

## Equilibre d'un solide en rotation autour d'un axe fixe - COURS -

### I. Rotation autour d'un axe :

#### 1. Axe de rotation :

Un solide est mobile autour d'un axe fixe  $\Delta$  si deux au moins de ses points restent immobiles au cours d'un mouvement quelconque de ce solide.

La droite qui joint les deux points fixes constitue l'axe de rotation  $\Delta$ .

Exemple: une porte est mobile autour de ses gonds dans un référentiel terrestre.

#### 2. Force orthogonale à l'axe de rotation :

##### 2.1- Observations (Activités 1 et 2) :

- si on exerce sur un solide une force dont la droite d'action est parallèle à l'axe de rotation, celui-ci ne tourne pas.
- si on exerce sur ce solide une force dont la droite d'action coupe l'axe de rotation, il ne tourne pas non plus.
- une force perpendiculaire à l'axe de rotation provoque une rotation.

Les résultats précédents nous suggèrent la définition d'une nouvelle grandeur physique appelée moment d'une force par rapport à un axe de rotation.

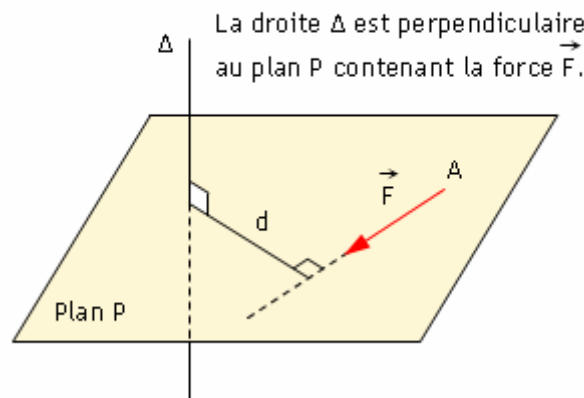
Le moment d'une force par rapport à un axe, peut être définie comme la capacité d'une force à faire tourner le solide autour de l'axe, dans un sens ou dans l'autre.

Le moment d'une force par rapport à un axe de rotation dépend de l'intensité de la force et de la position de la droite d'action, par rapport à l'axe de rotation.

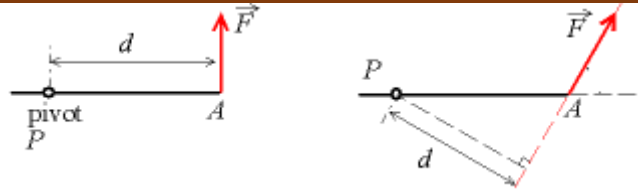
##### 2.2- Définition d'une force orthogonale à un axe :

Une force est orthogonale à l'axe si sa droite d'action est contenue dans un plan perpendiculaire à cet axe.

Visualiser l'axe  $\Delta$  et la force  $\vec{F}$  dans l'espace



La distance **d** est la longueur du segment séparant la droite d'action de la force et l'axe de rotation, elle est perpendiculaire à la fois à l'axe de rotation ( $\Delta$ ) et la droite d'action de la force.



## II . Moment d une force par rapport à un axe :

### 1. Activité 3 :

### 2. Définition du moment d'une force :

Le moment d'une force orthogonale par rapport à un axe  $\Delta$  est le produit de l'intensité  $F$  de cette force par la longueur  $d$  :

$$\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) = F \times d$$

Unité du moment d'une force : le newton.mètre (N.m)

Remarques : - Cette définition n'est valable que pour des forces orthogonales à l'axe de rotation.  
- Une force parallèle à l'axe ou dont sa ligne d'action rencontre l'axe de rotation a un moment nul par rapport à cet axe.

### 3. Le moment d'une force est une grandeur algébrique :

Afin de distinguer les deux possibilités de sens de rotation nous évaluerons algébriquement le moment d'une force par rapport à l'axe par l'une des expressions suivantes:

- $\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) = F \times d > 0$  : lorsque  $\vec{F}$  tend à faire tourner le solide dans le sens arbitraire positif choisi.
- $\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) = -F \times d < 0$  : lorsque  $\vec{F}$  tend à faire tourner le solide dans le sens contraire au sens arbitraire positif choisi.

## III.Équilibre d un solide mobile autour d un axe fixe :

### 1. Activité 4 :

### 2. Théorème des moments :

Lorsqu' un solide, mobile autour d'un axe fixe, est en équilibre, la somme algébrique des moments par rapport à cet axe, de toutes les forces extérieures appliquées à ce solide est nulle :

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

### 3. Conditions générales d'équilibre :

Lorsqu' un solide est en équilibre, deux conditions doivent être satisfaites :

- Immobilité du centre de gravité  $G$  :  $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$
- Absence de rotation autour de l'axe :  $\sum \mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}_{ext}) = 0$

## IV. Méthode de résolution d'un problème à moments :

Pour résoudre un problème faisant intervenir des forces qui agissent sur un solide mobile autour d'un axe, nous allons systématiquement appliquer la procédure suivante :

- Indiquer le système étudié.
- Faire le bilan des forces.
- Déterminer l'axe de rotation et fixer un sens positif de rotation.
- Exprimer le moment des différentes forces et indiquer s'il est positif ou négatif.
- Appliquez les conditions générales d'équilibre.