

Prof : Klaifi Raouf

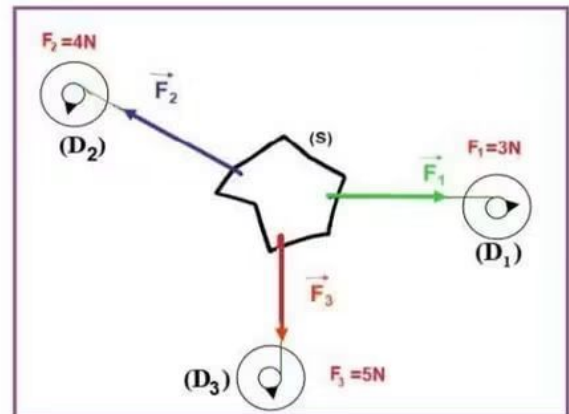
Équilibre d'un solide soumis à trois forces non parallèles

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

1-Expérience :

On étudie l'équilibre d'une plaque de masse négligeable.

La plaque est soumise à l'action de trois forces $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}_3$.

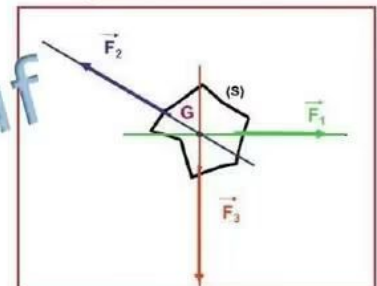


2-Observations :

On constate que les trois forces $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}_3$:

- Sont situées dans le même plan, on dit qu'elles sont **coplanaires** ;
- Se coupent en un même point O, on dit qu'elles sont **concurrentes**.
-

3-Relation entre les vecteurs forces



3-1-Méthode analytique :

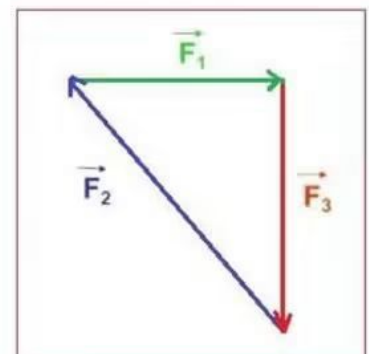
Dans un repère orthonormé les coordonnées de chaque force sont :

$$\vec{F}_1 \begin{pmatrix} F_{1x} = 3 \\ F_{1y} = 0 \end{pmatrix} \quad \vec{F}_2 \begin{pmatrix} F_{2x} = -3 \\ F_{2y} = 4 \end{pmatrix} \quad \vec{F}_3 \begin{pmatrix} F_{3x} = 0 \\ F_{3y} = -4 \end{pmatrix}$$

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

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

$$\text{Donc : } \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$$



Prof : Klaifi Raouf

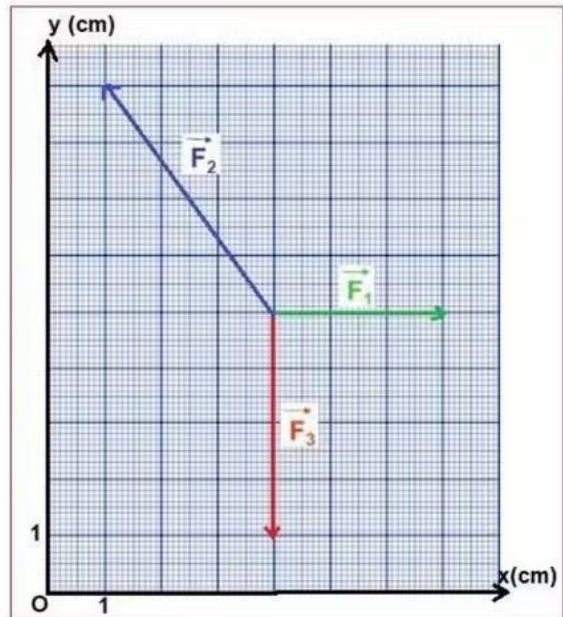
4-Condition d'équilibre :

Si un solide soumis à trois forces $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}_3$ non parallèles est en équilibre :

-les trois forces sont coplanaires et concourantes.

