text{ kg} \times 9{,}8 \text{ m/s}^2$$
$$F_m = 1029 \text{ N}$$

<u>Poulie mobile</u>

Dans ce cas, l'avantage mécanique est de 2 puisque deux segments de corde supportent le poids du réfrigérateur.

$$F_m = \frac{F_r}{2}$$
$$F_m = \frac{1029 \text{ N}}{2}$$
$$F_m = 514{,}5 \text{ N}$$

2) Un ouvrier exerce une force de 200 N pour soulever le moteur illustré sur le palan ci-contre. S'il soulève ce moteur de 2,5 m, détermine le travail utile et le travail fourni dans cette situation.



Le travail fourni est le travail fait par l'ouvrier. L'énergie que le palan donne au moteur en l'élevant dans les airs sera le travail utile (*Wu*).

On sait qu'il exerce une force de 200 N, mais on ne sait pas combien de mètres de corde il doit tirer pour soulever le moteur de 2,5 m. L'avantage mécanique de ce palan est de 4, puisque 4 brins touchent aux poulies mobiles. Par conséquent, l'ouvrier devra forcer sur une distance 4 fois plus grande que 2,5 mètres pour soulever le moteur.
$d=4\times 2{,}5\ m=10\ m$
Pour déterminer le travail fourni:
$W_f = Fm.\Delta x_m = 200\ .\ 10\ = 2000\ J$

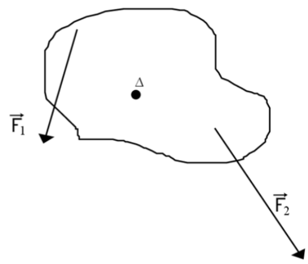
Comme l'ouvrier tire dans la même direction que la corde se déplace, l'angle entre les deux vecteurs est nécessairement de 0º.
Le travail utile sera le travail effectué par le palan sur le moteur. On sait que le palan soulève le moteur de 2,5 mètres, mais on ne connaît pas la force avec laquelle il le soulève. L'avantage mécanique du palan étant de 4, on sait que le palan exerce une force 4 fois plus grande que l'ouvrier.
$Fr = 4\times 200\ N = 800\ N$

Pour déterminer le travail utile:
$W_u = Fr.\Delta xr = 800\ .\ 2{,}5\ = 2000\ J$

Comme le palan exerce sa force dans la même direction que le moteur se déplace, l'angle entre les deux vecteurs est nécessairement de 0^{o}. Par ailleurs, on peut constater que le travail fourni et le travail utile sont égaux.

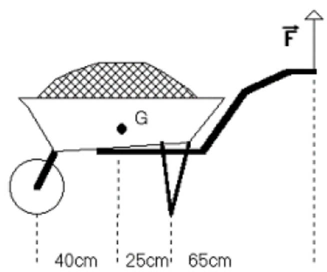
IX- EXERCICES

1) Calculer en mesurant sur la figure ci-contre le moment de force à gauche et à droite. Dans quel sens tournera le corps s'il est initialement immobile ?
   a. Echelle des forces : 10 N →1 cm.
   b. Echelle des longueurs : 1:10

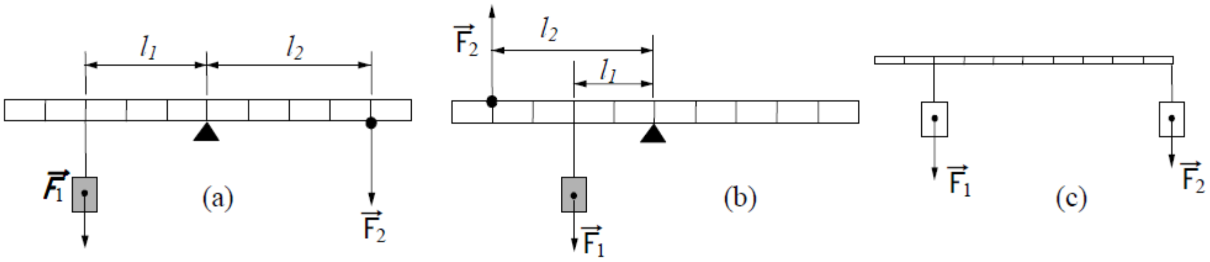


2) La brouette, de masse 20 kg, contient 60 kg de sable. G est le centre de gravité du système (brouette + sable).

