

Éléments de mécanique classique**Consommation d'énergie et émissions - Transports et déplacements**

Ce texte est conçu comme un document compagnon du livre « L'électricité, au cœur de notre futur bas-carbone ». Il n'est pas conçu comme un document indépendant. Il complète le chapitre mentionné ci-dessus.

Les trois lois du mouvement de Newton**Première loi (principe d'inertie)**

En l'absence de force agissant sur lui, un corps reste au repos ou se meut en mouvement rectiligne à vitesse constante.

Seconde loi (loi fondamentale du mouvement)

La force, F , agissant sur un corps est égale au produit de sa masse, m , par son accélération, a , soit :

$$F = m \cdot a$$

Où : m est mesurée en kilo, kg.

a est mesurée en m/s^2 .

F est mesurée en $kg \cdot m/s^2$, appelé Newton, N.

Troisième loi (action et réaction)

Si un corps exerce une force sur un autre, celui-ci exerce sur le premier une force d'intensité égale et dans la direction opposée.

Forces et déplacements : travail et puissance**Travail**

Le travail d'une force est défini par:

$$\text{Travail} = F \cdot d$$

Où: Travail est le travail effectué par la force, mesuré en Nm, ou $kg \cdot m^2/s^2$, appelé Joule, J.

F est la force, mesurée en Newton.

d est le déplacement du point d'application de la force, mesuré en m.

Ainsi, soit une masse d'un kg. Son poids est 9,81 N puisque l'accélération de la pesanteur est $9,81 m/s^2$ sur la Terre. Si une personne soulève cette masse au-dessus de sa tête, soit 2 m, le travail correspondant est :

$$9,81 m/s^2 \cdot 2 m = 19,62 J.$$

Il est important de noter que d est le *déplacement* de l'objet entre le point de départ et le point d'arrivée et non pas la distance parcourue ; le trajet pour parvenir à l'arrivée n'intervient pas. Si la personne précédente fait partiellement descendre l'objet en cours de montée avant de le monter à 2m, comme le font parfois les haltérophiles, cela ne change pas le travail au final.

Puissance

La puissance est définie par

$$P = F \cdot v$$

Où F est la force, mesurée en Newton

v est la vitesse de déplacement du point d'application de la force, en m/s

P est la puissance mesurée en Nm/s appelé Watt, W ; dans le système international d'unités, le Watt est homogène à $kg \cdot m^2 / s^3$

Si la vitesse est constante, la puissance est égale au travail réalisé par unité de temps

$$P = F \cdot v = F \cdot (d/t) = \text{Travail} / t$$

Où d est la distance parcourue, en m

t est la durée du parcours.

Couples et rotations : travail et puissance de rotation

Couple

Un couple est un effort susceptible de faire tourner autour d'un axe l'objet auquel il est appliqué. Dans le cas de la Figure ci-dessous, l'axe est au point O et la force, F_A , d'intensité F appliquée en A est perpendiculaire au segment OA. Le couple exercé par F_A est défini comme le produit de l'intensité de la force par sa distance à l'axe, donc est égal à $F \cdot OA$. De même, pour la force F_B , il est égal à $F \cdot OB$. Cette formule illustre que, lorsqu'un écrou résiste, on prend une clé plus longue.

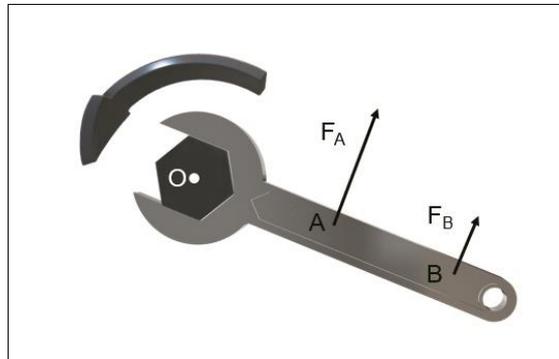


Fig.1 Couple et bras de levier / © YB et HBP

Intuitivement, nous savons que le couple est plus grand si la force est appliquée perpendiculairement à la clé et qu'il est nul si nous poussons ou tirons simplement la clé suivant la longueur. Ceci conduit à introduire la formule plus générale du couple applicable lorsque la force fait un angle θ avec le segment OA, comme sur la Figure suivante. Le couple est alors donné par:

$$\tau = F \cdot r \cdot \sin \theta$$

Où: τ est le couple, mesuré en Newton-mètre, Nm

F est la force appliquée, mesurée en Newton, N.

r est la distance entre l'axe de rotation et le point d'application A de la force, en mètres.

θ est l'angle entre la direction de la force et le segment OA reliant l'axe au point A.

$\sin \theta$ est le sinus de l'angle θ .

Ce dernier est égal à 0 si l'angle est nul, 1 si l'angle est droit, ce qui est conforme à ce qui a été vu précédemment.

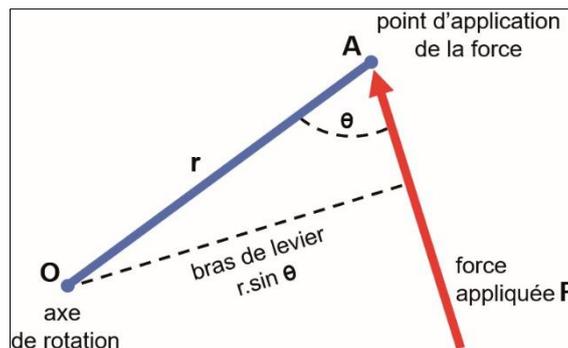


Fig.2 Formule du couple de rotation / © YB et HBP

Travail de rotation

Dans une rotation autour d'un axe, le travail d'un couple est défini par:

$$\text{Travail} = \tau \cdot \theta$$

Où : Travail est le travail effectué par le couple, mesuré en Nm, ou $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$, appelé Joule, J.
Comme indiqué plus haut.

τ est le couple, mesuré en $\text{N} \cdot \text{m}$

θ est l'angle de rotation, mesuré en radian.

Un cercle complet correspond à 360° , soit, par définition, à $2 \cdot \pi$ radians où le nombre π est défini comme la longueur de la circonférence d'un cercle de diamètre 1 ; $\pi = 3,14159\dots$

Puissance de rotation

Dans un mouvement de rotation autour d'un axe, la puissance est donnée par :

$$P = \tau \cdot \omega$$

Où P est la puissance

τ est le couple

ω est la vitesse angulaire mesurée en radians/s.

La vitesse angulaire sur un tableau de bord automobile ou de machine est souvent exprimée plutôt en nombre de tours par minute. Comme un tour complet correspond à 360° et 1 minute à 60 s. La conversion entre tour/mn et radian est donnée par :

$$1 \text{ tour/mn} = 6^\circ/\text{s} \text{ ou } 2 \cdot \pi / 60 \text{ radians/s.}$$

Si la vitesse de rotation ω est constante, la puissance est égale au travail réalisé par unité de temps :

$$P = \tau \cdot \omega = \tau \cdot (\theta/t) = \text{Travail} / t$$