-la somme vectorielle des trois forces est égale au vecteur nul :

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$$

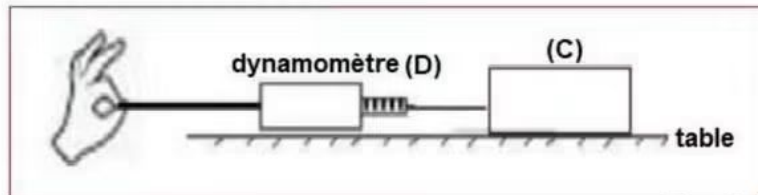


II-Force de frottement :

1-Expérience :

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

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



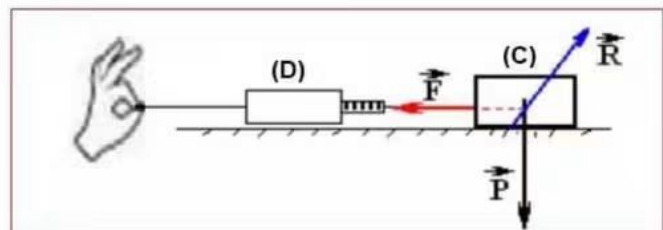
2-Angle de frottement :

On constate que la réaction $\vec{R}$ 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 $\vec{R}$ en deux composantes :

$\vec{R}_N$: La composante normale.

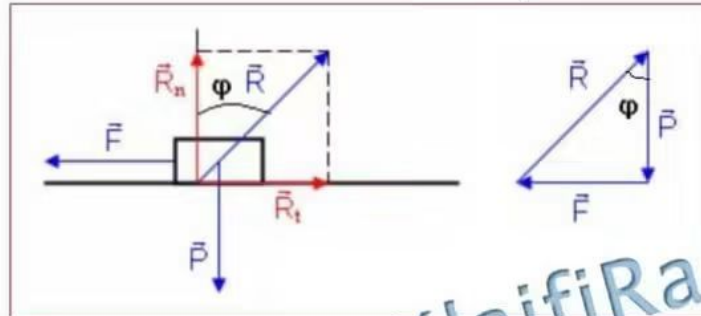
$\vec{R}_T$: La composante tangentielle qui s'appelle force de frottement $\vec{f}$.



Prof : Klaifi Raouf

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

On appelle le coefficient de frottement : $k = \tan\varphi$



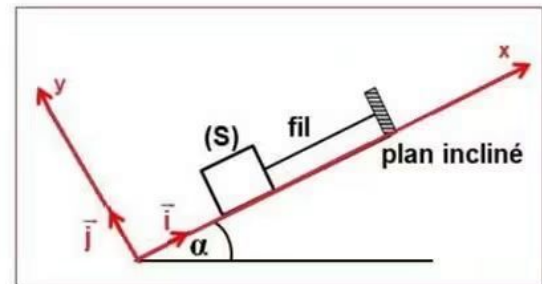
III-Exercice d'application :

Un solide (S) est attaché à un fil inextensible sur un plan incliné faisant un angle α avec l'horizontale (voir figure).

Le contact entre le plan incliné et le solide se fait sans frottements.

Déterminer les intensités des forces appliquées sur le solide (S).

On donne $m = 500 \text{ g}$; $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ et $\alpha = 30^\circ$.



Solution :

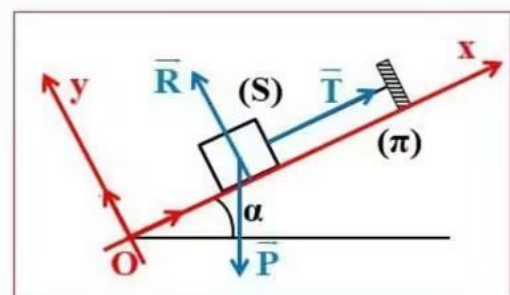
–système étudié : le corps (S)

–bilan des forces qui s'exercent sur le corps (S) :

$\vec{R}$: la réaction du plan incliné.

