

Chapitre 2 : FORCE ET EQUILIBRE D'UN SOLIDE

Durée du chapitre selon le programme scolaire : 12 semaines (2 heures par semaine)

Objectif général : L'apprenant doit être capable de résoudre un problème de statique

Nom du créateur : RAFANOMEZANTSOA Emeraldalda Christopher

Date de création : lundi 29 décembre 2025

Source de document :

Table des matières

Table des matières	1
I. FORCES.....	2
I.1 Définition	2
I.2 Caractéristiques d'une force	2
I.3 Représentation d'une force :	2
I.4 Somme des deux vecteurs forces.....	3
I.5 Classification des forces.....	5
I.5.1 Force de contact :	5
II. EQUILIBRE D'UN SOLIDE.....	7
II-1. Equilibre d'un solide soumis à des force.....	7
II-2. Equilibre d'un solide susceptible de tourner autour d'un axe fixe (Δ)	8
II-3. Méthode de résolution d'un problème d'équilibre.....	10

PC Seconde

Première partie : MECANIQUE

Chapitre 2 : FORCES ET EQUILIBRE D'UN SOLIDE

I. FORCES

I.1 Définition

On appelle **force** toute cause capable :

- de mettre en mouvement un corps ou de changer sa direction : c'est **l'effet dynamique** d'une force.
- de déformer un corps ou de le mettre en équilibre : c'est **l'effet Statique** de la force

I.2 Caractéristiques d'une force

Une force est défini par les quatre caractéristiques suivantes :

- ⇒ **Point d'application** : point où agit la force
- ⇒ **Direction** : c'est la ligne d'action de la force
- ⇒ **Sens** : c'est l'orientation de la force
- ⇒ **Intensité** : c'est la valeur exprimée en **Newton (N)** et mesurer à l'aide un **dynamomètre**

I.3 Représentation d'une force :

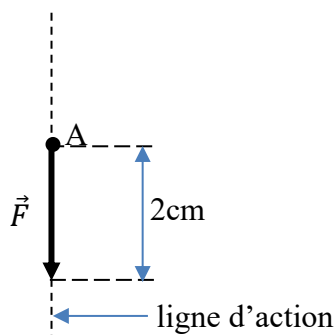
On représente une force par un vecteur à l'aide de ses quatre caractéristiques.

Exemple 1 : sur un point A, représenter une force $\vec{F}$ de direction verticale vers le bas d'intensité $F = 4N$

Echelle : $1cm \rightarrow 2N$

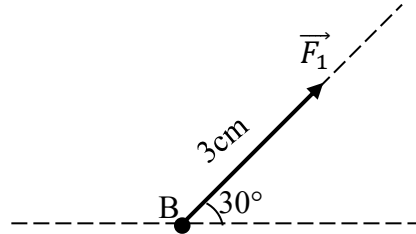
Longueur du vecteur

$$\left\{ \begin{array}{l} 2N \rightarrow 1cm \\ 4N \rightarrow x \end{array} \right\} x = 2cm$$



Exemple 2 : Représenter une force $\vec{F}_1$ sur le point B qui fait 30° par rapport à l'horizontale dirige vers le haut à droite d'intensité $F_1 = 3N$

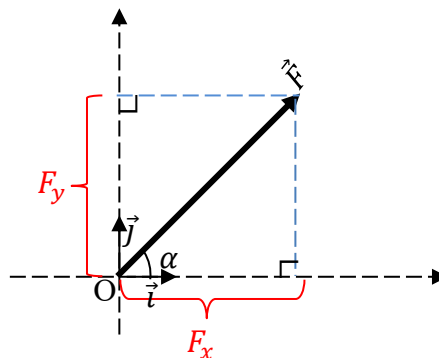
Echelle : $1\text{cm} \rightarrow 1N$



I.4 Somme des deux vecteurs forces

I.4.1 Expression du vecteur force dans une base orthonormée

Soit une force $\vec{F}$ repérer dans un repère $\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j})$



L'expression du vecteur force $\vec{F}$ dans le repère $\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j})$ est donc

$$\begin{aligned}\vec{F} &= F_x \vec{i} + F_y \vec{j} \\ &= F \cos \alpha \vec{i} + F \sin \alpha \vec{j}\end{aligned}$$

