Physique et Chimie : Tronc Commun

Séance 10 (Équilibre d'un corps sous l'action de 3 forces)

Professeur : Mr EL GOUFIFA Jihad

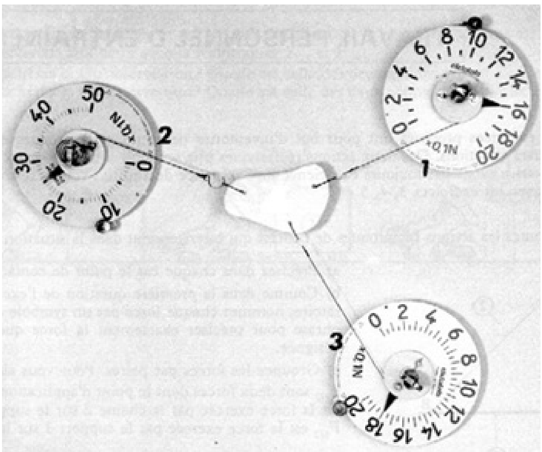
Sommaire

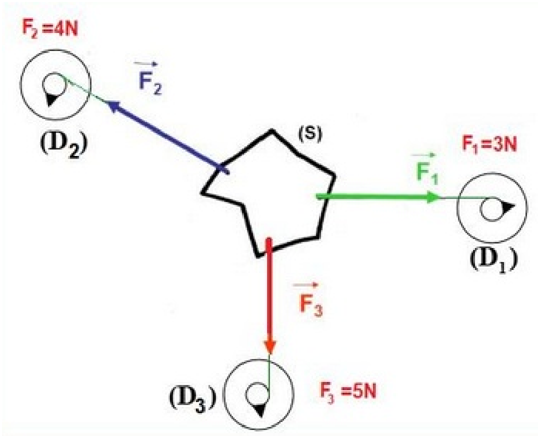
I- Condition d'équilibre d'un solide soumis à trois forces

1-1/ Expérience

Une plaque de polystyrène légère (de poids négligeable) est soumise à l'action de trois forces par
l'intermédiaire de trois fils tendus.

Trois dynamomètres mesurent ces forces.

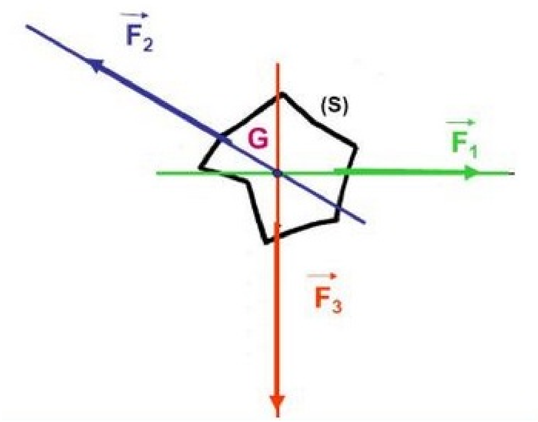




1-2/ Observations

Les lignes d'action des trois forces se trouvent dans le même plan : on dit qu'elles sont coplanaires.

Les lignes d'action des trois forces se coupent en un même point : on dit qu'elles sont concourantes.



1-3/ Relation entre les vecteurs forces

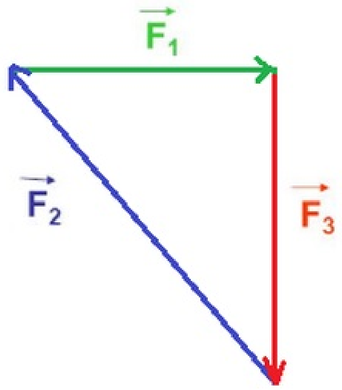
Méthode graphique

En traçant le polygone des forces à une échelle choisie.

On place l’origine d’un des vecteurs à l’extrémité de l’autre vecteur et on complète le triangle.

La ligne polygonale des trois forces est fermée traduit graphiquement la relation vectorielle :

$$\overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \overrightarrow{F_3} = \overrightarrow{0}$$



Méthode analytique (projection)

Dans un repère orthonormé déterminons les coordonnées de chaque force :

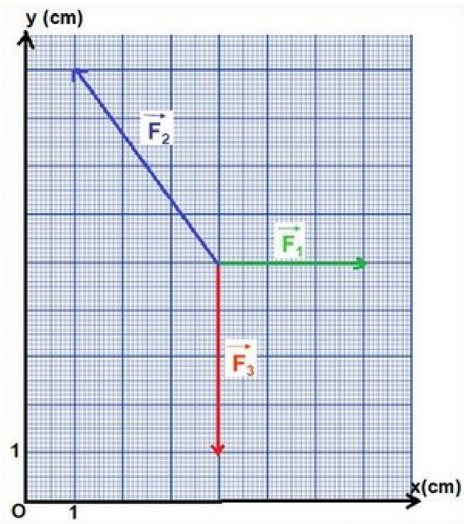
$$\overrightarrow{F_1}\begin{pmatrix} F_{1x} = 3 \\ F_{1y} = 0 \end{pmatrix} ; \overrightarrow{F_2}\begin{pmatrix} F_{2x} = -3 \\ F_{2y} = 4 \end{pmatrix} ; \overrightarrow{F_3}\begin{pmatrix} F_{3x} = 0 \\ F_{3y} = -4 \end{pmatrix}$$