$\vec{T}$: la tension du fil.

$\vec{P}$: le poids du solide (S).



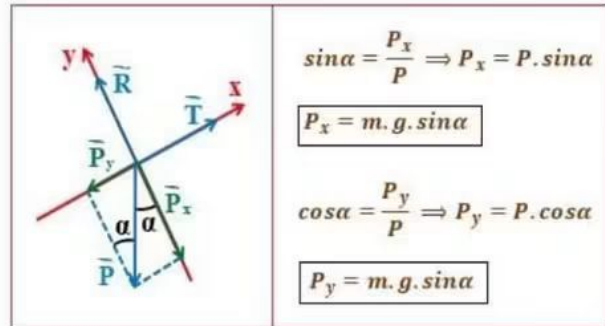
Prof : Klaifi Raouf

–Le solide (S) est en équilibre on

écrit : $\vec{R} + \vec{T} + \vec{P} = \vec{0}$

La projection des forces sur les axes
Ox et Oy :

$$\begin{cases} R_x + T_x + P_x = 0 \\ R_y + T_y + P_y = 0 \end{cases}$$



Les coordonnées des forces dans le
repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ sont :

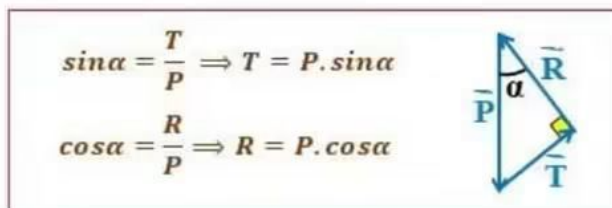
$$\vec{R} \begin{cases} R_x = 0 \\ R_y = R \end{cases} \quad \vec{T} \begin{cases} T_x = T \\ T_y = 0 \end{cases} \quad \vec{P} \begin{cases} P_x = m.g.\sin\alpha \\ P_y = m.g.\cos\alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 + T + m.g.\sin\alpha = 0 \\ R + 0 + m.g.\cos\alpha = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T = m.g.\sin\alpha \\ R = m.g.\cos\alpha \end{cases}$$

A.N : $\begin{cases} T = 0,5 \times 10 \times \sin(30^\circ) \\ R = 0,5 \times 10 \times \cos(30^\circ) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T = 2,5 \text{ N} \\ R = 4,33 \text{ N} \end{cases}$

Remarque :

Les mêmes résultats sont obtenus en utilisant la méthode graphique.



Prof : Klaifi Raouf

FORCES ET EQUILIBRE

L'ESSENTIEL DU COURS

A / Système mécanique :

- * Un point matériel est un corps dont les dimensions sont négligeables devant celles de l'espace où il évolue.
- * Un système matériel est un ensemble de points matériels.
 - Le système matériel est dit déformable si les distances entre les points matériels qui le constituent peuvent changer.
 - Le système matériel est dit indéformable si les distances entre les points matériels qui le constituent sont invariables.
- * Une force est dite intérieure à un système matériel si elle s'exerce par des éléments du système sur d'autres éléments du même système.

Remarque :

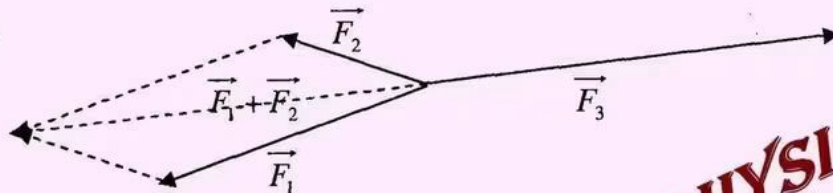
La somme vectorielle des forces intérieures à un système est nulle.

- * Une force est dite extérieure à un système matériel si elle s'exerce par des éléments de l'extérieur du système sur un élément du même système.