I.4.2 Sommes des deux vecteurs forces (méthode analytique)

$\vec{F}$ est la somme vectorielle de $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ si $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

Soient:

$$\vec{F}_1 \begin{vmatrix} F_{1x} \\ F_{1y} \end{vmatrix} \quad \text{et} \quad \vec{F}_2 \begin{vmatrix} F_{2x} \\ F_{2y} \end{vmatrix}$$

$$\vec{F} \begin{vmatrix} F_{1x} + F_{2x} \\ F_{1y} + F_{2y} \end{vmatrix}$$

Exemple

$$\vec{F}_1 \begin{vmatrix} -3 \\ 4 \end{vmatrix} \quad \text{et} \quad \vec{F}_2 \begin{vmatrix} 2 \\ -2 \end{vmatrix}$$

$$\vec{F} \left| \begin{matrix} -1 \\ 2 \end{matrix} \right.$$

Norme

$$\|\vec{F}\| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

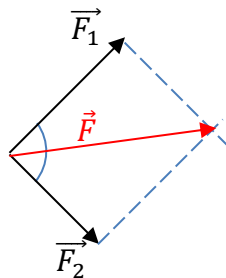
Exemple

$$\|\vec{F}_1\| = \sqrt{(-3)^2 + 4^2} = \sqrt{25} = 5N$$

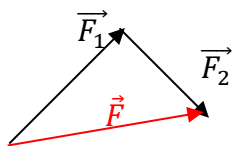
$$\|\vec{F}_2\| = \sqrt{2^2 + (-2)^2} = \sqrt{8} = 2.83N$$

I.4.3 Méthode géométrique

I.4.3.1 Règle de parallélogramme



I.4.3.2 Triangle des forces



Norme

$$\|\vec{F}\| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \times F_2 \times \cos(\vec{F}_1, \vec{F}_2)}$$

Application

Deux forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ agissent sur le même point A tel que :

$$\vec{F}_1 \left| \begin{array}{l} \text{direction: Oblique faisant } 60^\circ \text{ par rapport à l'horizontale} \\ \text{Sens: vers le haut à droite} \\ \mathbf{F_1 = 3N} \end{array} \right.$$

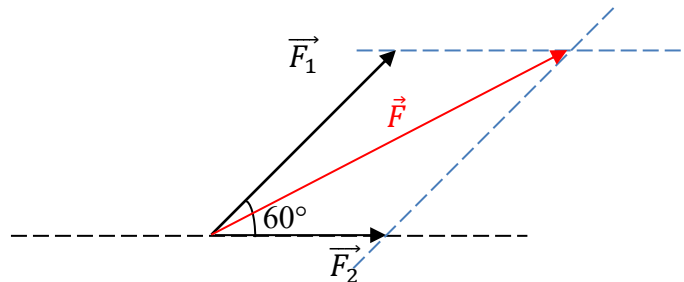
$$\vec{F}_2 \left| \begin{array}{l} \text{direction: horizontale} \\ \text{Sens: vers la droite} \\ F_1 = 2N \end{array} \right.$$

1) A l'échelle 1cm $\rightarrow$ 1N, tracez, $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}$ somme de $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$

2) Calculer l'intensité de $\vec{F}$

Réponse :

1) Représentation de $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}$



Avec

$$1\text{cm} \rightarrow 1\text{N}$$

$$? \rightarrow F_1 = 3\text{N}$$

$$F_1 = 3\text{cm}$$

$$1\text{cm} \rightarrow 1\text{N}$$

$$? \rightarrow F_2 = 2\text{N}$$

$$F_2 = 2\text{cm}$$

2) Intensité de $\vec{F}$ somme de $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$

$$\|\vec{F}\| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \times F_2 \times \cos(\vec{F}_1, \vec{F}_2)}$$