   Déterminez la force F verticale qu'on doit appliquer sur les poignées pour la soulever.
   Déterminez la force Fs avec laquelle le sol doit supporter les pieds de la brouette (sol horizontal).

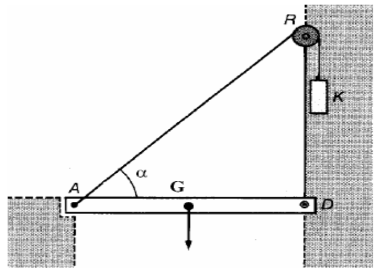


3) Pour (a) et (b), le poids accroché vaut F1 = 8 N. Que vaut l'intensité de la force F2 mesurée à l'équilibre par un dynamomètre ?

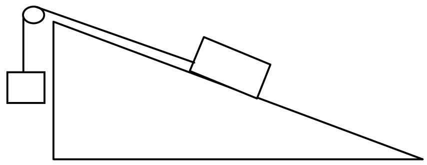


Pour (c), déterminez la position du centre de rotation, sachant que le système est en équilibre, et que F_1 = 20 N et F_2 = 12N.

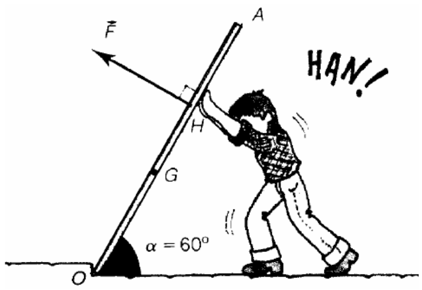
4) On veut soulever le pont levis à l'aide du corps K qui exerce une force de traction $\vec{T}$ sur le pont. La longueur du pont l = DA = 6 m, son poids G = 8000 N et l'angle α = 40°.
a. Déterminer les bras de levier de $\vec{G}$ et de $\vec{T}$.
b. Calculer la force T (en N) et la masse du corps K (en kg).



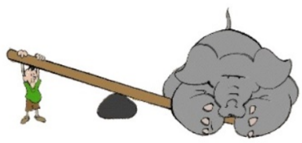
5) Un bloc de 4kg est posé sur un plan incliné de 17°. Ce bloc est retenu par un fil auquel est suspendu une masse de 500g. Le coefficient de frottement est de 0.4. Calcule l'intensité et le sens de la force de frottement qui s'exerce sur la boite lorsqu'elle reste en équilibre sur le plan incliné.



6) Un homme maintient en équilibre un panneau de poids *G* = 800 N, de longueur *OA* = 3 m, dans une position inclinée d'un angle α = 60° avec le sol horizontal. Il exerce en *H*, à la distance *OH* = 2m une force perpendiculaire au panneau, dont le sens est indiqué sur la figure.
a. Calculer l'intensité de la force F sachant que le poids de la tige s'applique en G tel que OG =1.20 m.
b. Déterminer graphiquement la force exercée en O par le sol sur le panneau.



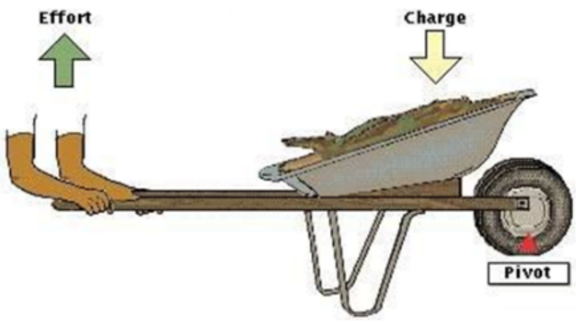
7) Quelle devrait être la longueur totale d'un levier qui permettrait de soulever un éléphant à l'aide d'une pomme si le bras de levier résistant a une longueur de 2 m ?
Quel est l'avantage mécanique de ce levier ?
La masse d'un éléphant d'Asie mâle est de 5400 kg et le poids de la pomme est de 1 N. On suppose que la masse du levier est nulle et qu'il n'y a pas de frottement.



