

## Transmissions et transformations de mouvements

On distingue deux types de mouvements d'un solide : mouvement de **translation** selon une direction, et mouvement de **rotation**, autour d'un axe. Des **guidages** permettent d'assurer ces mouvements, et d'éviter les mouvements indésirables. Il est toujours nécessaire d'avoir un très léger espace entre les pièces mécaniques, ce que l'on appelle **jeu**.



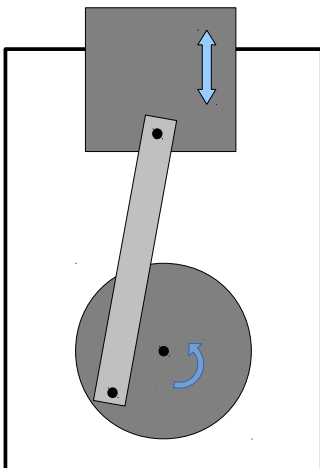
Par exemple, dans cette pompe à vélo, le mouvement de translation horizontal est permis par un guidage, qui n'interdit pas le mouvement de rotation, bien qu'inutile.

De nombreux objets mécaniques sont plus complexes que ce premier exemple. Dans beaucoup d'entre eux, nous allons rencontrer une transformation et/ou une transmission de mouvement.

A l'aide de mécanismes appropriés, on **transforme** un mouvement de rotation (R) en mouvement de translation (T) et vice-versa ; ou encore, sans changer la nature du mouvement, on le **transmet** : avec éventuellement changement de direction du mouvement, du sens, de son amplitude, de sa vitesse. Si aucune caractéristique n'est changée, on parle de transmission simple du mouvement.

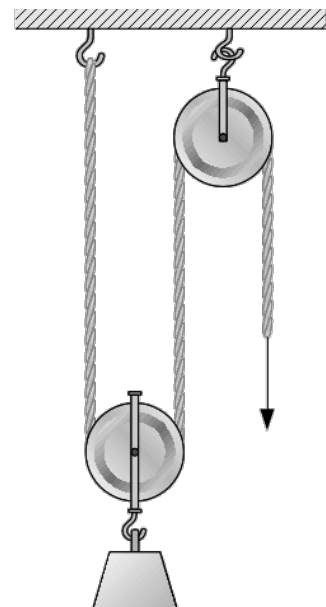
Le mouvement initial (imposé manuellement ou via un moteur) est appelé **mouvement d'entrée**. Le mouvement obtenu, transmis et/ou transformé est appelé **mouvement de sortie**. Certains mécanismes sont réversibles : ils permettent les **transformations** dans les deux sens.

Sans transformation : Mécanismes appropriés		Exemples
T → T	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tige (transmission directe)</li> <li>- Câble</li> <li>- Système hydraulique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pompe à vélo</li> <li>- Frein de vélo</li> <li>- Vérin</li> </ul>
R → R	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arbre (transmission directe)</li> <li>- Engrenage (ensemble de roues dentées)</li> <li>- Poulie + courroie</li> <li>- Roues dentées + chaîne</li> <li>- Roues à friction (galet)</li> <li>- Cardan</li> <li>- Flexible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moulin à légumes</li> <li>- Essoreuse à salade</li> <li>- Machine à coudre</li> <li>- Plateau+pignon+chaîne du vélo</li> <li>- Dynamo de vélo</li> <li>- Commande de volets roulants</li> <li>- Furet de débouchage</li> </ul>
Avec transformation du mouvement : Mécanismes appropriés		
R → T	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crémaillère + roue dentée</li> <li>- Crémaillère + vis sans fin</li> <li>- Roue</li> <li>- Boulon-écrou</li> <li>- Came et tige</li> <li>- Tambour+ fil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tire-bouchon à bras</li> <li>- Clé à molette</li> <li>- Tapis convoyeur, roue sur sol</li> <li>- Étau</li> <li>- Jouet (lapin à tambour)</li> <li>- Moulinet de canne à pêche</li> </ul>
T → R	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bielle+ manivelle</li> <li>- Fil + poulie</li> <li>- Crémaillère + roue dentée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Machine à vapeur</li> <li>- Démarreur de tondeuse</li> <li>- Lance-toupie</li> </ul>



A gauche : Cette maquette en carton et attaches parisiennes est un mécanisme bielle et manivelle (carte animée)