$$\|\vec{F}\| = \sqrt{3^2 + 2^2 + 2 \times 3 \times 2 \times \cos(60^\circ)}$$

$$= \sqrt{19}$$

$$\|\vec{F}\| = 4,36\text{N}$$

I.5 Classification des forces

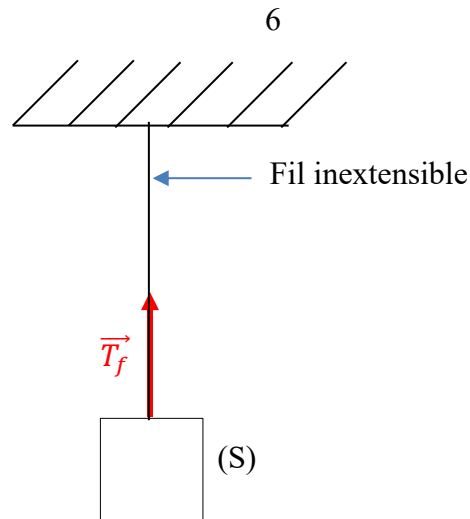
I.5.1 Force de contact :

Une force est dite **force de contact** lorsqu'il a contact direct entre receveur et l'auteur de la force

I.5.1.1 Tension du fil ($\vec{T}_f$)

C'est une force exercée par un fil tendu sur un solide

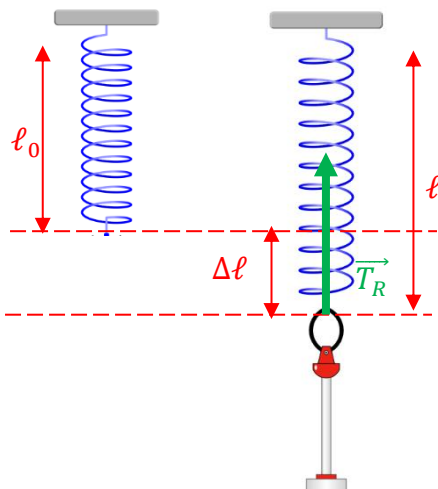
$$\vec{T}_f \left| \begin{array}{l} * \text{Point d'attache} \\ * \text{fil tendu} \\ * \text{vers le milieu du fil} \\ * 0 < T_f < \text{Tension de coupure} \end{array} \right.$$



I.5.1.2 Tension du ressort $\vec{T}_R$

C'est une force exercée par un ressort déformé sur un solide (c'est une force de rappel)

Ressort Allongé



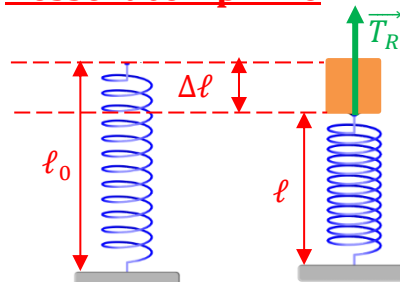
$$\Delta \ell = \ell - \ell_0$$

$\Delta \ell$: Allongement

ℓ : Longueur finale

ℓ_0 : longueur à vide

Ressort comprimé



$$\Delta \ell = \ell_0 - \ell$$

$\Delta \ell$: Raccourcissement

ℓ : Longueur finale

ℓ_0 : longueur à vide

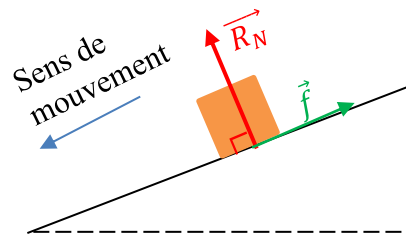
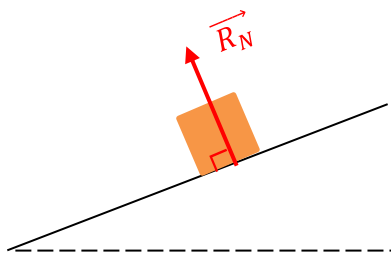
- $\vec{T}_R$
- Point d'accrochage
 - Suivant l'axe de ressort
 - Opposé de sens de la déformation
 - $T_R = K \times \Delta \ell$
 K : constante de raideur du ressort
 $\Delta \ell$: Allongement ou raccourcissement

I.5.1.3 Réaction d'un Support

C'est une force exercée par un support sur un solide

Support lisse (sans frottement)

Support rugueux (avec frottement)



$\vec{R}_N$: Réaction normale

$\vec{f}$: Force de frottement

- Les points de contacts entre support et le solide
- $\perp$ au support
- Support vers solide

