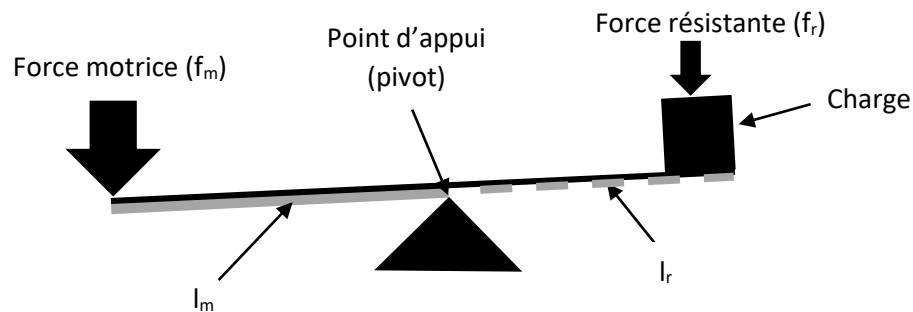


# L'avantage mécanique

## Le levier

Le levier inter-appui est un objet long et rigide qui peut pivoter sur un point d'appui (pivot) qui est situé entre le bras de levier moteur ( $l_m$ ) où la force motrice ( $f_m$ ) est exercée et le bras de levier résistant ( $l_r$ ) où l'on retrouve la charge à soulever.

À l'équilibre, le produit de la force motrice par la longueur du bras de levier moteur doit être égal au produit de la force résistante par la longueur du bras de levier résistant.



Ainsi, lorsque le levier est en équilibre :

$$F_m \times l_m = F_r \times l_r$$

À partir de cette condition d'équilibre, on peut déduire l'avantage mécanique, aussi appelé gain mécanique, comme suit :

$$\text{Avantage mécanique (AM)} : \frac{F_r}{F_m} = \frac{l_m}{l_r}$$

On peut en conclure que plus la longueur du bras de levier moteur est long par rapport au bras de levier résistant, plus l'avantage mécanique sera grand et moins de force motrice sera nécessaire pour soulever la charge.

Exemple :

Si la longueur du bras de levier moteur est de 40 cm et que la longueur du bras de levier résistant est de 20 cm, l'avantage mécanique sera de 2 puisque :

$$\text{AM} = \frac{l_m}{l_r} = \frac{40 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 2$$

Cela nécessitera donc deux fois moins de force pour soulever l'objet si on le pose sur ce levier que de le soulever avec les mains.

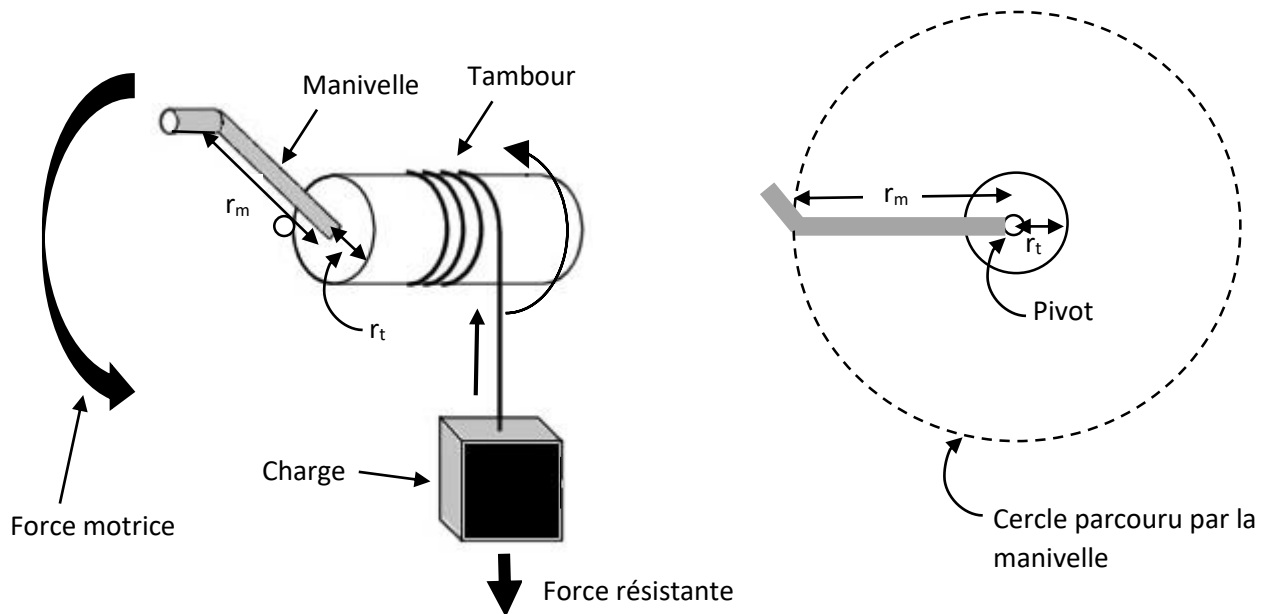
### Exercice :