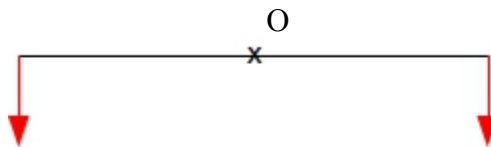
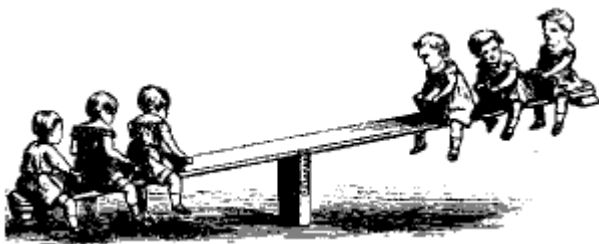
A droite : Cette machine simple (palan) utilise une poulie fixe et une poulie mobile. L'intérêt est de diviser par deux la force à fournir pour soulever la charge.



# Équilibres, leviers et balances

Dans ces situations, on a une barre rigide, pouvant tourner autour d'un axe (O), appelé aussi **pivot**, et soumise à au moins deux forces (en deux points différents)

Un premier exemple est celui du « tape cul », où la force exercée sur la barre est le poids des enfants. Rappelons que le poids  $P$  (en N) est lié à la masse  $m$  (en kg) par la relation  $P = mg$ , où  $g$  est l'attraction de la pesanteur.



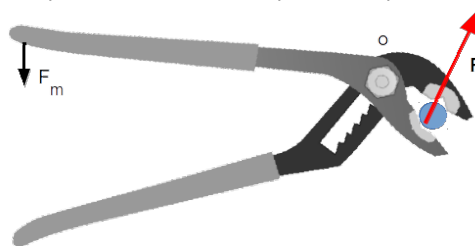
Il y a équilibre (sous entendu barre horizontale), si la distance à l'axe et le poids des enfants sont identiques

Ce cas simple peut être généralisé par la notion de **levier**, où on exerce une force motrice  $F_m$  en un point donné ; une force résistante  $F_r$  s'exerce en un autre point. Les leviers sont classés en 3 types :

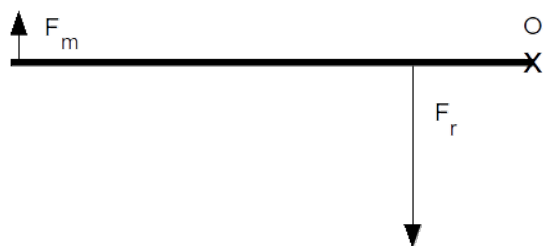
**Levier de premier genre** (inter-appui, car l'axe de rotation est entre les 2 points d'application des forces)



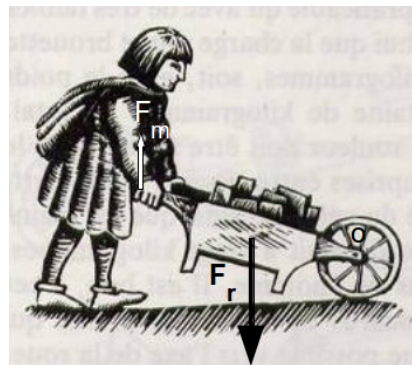
Exemples : pied de biche, tenailles, pince à couper ou de serrage



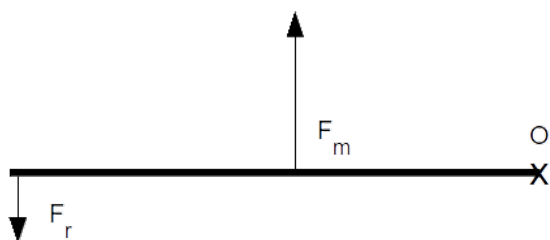
**Levier de deuxième genre** (inter-résistant)



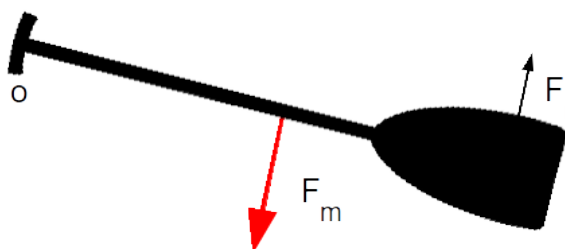
Exemples :  
décapsuleur,  
casse-noix,  
brouette...



**Levier de troisième genre** (inter-moteur)



Exemples : pince à épiler, pince à sucre, pagaie (main gauche en pivot, main droite motrice)...