- $\vec{f}$
- Les points de contacts entre support et le solide
 - Parallèle au support
 - Opposé au sens de déplacement

II. AQUILIBRE D'UN SOLIDE

Un solide est en équilibre lorsqu'il n'effectue aucun mouvement ou il est en mouvement rectiligne uniforme dans sa vitesse constante

II-1. Equilibre d'un solide soumis à des force

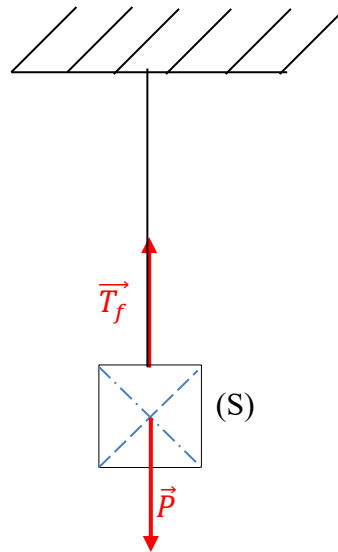
II-1-1. Condition d'équilibre d'un solide soumis à deux forces

Un solide soumis à deux forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ est en équilibre si la somme vectorielle de $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ Est un vecteur nul

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$

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

Exemple



(S) est en équilibre si $\vec{T}_f + \vec{P} = \vec{0}$

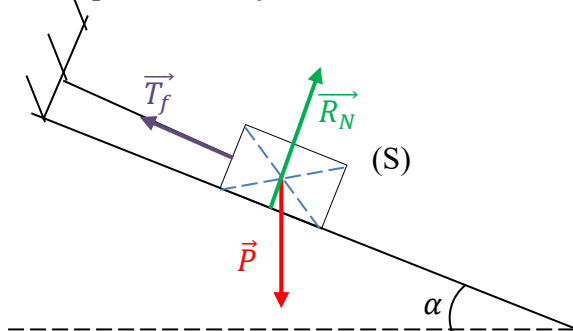
II-1-2. Condition d'équilibre d'un solide soumis à trois forces

Un solide soumis à trois forces $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}_3$ est en équilibre si la somme vectorielle de $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}_3$ est un vecteur nul

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$

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

Les droites d'action de $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}_3$ sont concourantes (se coupent en un point) et coplanaires (situé dans un même plan)



Exemple

(S) est en équilibre si $\vec{T}_f + \vec{R}_N + \vec{P} = \vec{0}$

Les droites d'action de $\vec{T}_f$, $\vec{R}_N$ et $\vec{P}$ sont concourantes et coplanaires

II-2. Equilibre d'un solide susceptible de tourner autour d'un axe fixe (Δ)

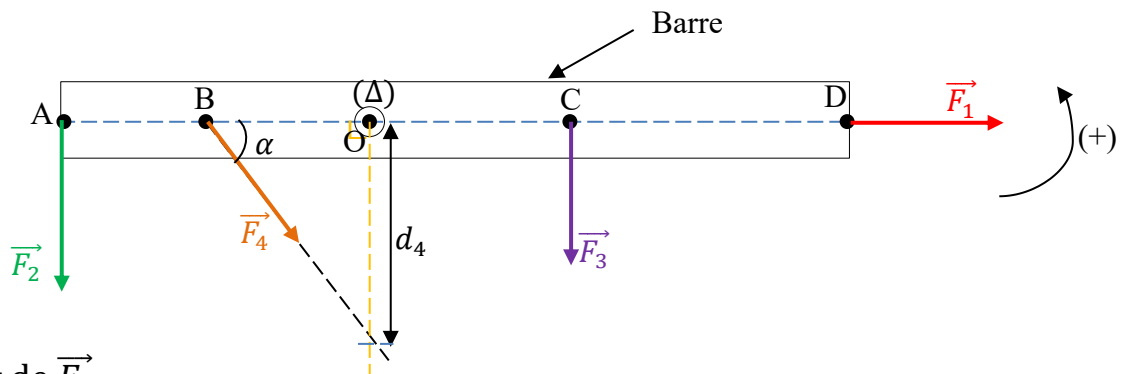
II-2-1. Moment d'une force

Le moment d'une force $\vec{F}$ par rapport à l'axe (Δ) est la grandeur qui traduit sa capacité de faire tourner un solide autour de cet axe. Pour une force $\vec{F}$, orthogonale à l'axe (Δ), le moment par rapport à cet axe s'exprime par :

$$\mathcal{M}_{/\Delta}(\vec{F}) = \pm d \cdot F$$

$\mathcal{M}_{/\Delta}(\vec{F})$ s'exprime en mN, d en m et F en N

d, appelé **bras de levier**, est la distance de la direction de la force $\vec{F}$ et celle de l'axe (Δ)