La projection des trois forces sur l'axe Ox et Oy donne :

$$\begin{cases} F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0 \\ F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0 \end{cases}$$

Donc, on a :

$$\overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \overrightarrow{F_3} = \overrightarrow{0}$$



1-4/ Condition d'équilibre

Si un corps soumis à trois forces $\overrightarrow{F_1}$, $\overrightarrow{F_2}$ et $\overrightarrow{F_3}$ est en équilibre :

- Les trois forces sont coplanaires et concourantes.
- La somme vectorielle des trois forces est nulle.

Remarques

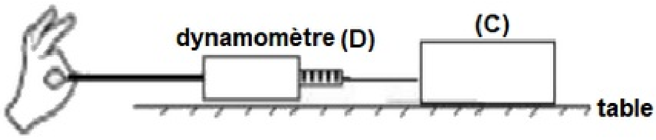
La deuxième condition s'exprime par la relation vectorielle : $\overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \overrightarrow{F_3} = \overrightarrow{0}$

Cette condition d'équilibre peut-être facilement généralisée à un nombre quelconque de forces.

II- Forces de frottement

2-1/ Expérience

Sur une table horizontal, on place un corps (C) sur lequel on exerce une force $\overrightarrow{F}$ à l'aide d'un dynamomètre (D), comme l'indique la figure suivante :

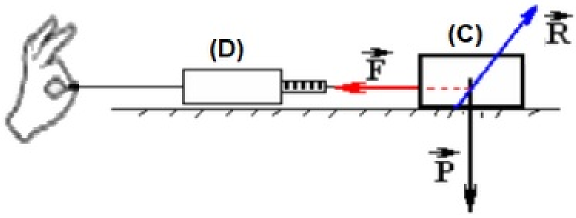


On augmente successivement l'intensité de la force $\overrightarrow{F}$ jusqu'à ce que le corps (C) se mette en mouvement.

On constate le corps reste en équilibre tend que la force F est inférieure à une valeur minimale F_m.

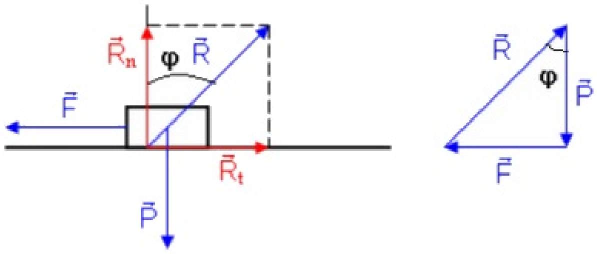
2-2/ Angle de frottement - Coefficient de frottement

On constate que la réaction $\overrightarrow{R}$ exercée par la table n'est pas perpendiculaire à la surface de contact, elle forme un angle φ avec la normale qu'on appelle angle de frottement.



On peut décomposer la réaction $\overrightarrow{R}$ en deux composantes :

- $\overrightarrow{R_N}$: La composante normale.
- $\overrightarrow{R_T}$: La composante tangentielle qui s'appelle force de frottement $\overrightarrow{f}$.



On appelle le coefficient de frottement :

$$k = \tan\varphi = \frac{R_T}{R_N}$$

2-3/ Angle de frottement statique

Le corps (C) est en équilibre sous l'action de trois forces : $\overrightarrow{F}$, $\overrightarrow{R}$ et son poids $\overrightarrow{P}$.

À cause des frottements, le corps (C) reste en équilibre tant que la force $\overrightarrow{F}$ est intérieure à une valeur minimale $\overrightarrow{F_m}$.

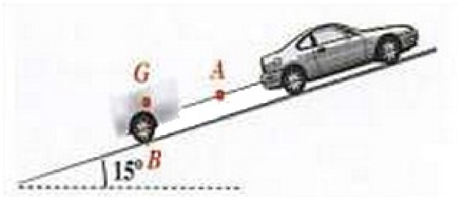
- $F < F_m$: le solide est en équilibre $\varphi < \varphi_0$ tel que φ_0 est l'angle de frottement statique.
- $F > F_m$: le solide est en mouvement $\varphi > \varphi_0$.

On définit le coefficient de l'angle statique k_0 par la relation : $k_0 = \tan\varphi_0$

III- Exercices

3-1/ Exercice 1

Sur une route faisant un angle de 15° avec l'horizontale, une remorque de masse $m = 500kg$ est accrochée à l'arrière d'une voiture. L'ensemble est immobile comme l'indique le schéma suivant :



A est le point d'application de la force $\overrightarrow{F}$ exercée par la voiture sur la remorque, la valeur de cette force est égale à $1250N$.