Remarquez qu'on peut avoir affaire à des doubles leviers, si on a deux barres rigides pouvant tourner autour d'un axe commun : cas des pinces, du casse noix, de la pince à sucre.

## Intérêt et fonctionnement des leviers

L'équilibre a lieu quand on obtient l'égalité suivante

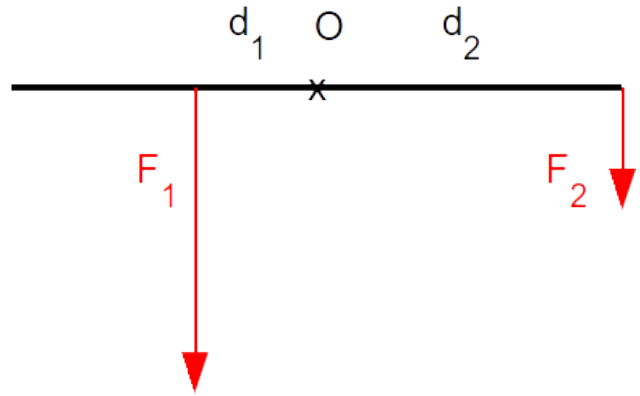
$$F_1 d_1 = F_2 d_2 \text{ (théorème des moments)}$$

$d$  s'appelle le bras de levier de la force  $F$

On voit ainsi que la force  $F_2$  peut être inférieure à  $F_1$  si son bras de levier est supérieur à  $d_1$

S'il y a mouvement, en contrepartie, le déplacement de  $F_2$  sera plus grand.

Ceci est généralisable pour plus de 2 forces



Les leviers de genre 1 et 2 permettent ainsi de réduire l'effort à fournir (pour couper, soulever, casser, arracher etc...) Le déplacement à effectuer sera en revanche plus important. Le levier de genre 3 réduit le déplacement à effectuer (pagaie) en contrepartie d'une force à exercer devant être plus grande

## Balances mécaniques basées sur un équilibre

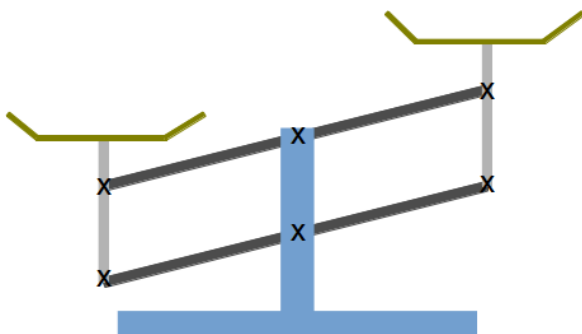
Le levier est dans les balances nommé fléau

Balances à bras de fléau (ou de levier) égaux



La plus simple est le **trébuchet ou balance à plateaux suspendus** : application directe du théorème des moments avec égalité des bras de levier, donc égalité des poids appliqués, et par conséquent des masses posées dans les plateaux. Il faut utiliser des **masses marquées** pour mesurer la masse de l'objet.

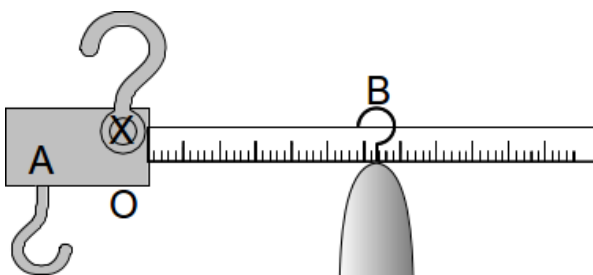
Grâce à la suspension des plateaux, ceux-ci restent toujours horizontaux lors des pesées.



**La balance Roberval** est une variante astucieuse de la précédente. En effet, grâce au parallélogramme articulé, les plateaux restent également toujours horizontaux.

Mais l'ensemble est moins encombrant et les plateaux sont plus accessibles.

Balance à bras de fléau (ou de levier) inégaux.



**La balance Romaine**, encore visible sur certains marchés, peut être qualifiée d'automatique. L'objet à peser est accroché en A. L'utilisateur, qui maintient l'ensemble par la poignée articulée en O, déplace la masselotte jusque l'équilibre en B. La tige est directement graduée en g ou kg.

Il y a parfois deux crochets de pesage, à distance différente de O pour avoir deux gammes de mesure.

Un pèse-bébé ou un pèse lettre, ou une bascule à véhicule fonctionnent selon le même principe.

