I- Définition

> La dynamique est la partie de la mécanique qui permet **d'étudier <u>les mouvements</u> des solides en relation avec les <u>actions</u> qui les produisent**.

Sur un plan historique, les découvertes des principes de la dynamique sont plus récentes que celles relatives à la statique. ***Galilée*** *(1564-1642) fut le premier à effectuer une approche scientifique des phénomènes. Ses travaux, déterminants, sont à l'origine des résultats de Huygens et* ***Newton****. Ce dernier fut le premier à formuler correctement le principe fondamental de la dynamique et la loi de gravitation universelle.*

En ce qui concerne la technologie et ses applications, la dynamique est encore plus récente. Elle apparaît avec la construction des machines travaillant à vitesses élevées. Les grandes vitesses entraînent des accélérations considérables et ces accélérations engendrent des efforts très importants. Il est donc nécessaire de déterminer et de prévoir les effets de ces efforts.

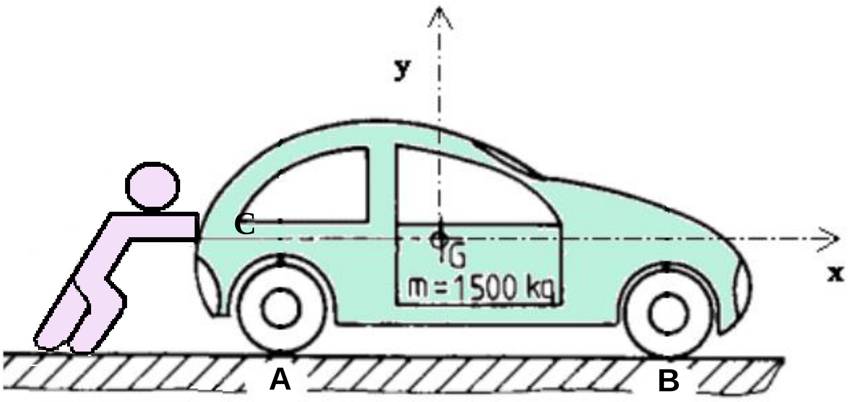
II- Principe Fondamental de la Dynamique dans le cas d'un solide en translation :

<u>1°/ Mise en évidence du phénomène :</u>

Imaginons une automobile en panne.

Pour la stationner correctement, l'automobiliste décide de pousser la voiture en roue libre.

<u>Résultat expérimental :</u> Si l'automobiliste essaye de mettre en mouvement le véhicule, il se rend compte qu'il existe une *"force"* qui tend à s'opposer au déplacement de la voiture. Il s'aperçoit aussi que cette *"force"* est proportionnelle à la masse du véhicule et à l'accélération qu'il veut lui faire subir.



2°/ Expression du principe Fondamental de la Dynamique (PFD) dans le cas d'un solide en translation :

Soit un solide S en translation, d'une masse M et soumis à une accélération $\overrightarrow{a_{G,S/0}}$.

Principe Fondamentale de la Dynamique (PFD) dans le cas d'un solide en translation

$$\begin{cases} \sum \overrightarrow{R_{(\text{actions ext} \to \text{syst})}} = M \,.\, \overrightarrow{a_{G,S/0}} \\ \sum \overrightarrow{M_{G(\text{actions ext} \to \text{syst})}} = \vec{0} \end{cases}$$

3°/ Application dans le cas de l'automobile en panne :

Hypothèse : pas de frottement.
Le véhicule a une masse de 1500 kg.
L'homme exerce un effort de 80 daN.
Isolons l'automobile.
Enumérer et représenter les efforts extérieures agissant sur l'auto.
Appliquer le PFD et déterminer l'accélération de la voiture.

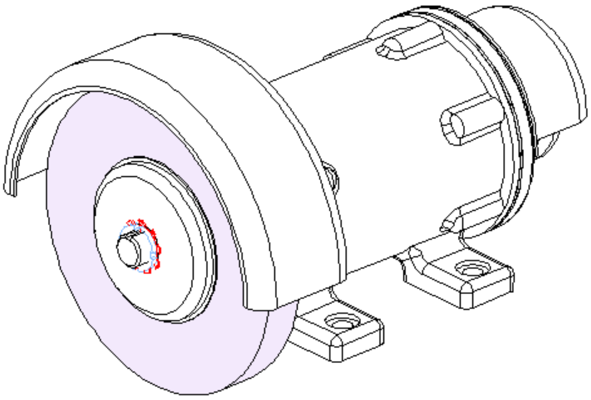
4°/ La statique, un cas particulier de la dynamique :

Dans le cas de la statique, le solide isolé est immobile $\Rightarrow$ $\overrightarrow{a_{G,S/0}} = \vec{0}$

PFD : $\begin{cases} \overrightarrow{R_{(\text{actions ext} \to \text{syst})}} = M.\overrightarrow{a_{G,S/0}} = \vec{0} \\ \overrightarrow{M_{G(\text{actions ext} \to \text{syst})}} = \vec{0} \end{cases}$ $\Rightarrow$ ***PFS***