1. Une balançoire à bascule (levier inter-appui) constituée d'un point d'appui et d'une planche de 7 mètres de longueur a un bras de levier moteur de 5 mètres. Quel serait l'avantage mécanique d'une personne qui appuie sur le levier moteur de cette balançoire afin de soulever la personne à l'autre extrémité ?



### Le treuil

Le treuil est constitué d'un tambour muni d'une manivelle qui exerce une force motrice permettant à une charge, rattachée par une corde, de se déplacer.



La manivelle du treuil agit comme un levier, ainsi sa longueur correspond à la longueur du bras de levier moteur. On peut donc conclure que plus la longueur de la manivelle est grande (soit le rayon du cercle produit par la manivelle,  $r_m$ ), moins il sera nécessaire de forcer pour soulever la charge.

L'avantage mécanique est donc :  $AM = \frac{r_m}{r_t} = \frac{\text{rayon du cercle parcouru par la manivelle}}{\text{rayon du tambour}}$

On peut aussi calculer l'avantage mécanique comme suit :

$$AM = \frac{\text{diamètre du cercle parcouru par la manivelle}}{\text{diamètre du tambour}} = \frac{2r_m}{2r_t} = \frac{r_m}{r_t}$$

puisque le diamètre est égal à deux fois son rayon, le rapport est identique.

À noter que l'avantage mécanique calculé ainsi reste toutefois théorique. En réalité, il sera probablement plus petit, car il y aura une perte associée au frottement et à l'extension de la corde.

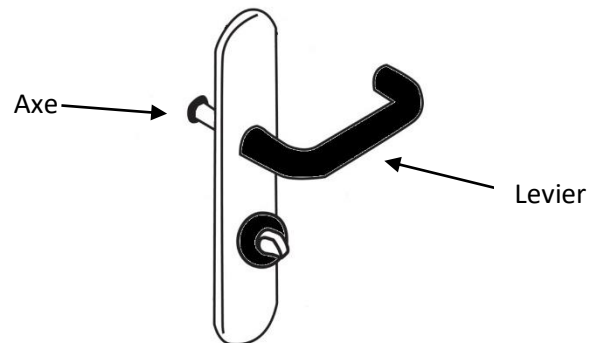
Par exemple, quel serait le diamètre du tambour d'un treuil afin qu'il présente un avantage mécanique de 12 si la manivelle de ce treuil est de 20 cm de longueur ?

$$AM = \frac{\text{diamètre du cercle parcouru par la manivelle}}{\text{diamètre du tambour}}$$

$$12 = \frac{2 \times r_m}{d} \rightarrow d = \frac{2 \times 20 \text{ cm}}{12} = 3,3 \text{ cm}$$

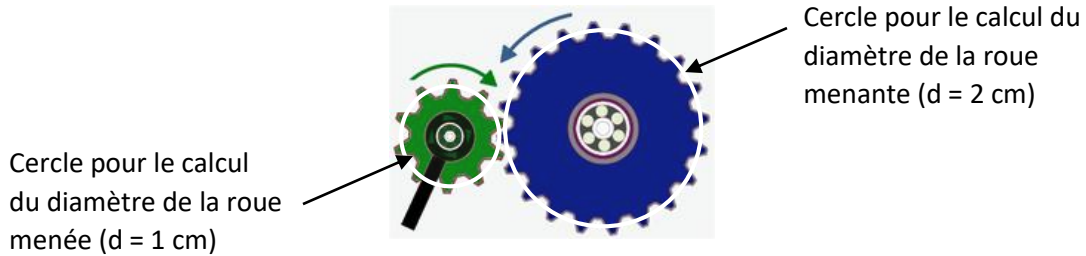
### Exercice :

2. Quel est l'avantage mécanique d'une poignée de porte ayant un levier de 12 cm permettant de faire tourner un axe dont le diamètre est de 0,7 cm ?



