

Equilibre d'un corps solide sous l'action de trois forces non parallèles (5h)

I- Conditions d'équilibre d'un corps solide sous l'action de trois forces non parallèles :

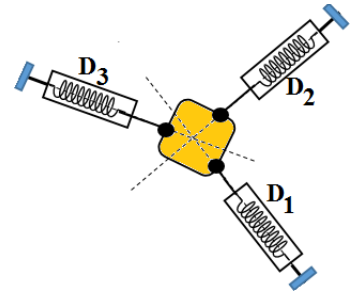
1- Expérience :

Expérience 1 :

On réalise l'équilibre d'une plaque très légère avec trois dynamomètres, comme l'indique le schéma ci-contre :

Tracer les droites d'actions appliquées sur la plaque,
Noter des intensités indiquées par les dynamomètres :

$$F_1 = 3,2N \quad ; F_2 = 2,7N \quad ; F_3 = 4,1N$$



2- Observations :

- ☐ On remarque que les droites d'actions des trois forces se trouvent dans le même plan : on dit qu'elles sont coplanaires,
- ☐ Les droites d'actions des trois forces se coupent en un même point : on dit qu'elles sont concourantes.

3- Conclusion (1er condition d'équilibre) :

Lorsqu'un corps solide est en équilibre sous l'action de trois forces non parallèles, alors :

- ☐ Le polygone de ces trois forces est fermée, donc leur **somme vectorielle est nulle** $\sum \vec{F} = \vec{0}$,
- ☐ Les droites d'action de ces trois forces **sont coplanaires et concourantes**.

Remarque :

Cet condition d'équilibre est nécessaire et insuffisant.

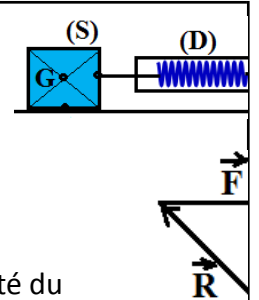
II- Forces de contact

1- Forces de frottements :

a- Expérience :

Expérience 2 : On réalise l'expérience suivante :

- ☐ Le solide est soumis à trois forces :
- ☐ On constate que le solide reste en équilibre tant que F est inférieur à une valeur minimale $F_m = \dots\dots\dots$ et $P = \dots\dots\dots$



b- Méthode graphique (le polygone) :

On trace le deuxième vecteur force à l'extrémité du premier et le troisième à l'extrémité du deuxième, tout en respectant les caractéristiques des vecteurs,

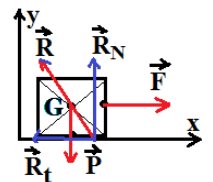
- Le solide est en équilibre, alors $\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = \vec{0}$
- Donc le polygone (ligne polygonale) des trois forces est fermé,
- Donc, graphiquement, $R = \sqrt{P^2 + F^2} \approx \dots\dots\dots N$

c- Méthode analytique (la projection) : $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$ alors

$$\{ F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0 \quad F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$

On peut décomposer la réaction du plan $\vec{R}$ en deux composantes :

- Une composante normale, notée $\vec{R}_N$, et une composante tangentielle, notée $\vec{R}_t$,
- La composante tangentielle $\vec{R}_t$ s'appelle force de frottement qu'on note $\vec{f} = \vec{R}_t$,
- $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_t = \vec{R}_N + \vec{f}$ ou $\vec{R} = R_N \cdot \vec{i} + R_t \cdot \vec{j}$ et $R = \sqrt{R_N^2 + R_t^2} = \sqrt{R_N^2 + f^2}$,



Le corps est en équilibre, alors $\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = \vec{0}$, donc :

- La projection de la relation sur l'axe (Ox) donne $P_x + R_x + F_x = 0$
Avec $P_x = 0$ et $R_x = -R_t$ et $F_x = F$ alors $0 - R_t + F = 0$ d'où $R_t = F = \dots N$.
- La projection de la relation sur l'axe (Oy) donne $P_y + R_y + F_y = 0$

Avec $P_y = -P$ et $R_y = R_N$ et $F_y = 0$ alors $-P + R_N + 0 = 0$ d'où $R_N = P = mg = \dots N$,

- Finalement $R = \sqrt{R_N^2 + R_t^2} = \sqrt{P^2 + F^2} = \dots N$

2- Coefficient des frottements :

- ☐ A la présence des frottements, la réaction du plan $\vec{R}$ est inclinée par rapport à la composante normale d'un angle appelé angle de frottement, noté ϕ , tel que $\tan \phi = \frac{R_t}{R_N}$, donc $\phi = \left(\frac{R_t}{R_N} \right)$,
- ☐ On note aussi $k = \tan \phi$: le coefficient de frottement,
- ☐ Le solide reste en équilibre tant que $\phi < \phi_0$, ϕ_0 : s'appelle angle de frottement statique.

<https://spbiof.blogspot.com/>