B / Condition d'équilibre d'un corps solide soumis à trois forces coplanaires et non parallèles:

- * Si un corps solide est en équilibre sous l'action de trois forces coplanaires et non parallèles $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}_3$ alors :

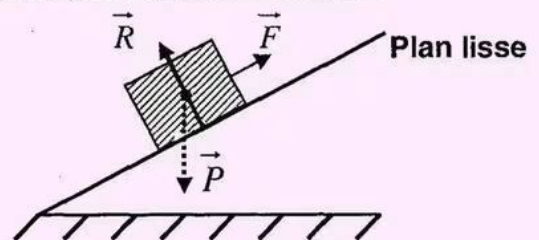
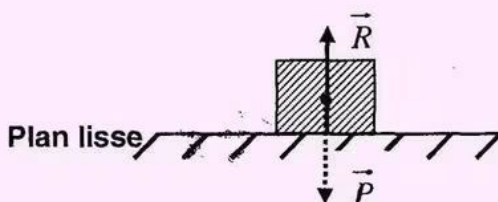
- Les droites d'actions des trois forces $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}_3$ sont concourantes (les droites d'actions des trois forces se coupent en un même point).
- La somme vectorielle des trois vecteurs forces $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}_3$ est nulle ($\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$) ou bien $\vec{F}_3 = -(\vec{F}_1 + \vec{F}_2)$.



**PHYSIQUE TN
1**

- * La réaction $\vec{R}$ exercée par un plan sur un corps :

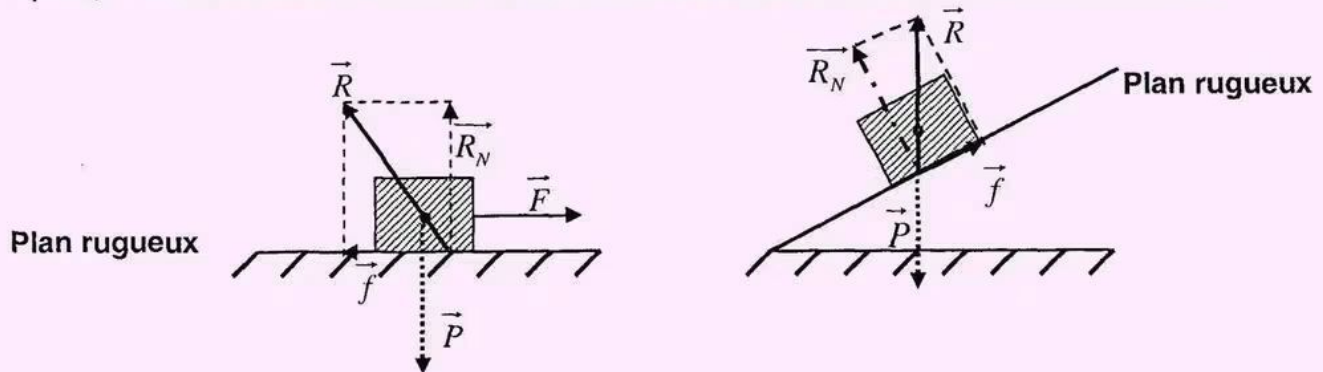
- En absence de frottements (plan lisse) la réaction $\vec{R}$ est toujours perpendiculaire au plan.



- En présence de frottements (plan rugueux) la réaction $\vec{R}$ n'est pas perpendiculaire au plan et possède deux composantes $\vec{R}_N$ et $(\vec{R}_T$ ou $\vec{f}$) tel que : $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T$ et $\|\vec{R}\| = \sqrt{\|\vec{R}_N\|^2 + \|\vec{R}_T\|^2}$

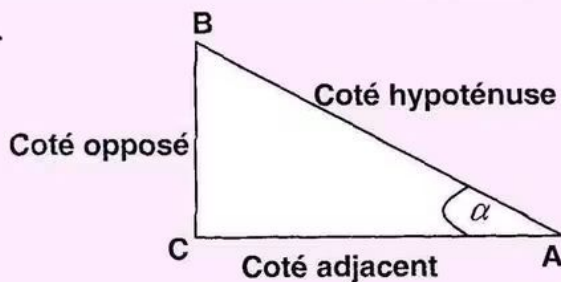
$\vec{R}_N$: Composante normale au plan ($\vec{R}_N$ est perpendiculaire au plan).