## L'engrenage

En présence d'un engrenage, l'avantage mécanique peut se calculer de deux façons différentes :



1<sup>re</sup> façon : rapport entre le nombre de dents des roues dentées

$$\text{Avantage mécanique d'un engrenage} = \frac{\text{Nombre de dents de la roue menante}}{\text{Nombre de dents de la roue menée}}$$

L'avantage mécanique de l'engrenage ayant comme roue menante la grande roue ci-dessus serait de :

$$\text{AM} = \frac{20 \text{ dents}}{10 \text{ dents}} = 2$$

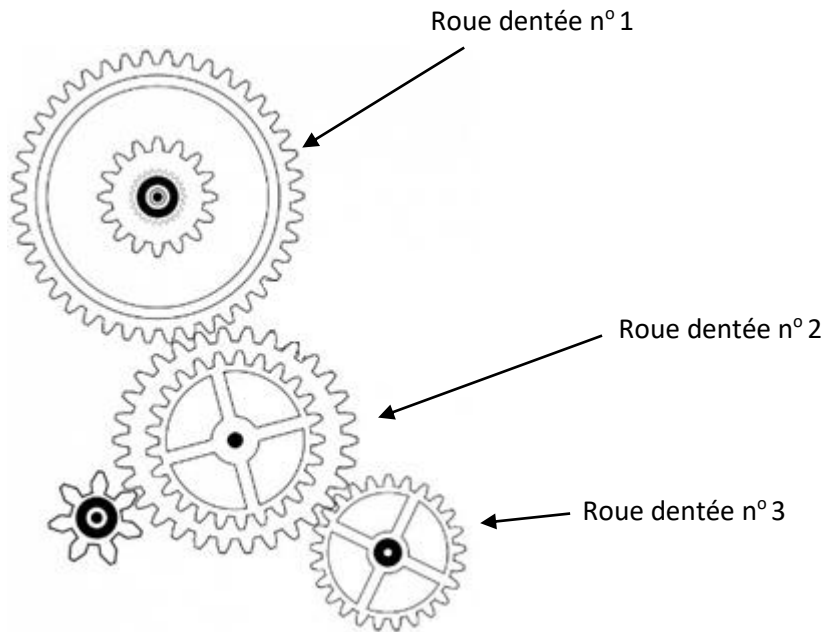
2<sup>e</sup> façon : rapport entre le diamètre du cercle au centre des dents des roues dentées

$$\text{Avantage mécanique} = \frac{\text{diamètre du cercle au centre des dents de la roue dentée menante}}{\text{diamètre du cercle au centre des dents de la roue dentée menée}} = \frac{2 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = 2$$

**Exercice :**

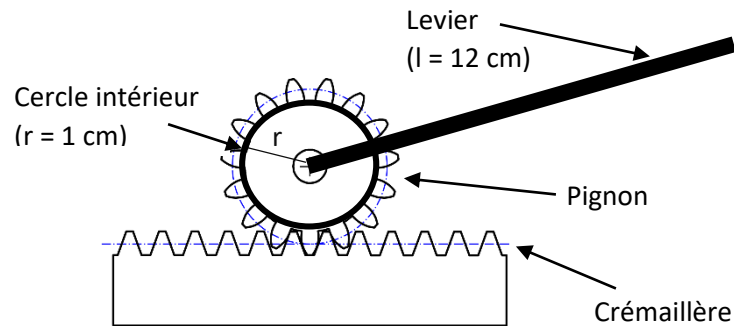
**3.** Laquelle des paires de roues dentées suivantes aura l'avantage mécanique le plus grand :

- a. Si la roue menante est la roue dentée n° 1 et la roue menée est la roue dentée n° 2.
- b. Si la roue manante est la roue dentée n° 2 et roue menée est la roue dentée n° 3.



## Le mécanisme de pignon et crémaillère

Bien que le mécanisme du pignon et crémaillère ressemble à un engrenage, le calcul de l'avantage mécanique ressemble davantage au calcul de celui d'un treuil. L'avantage mécanique du mécanisme de pignon et crémaillère se calcule comme suit :



$$\text{Avantage mécanique} = \frac{\text{Longueur du levier}}{\text{Rayon du cercle intérieur du pignon}} = \frac{l}{r} = \frac{12 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = 12$$