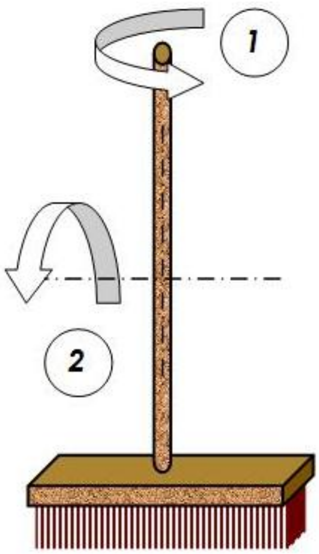
II- Principe Fondamental de la Dynamique dans le cas d'un solide en rotation :

1°/ Mise en évidence du phénomène :



Le touret à meuler ci-contre est utilisé pour réaliser de petits usinages (chanfreins, méplats,…) sur des pièces de matériaux divers (dont aciers).
Fonctionnement : un moteur entraîne un disque abrasif 1 à grande vitesse.
Résultat expérimental : Le touret tourne a sa vitesse maximale. Si on coupe le moteur, on s'aperçoit que le disque abrasif continue de tourner et décrit un mouvement de rotation uniformément décéléré.
La décélération est due aux frottements dans les liaisons pivots mais ceux-ci mettent un temps très long (env. 1 à 2 minutes) à vaincre les efforts dynamiques.
La valeur de la décélération dépendra de la répartition de la masse du disque.

Autre exemple :

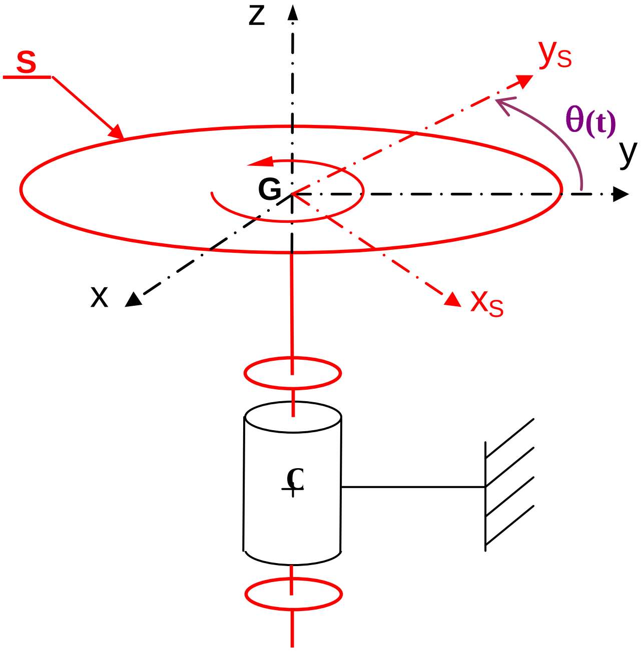


Lorsque l'on prend un balai en main au milieu du manche et qu'on le fait tourner comme sur la figure ci-contre. Il est plus aisé de le faire tourner autour de l'axe du manche (1), qu'autour de l'axe transversal indiqué (2).

Cela est dû au fait que dans le deuxième cas, la matière constituant le balai se trouve plus éloignée de l'axe de rotation. Comme pour un solide en rotation, la vitesse linéaire d'un point croît en proportion avec cet éloignement, il est nécessaire de communiquer une plus grande énergie cinétique aux points éloignés. D'où la plus grande *"résistance"* du balai à tourner autour d'un axe transversal qu'autour de l'axe du manche.

2°/ Expression du principe Fondamental de la Dynamique (PFD) dans le cas d'un solide en rotation :

Soit un solide S en rotation autour d'un axe fixe $\vec{z}$.
Soit $\alpha = \theta''(t)$ l'accélération du solide S.
Soit I son **moment d'inertie** par rapport à l'axe de rotation (I s'exprime en **kg.m²**).



Principe Fondamentale de la Dynamique (PFD)
dans le cas d'un solide en rotation

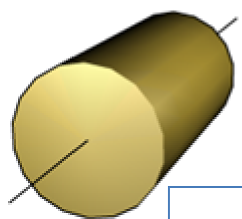
$$\begin{cases} \sum \overrightarrow{R_{(\text{actions ext}\rightarrow\text{syst})}} = \vec{0} \\ \sum \overrightarrow{M_{G(\text{actions ext}\rightarrow\text{syst})}} = I.\alpha.\vec{z} \end{cases}$$

Pour en savoir plus …

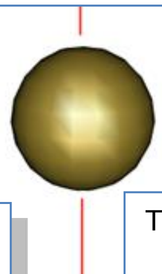
Le **moment d'inertie** quantifie la *résistance* d'un corps soumis à une mise en rotation. Il se calcule grâce à la formule suivante : $I = \int r^2 dm$, où r est la distance d'un volume élémentaire par rapport à l'axe de rotation, dm est la masse de ce volume élémentaire.

Quelques moments d'inertie de volumes élémentaires :

$\frac{mR^2}{2}$



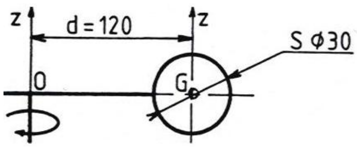
$\frac{2mR^2}{5}$



$\frac{m(R_1^2+R_2^2)}{2}$

Théorème d'Huygens :

$I_{OZ}=I_{GZ}+m.d^2$



3°/ Application dans le cas du touret :

La vitesse maximale du touret est de 1500 tr/min. L'arrêt total du disque s'effectue 70 secondes après avoir éteint le moteur. Le disque a un moment d'inertie de 0,023 kg.m² .

Déterminer le couple résistant exercé par les paliers du touret.