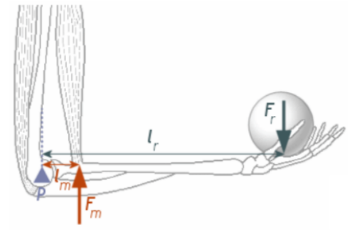
8) Quelle est la longueur de planche minimale nécessaire à la conception d'un levier capable de soulever une masse de 200 g avec une force de 0,196 N et d'un bras de levier résistant de 8 cm ?

9) Un levier est constitué d'un point d'appui et d'une planche de 100 cm de longueur. On dispose le point d'appui sous la planche de façon à ce que l'avantage mécanique de ce levier soit de 3.
Quelle sera la longueur du bras de levier résistant ?
Si on dispose une masse de 60 g à l'extrémité du bras de levier résistant, quelle masse devra être disposée à l'autre extrémité pour que les deux masses soient en équilibre sur le levier ?

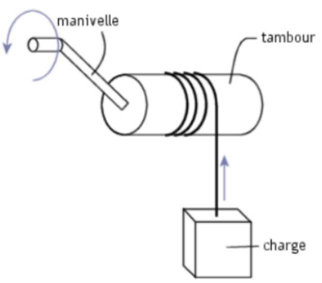
10) L'haltérophile québécoise Maryse Turcotte peut soulever, à l'arraché, une masse de 87,5 kg. En fournissant la même force, quelle masse est-elle capable de soulever à l'aide d'une brouette dont le centre de la cuve se situe à 60 cm de centre de la roue et dont les brancards ont une longueur de 140 cm (du centre de la roue à leur extrémité) ? réponse : m=204,2 Kg



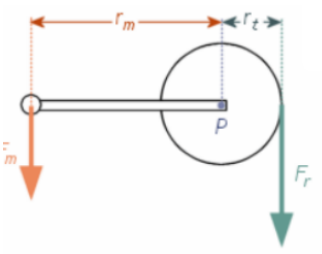
11) Quel est l'avantage mécanique de l'avant-bras si la distance entre l'articulation du coude et le « point d'ancrage » du tendon du biceps est de 3 cm et si la longueur de l'avant-bras, de l'articulation au centre de la main, est de 30 cm ? Réponse : AM=0,1



12) Un treuil est constitué d'un tambour cylindrique autour duquel s'enroule une corde qui tire sur une masse. Le tambour est actionné par une manivelle fixée au centre de l'une de ses extrémités. Le treuil permet de transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation.



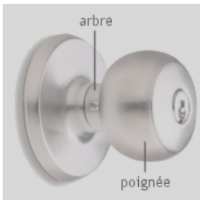
Un treuil simple



Vue de profil du treuil

On applique une force de 75 N sur la poignée d'une manivelle d'un treuil pour remonter un sceau du fond d'un puits. On tournera la manivelle de façon à ce que la main parcourt une distance de 32 mètres. Si le sceau a un poids de 275 N et que le puits a une profondeur de 8 mètres, quels sont les avantages mécaniques théorique et réel du treuil ? on suppose qu'il y a du frottement

13) Quel devrait être le diamètre d'une poignée de porte permettant de faire tourner un arbre dont le diamètre est de 4 cm avec un gain mécanique de 6.



14) Quel est l'avantage mécanique d'un volant d'automobile dont le diamètre est de 50 cm pour faire tourner un arbre dont le diamètre est de 8 cm?