

## Série 1

# Equilibre d'un solide en rotation autour d'un axe fixe

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

## Exercice 1: (Questions de cours)

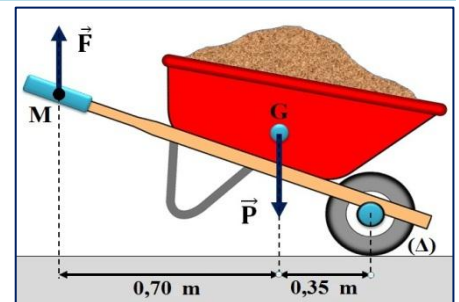
Choisir la bonne réponse:

- Un corps solide est en rotation autour d'un axe fixe ( $\Delta$ ) si tous ses points dans un mouvement:
  - Linéaire.
  - Circulaire centrés.
  - Rectilignes.
- La force  $\vec{F}$  a un effet de rotation si sa ligne d'action:
  - N'est pas parallèle à l'axe et se croise avec lui.
  - N'est pas perpendiculaires à l'axe et se croise avec lui.
  - N'est pas parallèle à l'axe et ne se croise pas avec lui.
- Lorsqu'on éloigne de l'axe. La force:
  - Augmente.
  - Diminue.
  - Reste constante.
- $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  forment un couple de deux forces capable de tourner un corps au même sens, si:
  - $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$  et ont la même direction.
  - $\vec{F}_2 = -\vec{F}_1$  et ont la même ligne d'action.
  - $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$  et n'ont pas la même ligne d'action.
- Un cycliste exerce sur la pédale de son vélo une force de 360N. la longueur de la manivelle du pédalier est 18cm. Le moment de la force par rapport à l'axe de rotation ( $\Delta$ ) est:
  - $\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) = 6,48 \text{ N.m}$
  - $\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) = 64,8 \text{ N.m}$
  - $\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) = 648 \text{ N.m}$

## Exercice 2: (moment d'une force, théorème des moments)

Un jardinier utilise sa brouette pour transporter du terreau. Le châssis de la brouette peut tourner autour de l'axe ( $\Delta$ ) de la roue.

Le jardinier exerce des forces équivalentes à une force unique  $\vec{F}$  verticale, dirigée vers le haut, d'intensité  $F = 500\text{N}$  appliquée au point M. le poids  $\vec{P}$  de châssis de la brouette et du chargement du terreau s'applique au point G.



- Déterminer les distance des droites d'action des forces  $\vec{F}$  et  $\vec{P}$  à l'axe de rotation ( $\Delta$ ).
- Donner l'expression du théorème des moments.
- Calculer l'intensité du poids  $\vec{P}$ .

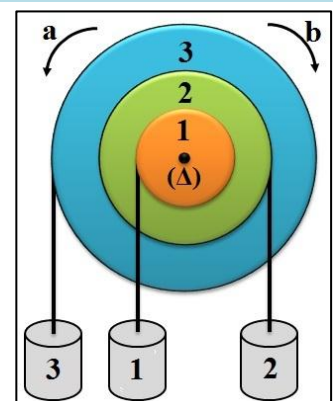
## Exercice 3: (moment d'une force, théorème des moments)

Un mobile est constitué de 3 poulies solidaires entre elles pouvant tourner autour du même axe. On attache un fil à chaque poulie et une masse.

- Le solide est-il en équilibre ? S'il ne l'est pas, dans quel sens tourne-t-il ? pourquoi ?
- Par quelle masse devrait-on remplacer  $M_2$  pour qu'il soit en équilibre?
- Si  $M_2$  était toujours égale à 300 g, à quelle distance de l'axe  $R_3$  devrait-on attacher  $M_3$ ?