## Relations mathématiques régissant les transmissions de mouvements

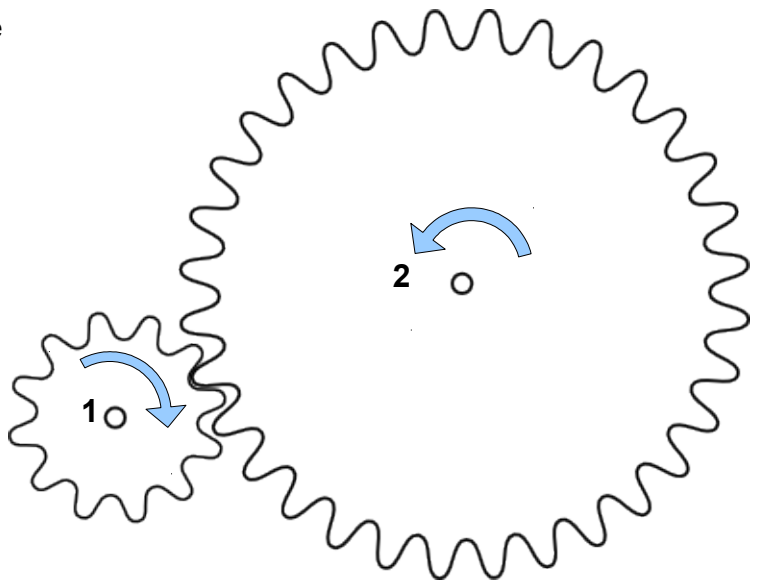
Un engrenage, est par définition, un ensemble de deux roues dentées. On peut avoir des roues de diamètre différents, et donc, de nombre de dents différents. Le nombre de dents est proportionnel au diamètre.

Appelons  $N_1$  et  $N_2$  le nombre de dents de chaque roue.

Quand la roue 1 fait 1 tour, la roue 2 fait  $N_1/N_2$  tours

**De façon générale  $T_1 \times N_1 = T_2 \times N_2$**

Cette relation exprime en effet que le nombre de dents entraînées sera le même quand les roues tournent (de  $T_1$  et  $T_2$  tours)



**Le rapport  $N_1/N_2$  est appelé rapport de transmission  $r$  de la roue 1 à la roue 2**

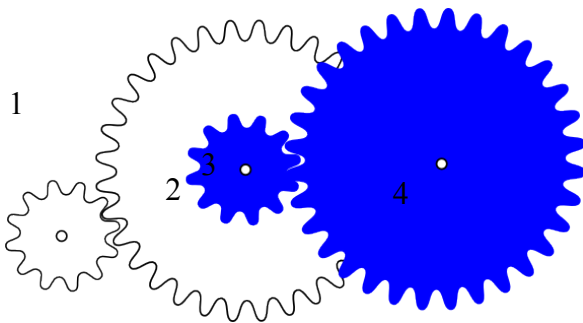
Si  $r = 1$ , on a une transmission simple

Si  $r > 1$  on dit que la transmission est **surmultipliée** (ou multipliée) La roue 2 tournera plus vite.

Si  $r < 1$  on a une transmission **démultipliée** (cas de cette figure,  $r = 0,37$ )

L'intérêt est donc soit d'augmenter la vitesse de rotation (essoreuse à salade), soit de la ralentir (exemple tourne broche)

Plus important encore, cela va de pair avec les forces (les moments de force) à fournir. Pour une force appliquée en entrée, la force disponible en sortie est d'autant plus grande que la vitesse de sortie est petite : on gagne ainsi en effort à fournir dans le cas de la démultiplication, qui est le cas de le plus fréquemment observé.



On peut combiner plusieurs engrenages, dans ce que l'on appelle un **train d'engrenages**. L'axe est commun pour les roues 2 et 3, qui sont donc solidaires

Le rapport de transmission sera le produit des rapports individuels. Exemple dans le cas présents le rapport sera de 0,14 ( $0,37 \times 0,37$ ). Cela permet des démultiplications importantes



Ces relations sont vraies aussi pour des engrenages perpendiculaires comme figuré à gauche. Pour le système vis sans fin et roue dentée la particularité est que grâce au filet de la vis, à un tour de la vis correspond le passage d'une dent. Le mécanisme est donc fortement démultiplicateur, avec l'avantage d'une économie de place et de pièces

$r = 1/N$  si  $N$  est le nombre de dents de la roue