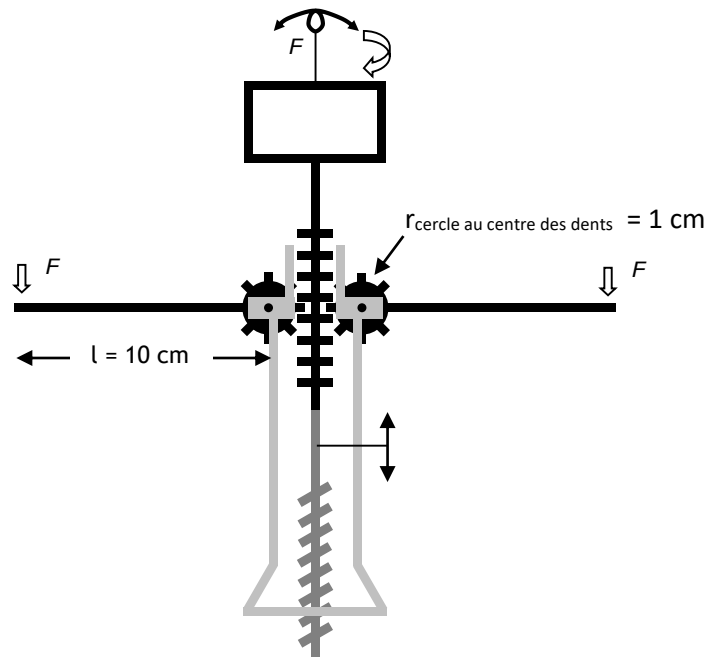
Encore une fois, l'avantage mécanique calculé est théorique dans le cas de l'engrenage et du mécanisme de pignon et crémaillère. En réalité, il sera plus petit, car il y aura une perte associée au frottement des roues dentées de l'engrenage ou entre le pignon et la crémaillère.

Dans certaines circonstances, il peut y avoir plus d'un mécanisme qui contribue à l'avantage mécanique d'un objet technique. Dans ce cas, on calcule l'avantage mécanique des mécanismes séparément et on multiplie les résultats obtenus.

$$AM_{\text{total}} = AM_1 \times AM_2 \times \dots$$

**Exercice :**

4. Calculer l'avantage mécanique théorique des bras de levier de ce tire-bouchon.



Source : Étude comparative de différents tire-bouchons, CDP, avril 2014.

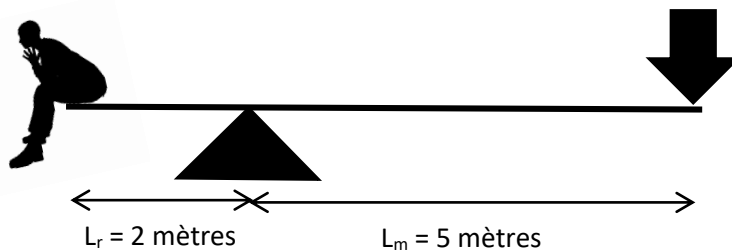
Sélectionner les informations adéquates pour calculer l'avantage mécanique :

- le levier mesure 10 cm
- la distance que le pignon peut parcourir sur la crémaillère est de 5 cm
- le nombre de dents du pignon est de 8 dents
- le rayon du cercle au centre des dents du pignon mesure 1 cm
- le nombre de dents de la crémaillère que peut parcourir le pignon est de 8 dents

## Corrigé

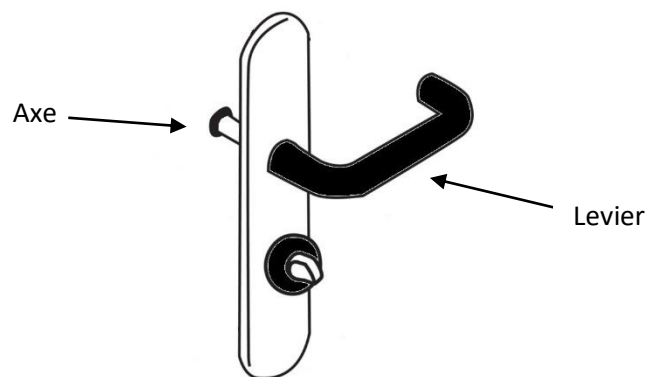
### Exercices sur l'avantage (gain) mécanique

1. Une balançoire à bascule (levier inter-appui) constituée d'un point d'appui et d'une planche de 7 mètres de longueur a un bras de levier moteur de 5 mètres. Quel serait l'avantage mécanique d'une personne qui appuie sur le levier moteur de cette balançoire afin de soulever la personne à l'autre extrémité ?



$$AM = \frac{l_m}{l_r} = \frac{5 \text{ m}}{2 \text{ m}} = 2,5$$

2. Quel est l'avantage mécanique d'une poignée de porte ayant un levier de 12 cm permettant de faire tourner un axe dont le diamètre est de 0,7 cm ?