**Données:**

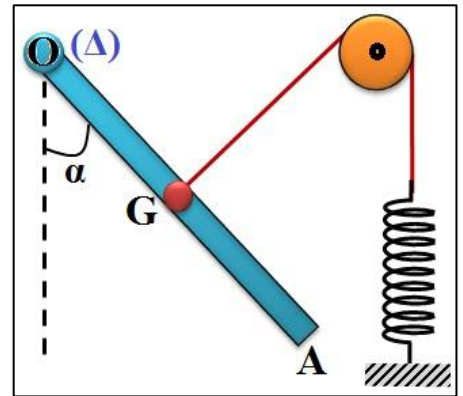
- Les masse marquées de:  $M_1 = 200\text{g}$ ;  $M_2 = 300\text{g}$ ;  $M_3 = 100\text{g}$ .
- Les rayons des poulies:  $R_1 = 5\text{cm}$ ;  $R_2 = 10 \text{ cm}$ ;  $R_3 = 16\text{cm}$ .



### Exercice 4: (Equilibre d'une barre)

Une barre (OA) homogène de masse  $m = 1\text{kg}$  et de longueur  $L$ , pouvant tourner sans frottement autour d'un axe horizontal passant par son extrémité O, est en équilibre comme l'indique la figure.

Le fil est fixé au centre G de la barre, passe sur la gorge d'une poulie et est fixé par l'autre extrémité à un ressort verticale de raideur  $K$ . à l'équilibre, le fil est normal à la barre, avec  $\alpha = 30^\circ$ .

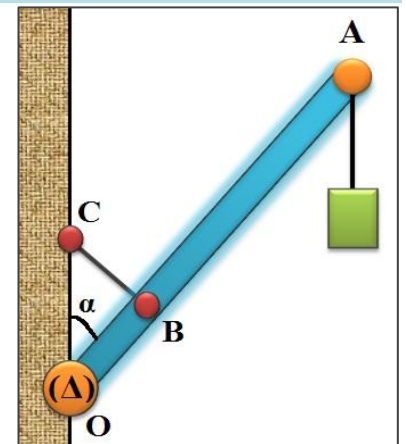


- 1) Faire l'inventaire des forces appliquées sur la barre (OA) et les représentées sans souci l'échelle.
- 2) Ecrire l'énoncé du théorème des moments.
- 3) Par application de ce théorème, trouver l'intensité de la tension du fil.
- 4) déduire la valeur de la raideur du ressort sachant que son allongement à l'équilibre est  $\Delta L = 5\text{cm}$ .

### Exercice 5: (équilibre d'une enseigne de magasin, théorème des moments)

Une enseigne de magasin est composée d'une barre (OA) de masse  $m=2\text{kg}$  et de longueur  $L=1,20\text{m}$ , capable de se mettre en rotation autour d'un axe ( $\Delta$ ) horizontal et passant par le point O.

On suspend à l'aide d'un fil de masse négligeable au point A un objet décoratif de masse  $M = 3\text{kg}$ . Et on fixe au point B qui se trouve à la distance  $OB = L/4$  du point O de l'enseigne un fil métallique BC dont l'autre extrémité est fixée à un mur vertical de telle façon qu'il reste perpendiculaire à l'enseigne. L'ensemble se trouve en équilibre lorsque  $\alpha = 30^\circ$ . Avec  $g = 10\text{N/kg}$ .



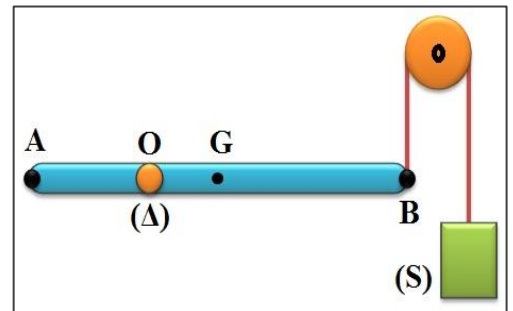
- 1) Faire le bilan des forces qui s'exercent sur l'objet décoratif.
- 2) Enoncer les conditions d'équilibre d'un solide soumis à deux forces.
- 3) Etudier l'équilibre de l'objet décoratif puis déduire la tension du fil au point A.
- 4) Faire le bilan des forces qui s'exercent sur l'enseigne de magasin.
- 5) Calculer l'intensité de la force exercée par le fil BC sur l'enseigne.



