

ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE EN ROTATION

Table des matières

I - Définition	5
II - Les leviers	7
A. La loi du levier.....	7
B. Applications pratiques des leviers.....	9

Définition

Si la somme des moments de toutes les forces qui s'appliquent à un solide au repos est positive,
le solide va commencer à tourner dans le sens positif.

$$\sum_{i=1}^N M_{\Delta}(\vec{F}_i) > 0 \Leftrightarrow \text{rotation dans le sens positif}$$

Si la somme des moments de toutes les forces qui s'appliquent à un solide au repos est négative,
le solide va commencer à tourner dans le sens négatif.

$$\sum_{i=1}^N M_{\Delta}(\text{vec}F_i) < 0 \Leftrightarrow \text{rotation dans le sens négatif}$$

Il s'en suit la «loi d'équilibre pour un corps en rotation» :

Un solide qui peut tourner autour d'un axe est en équilibre de rotation si et seulement si la somme des moments de toutes les forces qui s'appliquent au solide vaut nulle.

équilibre de rotation $\Leftrightarrow \sum_{i=1}^N M_{\Delta}(\vec{F}_i) = 0$ échelle: 1cm $\hat{=}$ 1N; 1cm $\hat{=}$ 1cm

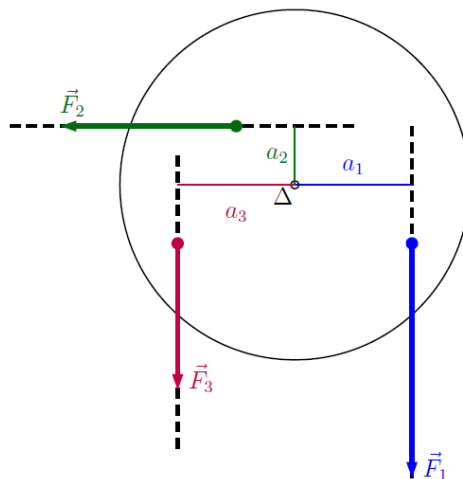


FIGURE I – Equilibre de rotation

Dans l'exemple de la figure I :

$$M_{\Delta}(\vec{F}_1) = -F_1 * a_1 = -4 \text{ N} * 2 \text{ cm} = -8 \text{ Ncm} = -0,08 \text{ Nm}$$

$$M_{\Delta}(\vec{F}_2) = +F_2 * a_2 = 3 \text{ N} * 1 \text{ cm} = 3 \text{ Ncm} = 0,03 \text{ Nm}$$

$$M_{\Delta}(\vec{F}_3) = +F_3 * a_3 = 2,5 \text{ N} * 2 \text{ cm} = 5 \text{ Ncm} = 0,05 \text{ Nm}$$

$$\sum_{i=1}^3 M_{\Delta}(\vec{F}_i) = -0,08 \text{ Nm} + 0,03 \text{ Nm} + 0,05 \text{ Nm} = 0$$

Le solide est en équilibre de rotation !

Les Leviers

La loi du levier	7
Applications pratiques des leviers	9

A- La loi du Levier

Un levier est une barre rigide qui peut tourner autour d'un axe

Accrochons un corps de masse $m=200\text{g}$ à un dynamomètre : 200g à un dynamomètre : tourner autour d'un axe.

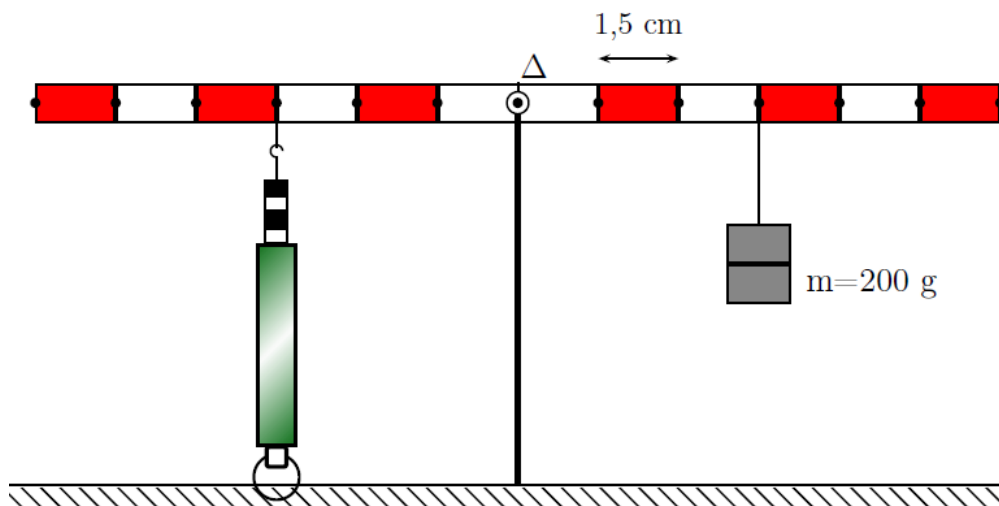


FIGURE II. Masse accroché à un levier en équilibre

A l'aide du dynamomètre, on mesure la force nécessaire à appliquer au levier pour maintenir l'équilibre.