Moment de $\vec{F}_1$

$\mathcal{M}_{/\Delta}(\vec{F}_1) = 0$ car sa droite d'action coupe l'axe (Δ). Il en est de même si sa droite d'action est **parallèle à l'axe (Δ)**

Moment de $\vec{F}_2$

$$\begin{aligned}\mathcal{M}_{/\Delta}(\vec{F}_2) &= +F_2 \times d_2 \\ &= F_2 \times AO\end{aligned}$$

Le signe est positif car F_2 tend faire tourner la barre suivant le sens (+)

Moment de $\vec{F}_3$

$$\begin{aligned}\mathcal{M}_{/\Delta}(\vec{F}_3) &= -F_3 \times d_3 \\ &= -F_3 \times CO\end{aligned}$$

Le signe est négatif car F_3 tend faire tourner la barre suivant le sens inverse du (+)

Moment de $\vec{F}_4$

$$\mathcal{M}_{/\Delta}(\vec{F}_4) = +F_4 \times d_4$$

$$\text{Avec } \tan \alpha = \frac{d_4}{BO} \Rightarrow d_4 = BO \tan \alpha$$

$$\mathcal{M}_{/\Delta}(\vec{F}_4) = +F_4 \times BO \tan \alpha$$

II-2-2. Condition d'équilibre d'un solide susceptible de tourner autour d'un axe fixe

Un solide susceptible de tourner autour d'un axe fixe est en équilibre lorsque **la somme algébrique des moments toutes les forces appliquées à ce solide est nulle** (c'est le théorème des moment)

$$\sum \mathcal{M}_{/\Delta}(\vec{F}_{app}) = 0$$

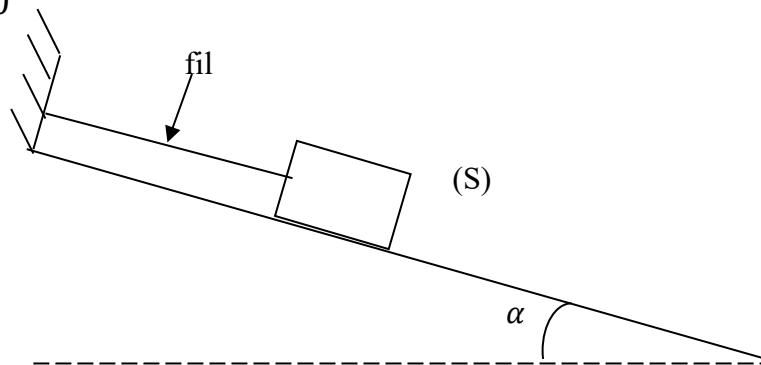
II-3. Méthode de résolution d'un problème d'équilibre.

Pour résoudre (trouver l'inconnue) le problème d'équilibre il faut

- Faire un schéma clair
- Préciser le système (solide à étudier)
- Faire l'inventaire des forces appliquées au système. Les représenter sur le schéma clair
- Ecrire la ou les conditions d'équilibre
- Choisir un repère convenable, si besoin pour faire la projection de chaque force exercée sur le système
- Trouver l'inconnue

Application

L'extrémité d'un solide (S) est attachée à l'aide d'un fil inextensible. Il est en équilibre sur un plan incliné d'angle $\alpha = 60^\circ$ par rapport à l'horizontale (voir figure)