### Exercice 6: (application du théorème des moments)

On considère une tige rigide et homogène de longueur  $L = AB$  et de masse  $m = 2\text{kg}$  en équilibre horizontale, et pouvant tourner autour d'un axe horizontal fixe ( $\Delta$ ) passant par O.

Au point B, on fixe un fil inextensible passant par la gorge d'une poulie et maintient à l'autre extrémité un corps (S) de poids  $P_B$ .

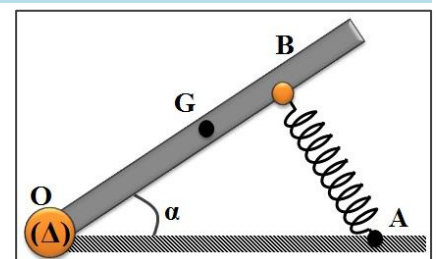


- 1) Faire l'inventaire des forces appliquées sur la tige.
- 2) Quel est le poids  $P$  de la tige?
- 3) Quel doit être la valeur du poids  $\vec{P}_B$  de la charge appliquée en B afin que la tige soit en équilibre?
- 4) On place une charge de poids  $\vec{P}_A$  en A de  $P_A = 2\text{N}$ , quel doit être la nouvelle valeur de l'intensité du poids  $\vec{P}_B$  pour que la tige soit en équilibre ?

**Données:**  $g = 10\text{N/kg}$ ;  $AO = 40\text{cm}$ ;  $AB = 120\text{cm}$ .

### Exercice 7: (Equilibre d'une pédale d'accélérateur d'automobile)

La figure ci-contre schématise une pédale d'accélérateur d'automobile. Elle est mobile autour de l'axe horizontal ( $\Delta$ ) passant par le point O, le ressort AB est perpendiculaire à la pédale, la pédale est en équilibre dans la position correspondant à l'angle  $\alpha = 45^\circ$ .



- 1) Faire l'inventaire des forces appliquées sur la pédale.

- 2) Quelles sont les relations existantes entre ces forces à l'équilibre?
- 3) Représenter ces forces sur la figure sans souci l'échelle.
- 4) Déterminer la tension de T du ressort à l'équilibre (Th.M).
- 5) Par utilisation de la méthode graphique, calculer l'intensité R de la réaction de l'axe sur la pédale.

**Donnée:**

- Poids de la pédale  $P=10\text{N}$ ;  $OG=10\text{cm}$ ;  $OB=15\text{cm}$ ; échelle:  $1\text{cm} \rightarrow 2\text{N}$

**Exercice 8: (couple de deux forces)**

pour enfoncer un tire-bouchon on exerce un couple de force  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ . La valeur commune des forces est  $F = 10\text{N}$ , et la distance entre les droites d'actions est  $d = 6\text{cm}$ .



- 1) Rappeler les conditions pour que les deux forces forment un couple de deux forces.
- 2) Quelle est la formule qui permet de calculer le moment d'un couple?
- 3) Indiquer les unités que l'on doit utiliser.
- 4) Quel est le moment du couple nécessaire pour enfoncer le tire-bouchon?

**Exercice 9: (couple de deux forces)**

Un tournevis exerce sur les bords de la fente d'une tête de vis deux forces de  $45\text{ N}$ , la distance entre les droites d'action des forces est  $7\text{mm}$ .



- 1) Calculer le moment du couple exercé par le tournevis.
- 2) Quelle force faudrait-il exercer pour que le moment du couple soit de  $0,42\text{ Nm}$ ?

Pour visser et dévisser les boulons d'une roue, les garagistes utilisent des clés à choc pneumatiques.