Le corps exerce la force \vec{F}_1 (égale à son poids : $\vec{F}_1 = \vec{P}$ et $F_1 = P$) sur le levier.

Son bras de levier est la distance a_1 . Le dynamomètre exerce la force \vec{F}_0 sur le levier. Son bras de levier est la distance a_0 . Mesurons la norme de la force \vec{F}_0 nécessaire à l'équilibre pour différents points d'accrochage du corps et du dynamomètre, c'est-à-dire pour différents bras de levier a_0 et a_1 :

$F_0(\text{N})$	$a_0(\text{m})$	$F_1(\text{N})$	$a_1(\text{m})$	$M_{\Delta}(F_0)(\text{Nm})$	$M_{\Delta}(F_1)(\text{Nm})$	$\sum M_{\Delta}(\text{Nm})$

Exemples :

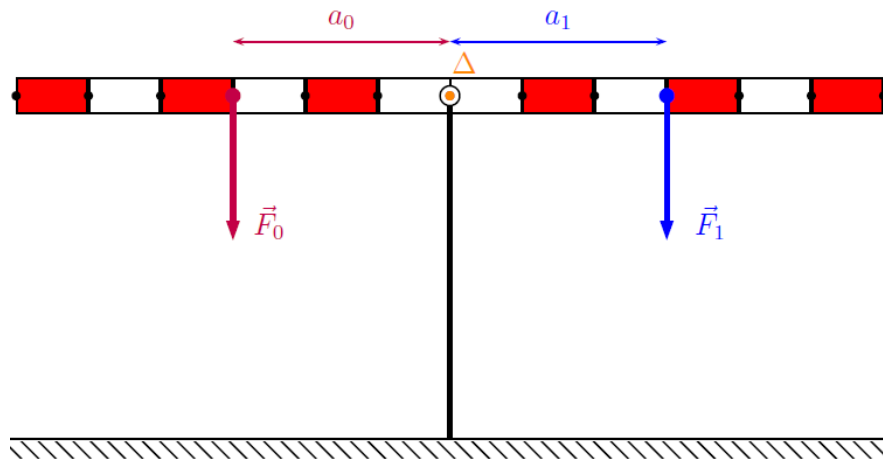


FIGURE III.1 LEVIER EN EQUILIBRE / $a_0 = a_1 : F_0 = F_1$

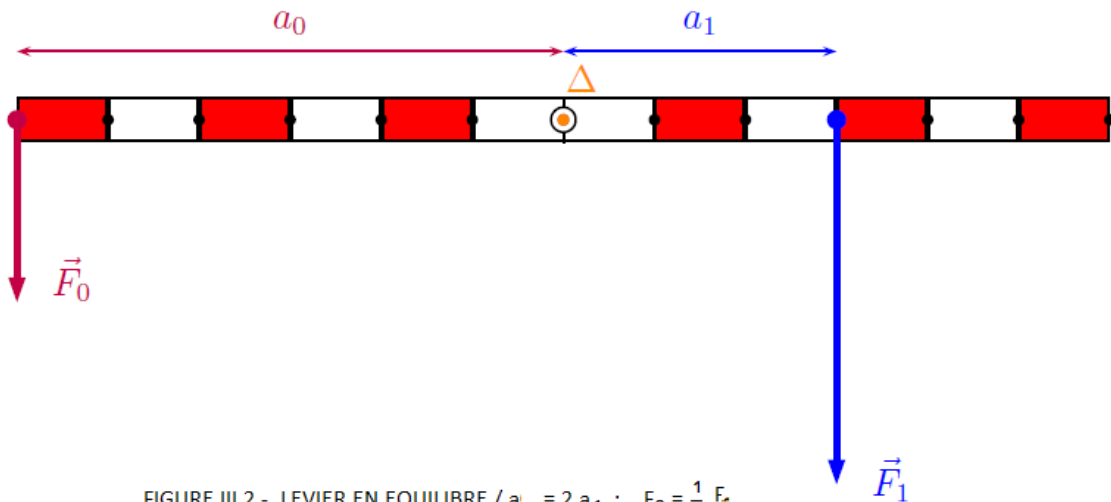


FIGURE III.2 - LEVIER EN EQUILIBRE / $a_0 = 2 \cdot a_1 : F_0 = \frac{1}{2} F_1$

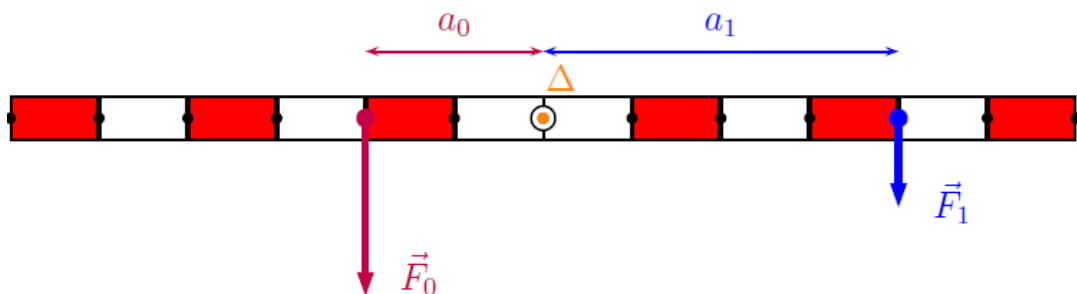


FIGURE III.3 - LEVIER EN EQUILIBRE / $a_0 = \frac{1}{2} \cdot a_1 : F_0 = 2 \cdot F_1$

On constate :

Un levier (tout comme n'importe quel autre corps en rotation) est en équilibre sous l'action de deux forces si et seulement si la somme des moments des deux forces vaut nulle.