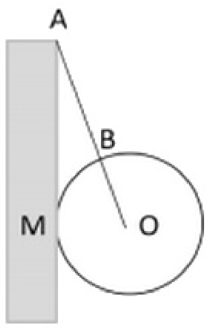
G est le centre de gravité de la remorque. On néglige les forces de frottements.

1. Calculer la valeur P du poids de la remorque (on prendra $g = 10\ N.kg^{-1}$).
2. Donner les caractéristiques de la force $\overrightarrow{F}$ et du poids $\overrightarrow{P}$.
3. Représenter le poids $\overrightarrow{P}$ et la force $\overrightarrow{F}$ (échelle: $1cm \leftrightarrow 1000N$).
4. Quelle troisième force s'exerce sur la remorque ? Donner son point d'application, sa direction et son sens.
5. La remorque étant en équilibre, construire la dynamique des forces et déterminer graphiquement la valeur de la troisième force.

3-2/ Exercice 2

Une sphère (S) homogène, de masse $m = 1,4Kg$ de rayon $r = 10cm$ et de centre O, est attachée en A à un mur vertical parfaitement lisse, par l'intermédiaire d'un fil fixé en un point B de sa surface.

La sphère repose en M contre le mur.



1. Quelles sont les forces extérieur exerce sur la sphère ?
2. Quelles relations existe-t-il entre ces forces à l'équilibre de la sphère ?
3. En déduire que la droite AB passe par O.

Le fil AB a une longueur $l = 20cm$.

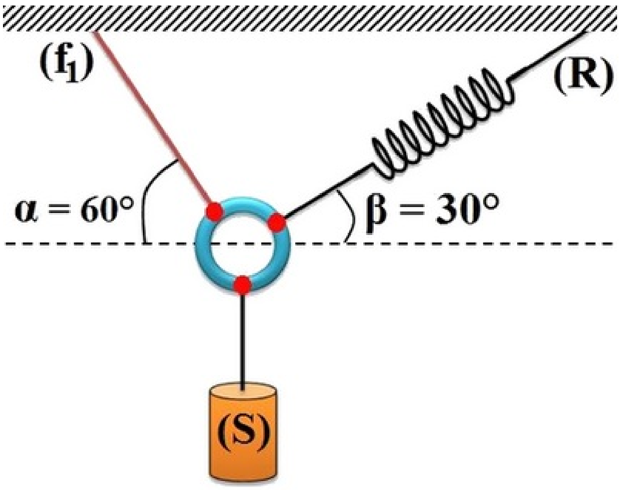
4. Calculer les intensités de la tension du fil et de la réaction du mur.

On prendra $g = 10N.Kg^{-1}$

3-3/ Exercice 3

Un câble (f_1) et un ressort (R) sont fixés au plafond, et attachées à un anneau (de masse négligeable) qui support une charge (solide (S)) de masse $m = 500g$, l'allongement du ressort est $\Delta L = 5cm$.

L'anneau est en équilibre. On prendra $g = 10N.Kg^{-1}$.

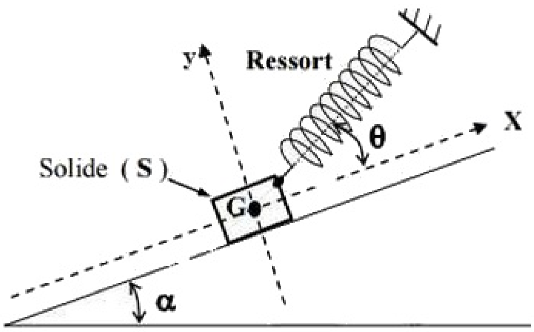


1. Faire l'inventaire des forces appliquées à l'anneau.
2. Représenter ces forces.
3. Calculer K la raideur du ressort.
4. Calculer T l'intensité de la force exercée par le fil.

3-4/ Exercice 4

Un solide (S) de masse $m = 200g$ est maintenu à l'équilibre sur un plan incliné parfaitement lisse d'inclinaison $\alpha = 30^{\circ}$ par rapport à l'horizontale par l'intermédiaire d'un ressort de masse négligeable, de constante de raideur $k = 40N.m^{-1}$ et allongé.

L'axe du ressort fait un angle $\theta = 20^{\circ}$ avec la ligne de la grande pente du plan incliné :



1. Rappeler la condition d'équilibre d'un solide soumis à trois forces.

La tension du ressort est $\overrightarrow{T}$, la réaction normale de la grande pente du plan incliné est $\overrightarrow{R_N}$, le poids du solide (S) est $\overrightarrow{P}$.

2. Représenter les forces exercées sur le solide (S).
3. Écrire la condition d'équilibre du solide (S).
4. Déterminer les expressions des coordonnées de ces forces dans le repère orthonormé

$R\left(G, \overrightarrow{i}, \overrightarrow{j}\right)$.

5. Exprimer l'allongement ΔL du ressort en fonction de m, g, θ, k et α.
6. Calculer ΔL.

On donne : $g = 10N.kg^{-1}$