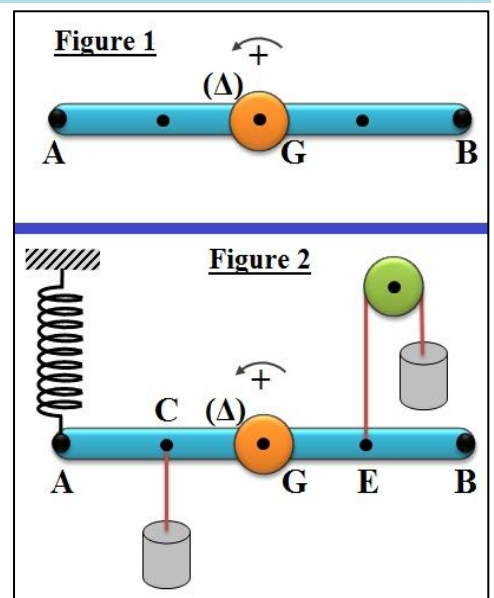
Sur un catalogue, la présentation d'une clé à choc pneumatique indique, suivant les modèles, le couple maximal que l'appareil peut exercer. Pour le modèle photographié, le moment maximal du couple (appelé couple maximal) est  $217\text{ N.m}$ .



- 3) Quelle est la valeur des forces constituant ce couple, s'exerçant sur un boulon de diamètre  $d = 2,5\text{ cm}$ ?

**Exercice 10: (couple de deux forces et l'équilibre)**

On considère une barre rigide et homogène de longueur  $L = AB$  pouvant tourner autour d'un axe horizontal fixe ( $\Delta$ ) passant au centre d'inertie  $G$  où elle est en équilibre lorsqu'elle est en position horizontale. (Figure 1)



- 1) Faire l'inventaire des forces appliquées à la barre (AB).
- 2) Rappeler les conditions d'équilibre de la barre (AB).

Par deux fils, on applique deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  de même intensité  $F=2\text{N}$ . En appliquant une force  $\vec{T}$  par un ressort pour garder la barre (AB) en équilibre horizontal. (Figure 2)

- 3) Les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  forment-elles un couple de forces?
- 4) Déduire la valeur de T tension du ressort.
- 5) En utilisant la méthode géométrique, déduire la valeur de R l'intensité de la force appliquée par l'axe ( $\Delta$ ) sur la barre (AB).

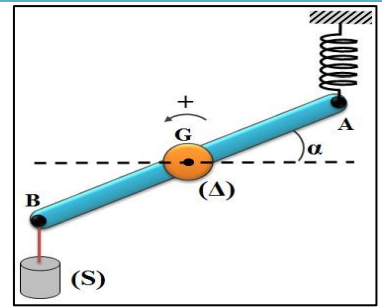
**Données:**  $P = 3\text{N}$ ;  $CG = EG = L/4$  ; L'échelle  $1\text{N} \rightarrow 1\text{cm}$ .

**Exercice 11: (couple de torsion)**

On fixe au centre de gravité  $G$  d'une barre homogène (AB) de longueur  $L = 50\text{cm}$ , un fil de torsion de constante de torsion  $C$ .

On fixe l'extrémité A à un ressort de raideur  $K = 50\text{N.m}^{-1}$  et l'extrémité B à un fil vertical qui porte à l'autre extrémité un solide (S) de masse  $m=200\text{g}$ .

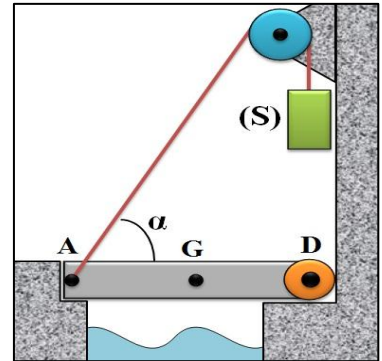
A l'équilibre le fil de torsion est tordu d'un angle  $\alpha = 30^\circ$  et le ressort est vertical et allongé de  $\Delta L = 4\text{cm}$ .



- 1) Montrer que les tensions du ressort et du fil forment un couple de deux forces.
- 2) Calculer la valeur de la constante de torsion C.