Pour un levier en équilibre sous l'action de deux forces \vec{F}_0 et \vec{F}_1 , on a donc : $M_{\Delta}(\vec{F}_0) + M_{\Delta}(\vec{F}_1) = 0$

$$\Leftrightarrow F \cdot a_0 - F_1 \cdot a_1 = 0$$

$$\Leftrightarrow F \cdot a_0 = F_1 \cdot a_1$$

$$\Leftrightarrow F = F_1 \cdot \frac{a_1}{a_0} \quad \text{ou encore :} \quad \frac{F_0}{F_1} = \frac{a_1}{a_0} \quad \text{C'est la loi du levier !}$$

— si $a_0 > a_1$, alors $F_0 < F_1$: pour équilibrer le levier, F_0 doit être moins grande que F_1

— si $a_0 = a_1$, alors $F_0 = F_1$: pour équilibrer le levier, F_0 doit être égale à F_1

— si $a_0 < a_1$, alors $F_0 > F_1$: pour équilibrer le levier, F_0 doit être plus grande que F_1

B- Applications pratiques des leviers

Dans l'expérience précédente, le levier a été en équilibre sous l'action des deux forces \vec{F}_0 et \vec{F}_1

\vec{F}_1 est la force appliquée par le corps et sur le levier. Mais, d'après le principe des actions réciproques, le levier réagit et exerce la force \vec{F}_2 sur le corps tel que : $\vec{F}_2 = - \vec{F}_1$ et $F_2 = F_1$