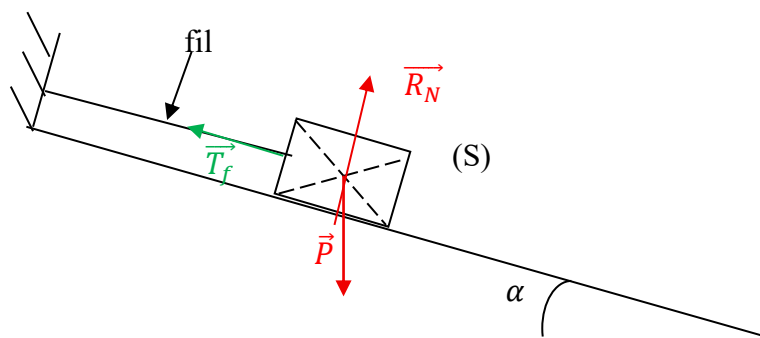
Trouver l'intensité de chaque force s'exerçant sur le solide (S)

On donne

- Masse du solide $m = 200\text{g}$
- Intensité de pesanteur $g = 10\text{N/kg}$

Réponse

1- Schéma clair



1- Système solide {(S)}

2- Bilan des forces extérieures au système

(S) est soumis à trois forces

- Poids $\vec{P}$

- Tension du fil $\vec{T}_f$

- Réaction normale de la support $\vec{R}_N$

3- Condition d'équilibre

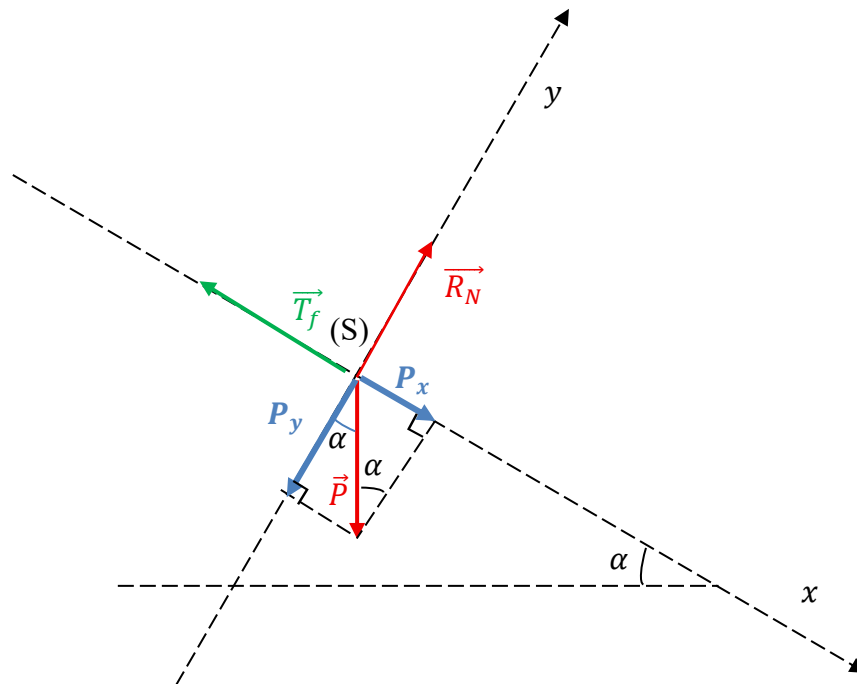
$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$

$$\vec{T}_f + \vec{R}_N + \vec{P} = \vec{0}$$

Les droites d'actions de $\vec{T}_f$, $\vec{R}_N$ et $\vec{P}$ sont concourante et coplanaire

4- Repère de projection

$$\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j})$$



Projection suivant le repère

$$\vec{T}_f \begin{pmatrix} -T_f \\ 0 \end{pmatrix} + \vec{R}_N \begin{pmatrix} 0 \\ R_N \end{pmatrix} + \vec{P} \begin{pmatrix} P \sin \alpha \\ -P \cos \alpha \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

On a

$$\begin{cases} -T_f + 0 + P \sin \alpha = 0 & (1) \\ 0 + R_N - P \cos \alpha = 0 & (2) \end{cases}$$

5- Recherche d'inconnue

- $P = mg$
 $= 0,2 \times 10$

$$P = 2N$$

Dans (1) on a $-T_f + P\sin\alpha = 0$

$$T_f = P\sin\alpha = 2 \times \sin 60^\circ = 1,73N$$

Dans (2) On a $-P\cos\alpha + R_N = 0$

$$R_N = P\cos\alpha = 2 \times \cos 60^\circ = 1N$$