### Exercice 12: (équilibre d'un pont-levis)

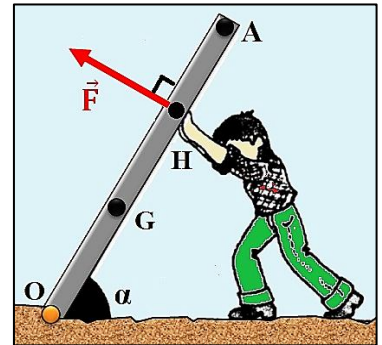
On veut soulever le pont-levis à l'aide du corps (S) qui exerce une force de traction  $\vec{T}$  sur le pont. La longueur du pont  $L = DA = 6\text{ m}$ , sa masse  $M=800\text{kg}$  et l'angle  $\alpha = 40^\circ$ , avec  $g = 10\text{N/kg}$ .



- 1) Donner l'expression du moment de toutes les forces appliquées sur le pont à l'équilibre lorsque le pont est horizontal.
- 2) Déterminer l'intensité T et la masse m du corps (S).
- 3) Déterminer par la méthode analytique la force de réaction  $\vec{R}$  exercée par l'axe de rotation en D contre le pont, ainsi que l'angle  $\beta$  que cette force forme avec l'horizontale.

### Exercice 13: (équilibre d'un panneau)

Un homme maintient en équilibre un panneau de masse  $M = 80\text{ kg}$ , de longueur  $OA = 3\text{m}$ , dans une position inclinée d'un angle  $\alpha = 60^\circ$  avec le sol horizontal. Il exerce en H, à la distance  $OH = 2\text{m}$  une force perpendiculaire au panneau, dont le sens est indiquée sur la figure.

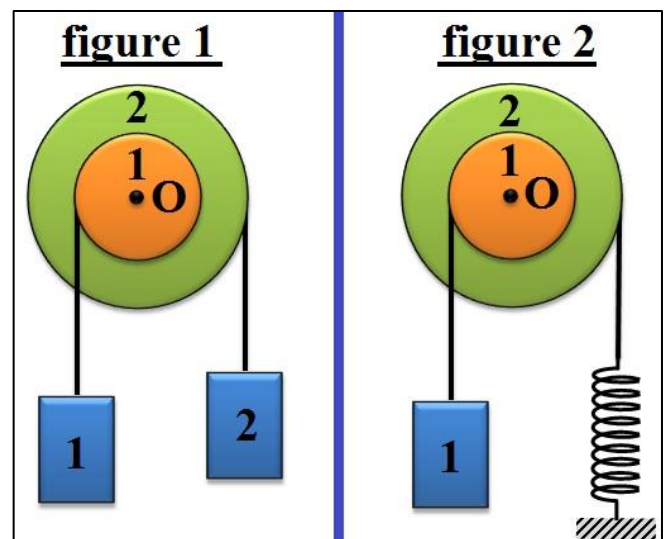


- 1) Déterminer l'intensité de la force sachant que le poids de la tige s'applique en G tel que  $OG = 1,20\text{m}$ . (Le panneau n'est donc pas homogène).
- 2) Déterminer graphiquement la force exercée en O par le sol sur le panneau.

### Exercice 14: (équilibre d'un système)

Le dispositif représenté par la (figure 1) comprend :

- Une poulie à deux gorges pouvant tourner sans frottement autour d'un axe fixe ( $\Delta$ ) horizontal passant par le point O.
  - Deux fils ( $f_1$ ) et ( $f_2$ ) fixés respectivement aux gorges, enroulés sur celles-ci et supportant les masses  $m_1$  et  $m_2$ .
- 1) Rappeler les conditions d'équilibre d'un solide pouvant tourner autour d'un axe fixe.
  - 2) Donner l'expression du moment de chaque force.
  - 3) Calculer  $m_2$  pour que le dispositif soit en équilibre.



On remplace la masse  $m_2$  par un ressort de raideur  $k = 20\text{N/m}$  dont l'extrémité inférieure est fixée. (figure2)

- 4) Calculer l'allongement du ressort à l'équilibre du système.

Données:

- $m_1 = 120\text{g}$ ;  $r_1 = 10\text{cm}$  et  $r_2 = 15\text{cm}$ ;  $g = 9,8\text{ N/kg}$ .