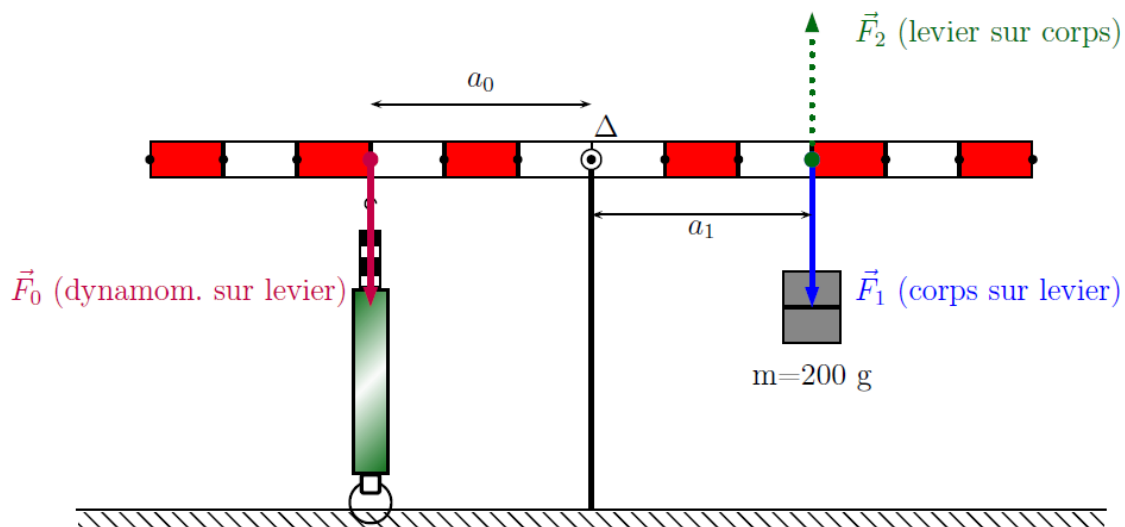


Figure IV – Forces entre objet et levier

D'après la loi des leviers :

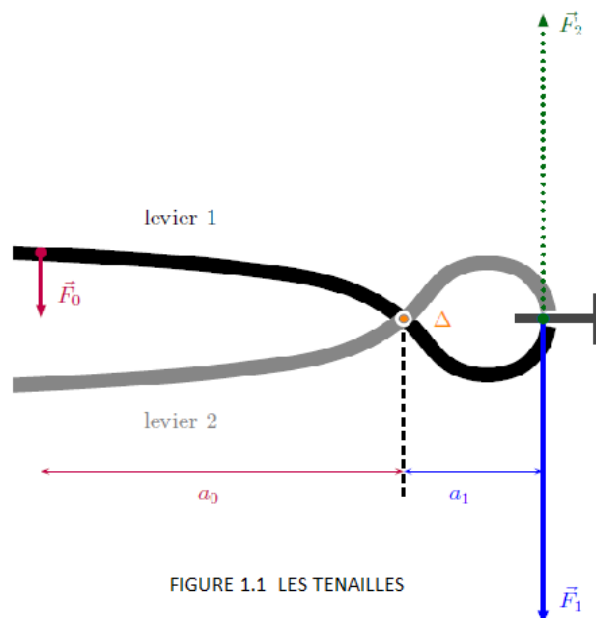
Si $a_0 > a_1$, alors $F_2 > F_0$: le levier est devenu un amplificateur de forces.

$$F_1 = F_0 \cdot \frac{a_0}{a_1}$$

donc : $F_2 = F_0 \cdot \frac{a_0}{a_1}$

Exemples :

1. Les tenailles :



Le levier 1 est en équilibre sous l'action de deux forces :

- la force \vec{F}_0 , exercée par l'opérateur sur la manche
- la force \vec{F}_1 exercée par le clou sur le bec

La force \vec{F}_1 étant exercée par le clou sur le levier, le levier réagit et exerce la force

$\vec{F}_2 = - \vec{F}_1$ sur le clou. C'est finalement cette force \vec{F}_2 qui fait percer le clou.

Et comme $a_0 > a_1$, $F_2 > F_0$.

2. Ouvrir le couvercle coincé d'une boîte de peinture par un tourne-vis :

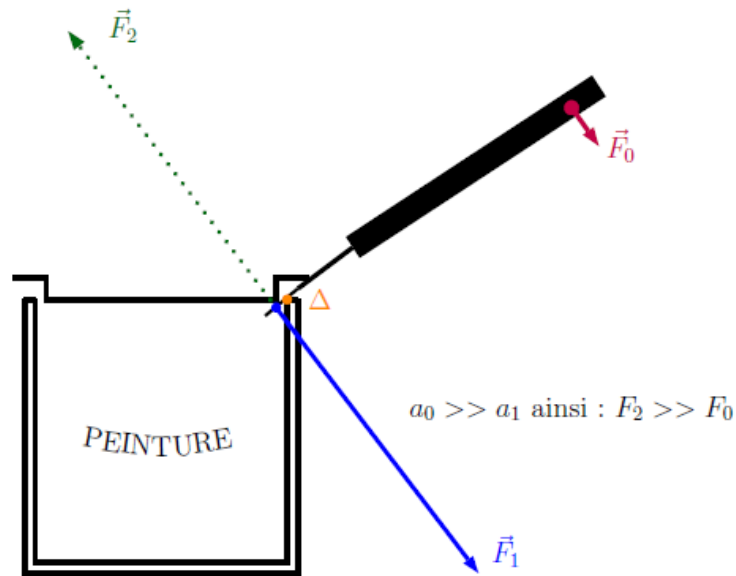


FIGURE 2.1 OUVERTURE D'UNE BOITE DE PEINTURE PAR UN TOURNE-VIS

Le tourne-vis est en équilibre sous l'action de deux forces :

- la force \vec{F}_0 , exercée par l'opérateur sur la poignée
- la force \vec{F}_1 exercée par le couvercle sur la pointe

La force \vec{F}_1 étant exercée par le couvercle sur la pointe, la pointe réagit et exerce la force $\vec{F}_2 = -\vec{F}_1$ sur le couvercle. C'est finalement cette force \vec{F}_2 qui fait bouger le couvercle.