$\vec{R}_T$ ou $\vec{f}$: Composante tangentielle au plan (parallèle au plan appelée force de frottement).



* Rappel :

Force		$\vec{P}$ (Poids d'un corps)	$\vec{T}$ (Tension d'un ressort)
Caractéristiques	Direction	Verticale du lieu	Celle de l'axe du ressort
	Sens	De haut vers le bas	Sens contraire que la déformation du ressort
	Valeur (N)	$\ \vec{P}\ = m \cdot \ \vec{g}\ $ N kg N.kg ⁻¹	$\ \vec{T}\ = k \cdot \Delta L$ N N.m ⁻¹ m Avec : $\Delta L = L - L_0 $. *L : la longueur du ressort à l'équilibre du corps. *L ₀ : La longueur du ressort à vide.
	Point origine	Centre de gravité G du corps	Le point de contact entre le corps et le ressort



$$\cos \alpha = \frac{\text{Adjacent}}{\text{Hypoténuse}} = \frac{AC}{AB}$$

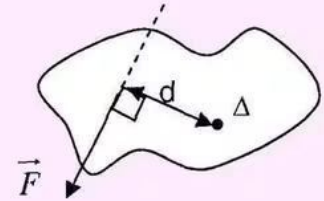
$$\sin \alpha = \frac{\text{Opposé}}{\text{Hypoténuse}} = \frac{BC}{AB}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{\text{Opposé}}{\text{Adjacent}} = \frac{BC}{AC}$$

Physique TN
2

C / Théorème des moments:

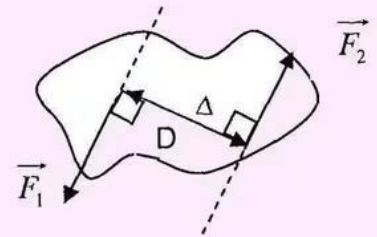
- * Le moment d'une force $\vec{F}$ par rapport à un axe de rotation Δ noté $M_{\vec{F}/\Delta}$ est exprimé par : $M_{\vec{F}/\Delta} = \pm \|\vec{F}\| \cdot d$ telque :
 $\begin{matrix} \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \text{N.m} & \text{N} & \text{m} \end{matrix}$



d : La longueur du segment perpendiculaire simultanément à l'axe de rotation Δ et à la droite d'action de la force.

- $M_{\vec{F}/\Delta} > 0$ lorsque la force $\vec{F}$ tend à faire tourner le corps dans un sens positif choisi arbitrairement.
- $M_{\vec{F}/\Delta} < 0$ lorsque la force $\vec{F}$ tend à faire tourner le corps dans le sens contraire du sens arbitraire choisi.
- $M_{\vec{F}/\Delta} = 0$ lorsque la droite d'action de la force $\vec{F}$ est parallèle ou rencontre l'axe de rotation Δ .

- * Un couple de force est un ensemble de deux forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ parallèles, s'exercent sur un corps de part et d'autre de l'axe de rotation Δ , de même valeur et de sens contraires noté ζ .



- * Le moment d'un couple de force noté $M_{\zeta/\Delta}$ est exprimé par :

$$M_{\zeta/\Delta} = \pm \|\vec{F}\| \cdot D \text{ telque : } \|\vec{F}_1\| = \|\vec{F}_2\| = \|\vec{F}\| \text{ et}$$

D : La longueur du segment perpendiculaire simultanément aux droites d'actions de $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$.

- * Enoncé du théorème des moments :

Lorsqu'un corps mobile autour d'un axe fixe Δ est en équilibre, la somme algébrique des moments des forces $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}_3$ exercées sur le corps par rapport à l'axe de rotation Δ est nulle.

$$M_{\vec{F}_1/\Delta} + M_{\vec{F}_2/\Delta} + M_{\vec{F}_3/\Delta} = 0.$$

Physique TN
3