3. Soulever une charge par une brouette :

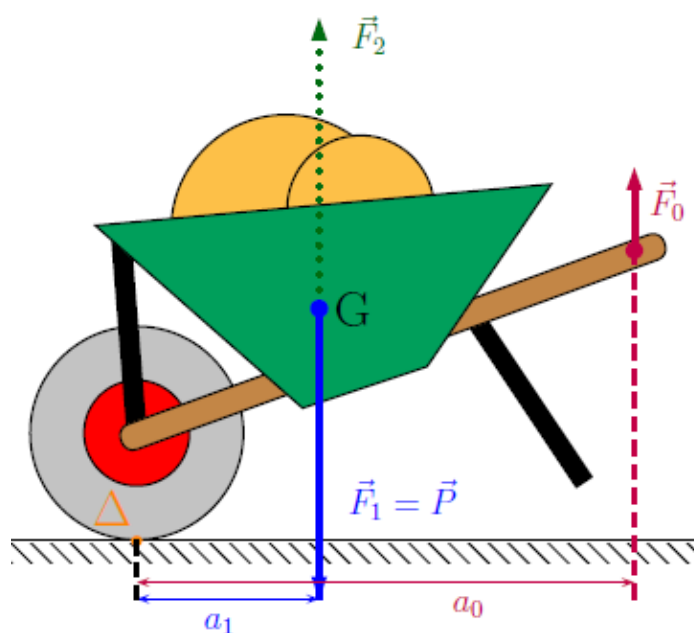


FIGURE 3.1 LA BROUETTE

La brouette soulevée est en équilibre sous l'action de deux forces :

- la force \vec{F}_0 , exercée par l'opérateur sur la manche
- la force \vec{F}_1 , égale au poids de la charge exercé sur la brouette

La force \vec{F}_1 étant exercée par la charge sur la brouette, la brouette réagit et exerce la force $\vec{F}_2 = - \vec{F}_1$ sur la charge. C'est finalement cette force \vec{F}_2 qui soulève la charge.

4. Le casse-noisettes :

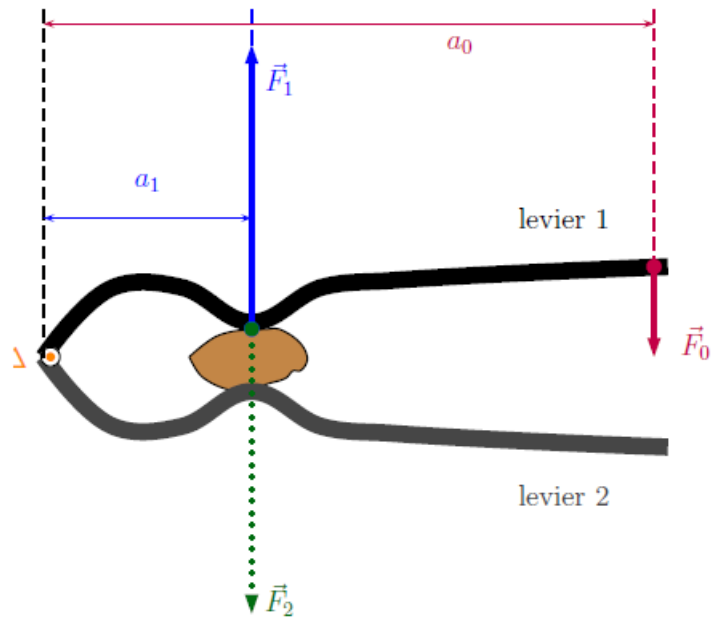


FIGURE 4.1 LE CASSE NOISETTES

Le levier 1 du casse-noisettes est en équilibre sous l'action de deux forces : compléter les phrases et les mots

-
-

La force \vec{F}_1 étant exercée par _____ sur _____ ,
 _____ réagit et exerce la force $\vec{F}_2 = - \vec{F}_1$ sur _____ .C'est
 finalement cette force \vec{F}_2 qui _____ .
 Et comme $a_0 > a_1$, _____ .