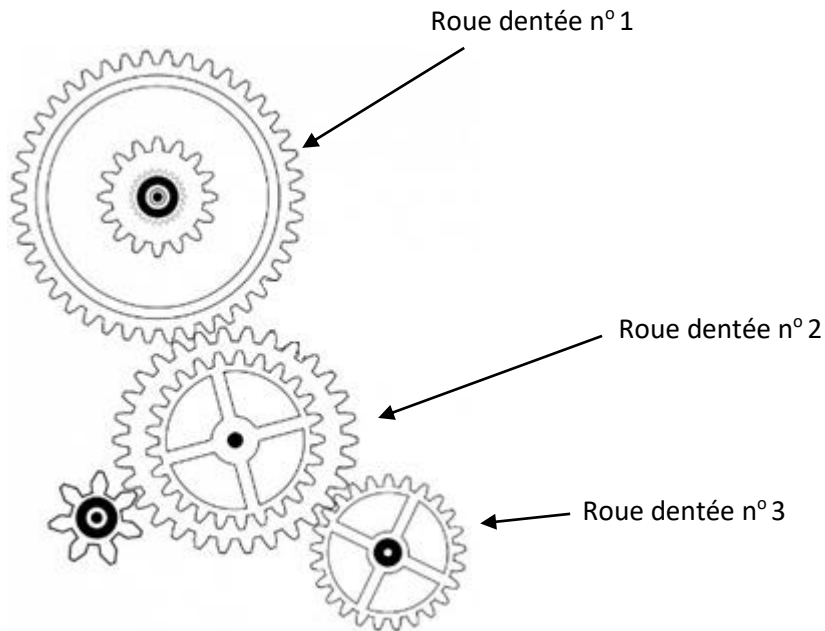


$$AM = \frac{\text{longueur du levier}}{\text{rayon de l'axe}} = \frac{12 \text{ cm}}{0,7 \text{ cm}/2} = 34$$



3. Laquelle des paires de roues dentées suivantes aura l'avantage mécanique le plus grand :

- a. Si la roue menante est la roue dentée n° 1 et la roue menée est la roue dentée n° 2.
- b. Si la roue manante est la roue dentée n° 2 et roue menée est la roue dentée n° 3.

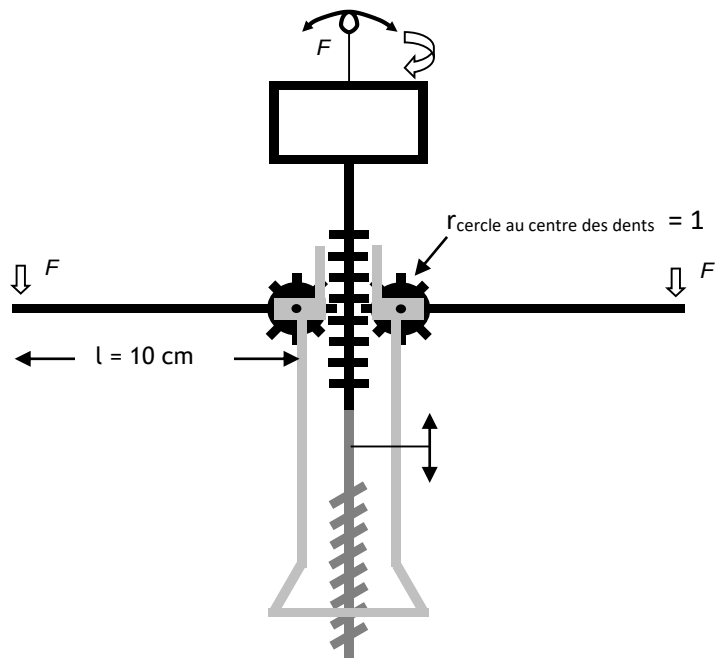


a.  $AM = \frac{\text{Nombre de dents de la roue dentée menante no 1}}{\text{Nombre de dents de la roue dentée menée no 2}} = \frac{42 \text{ dents}}{30 \text{ dents}} = 1,4$

b.  $AM = \frac{\text{Nombre de dents de la roue dentée menante no 2}}{\text{Nombre de dents de la roue dentée menée no 3}} = \frac{30 \text{ dents}}{25 \text{ dents}} = 1,2$

Réponse : a) l'engrenage des roues dentées n° 1 et n° 2 aura l'avantage mécanique le plus grand.

4. Calculer l'avantage mécanique théorique des bras de levier de ce tire-bouchon.



Source : Étude comparative de différents tire-bouchons, CDP, avril 2014.

Sélectionner les informations adéquates pour calculer l'avantage mécanique :

- le levier mesure 10 cm
- la distance que le pignon peut parcourir sur la crémaillère est de 5 cm
- le nombre de dents du pignon est de 8 dents
- le rayon du cercle au centre des dents du pignon mesure 1 cm
- le nombre de dents de la crémaillère que peut parcourir le pignon est de 8 dents

**Solution :**

$$\text{Avantage mécanique d'un système de pignon et crémaillère} = \frac{\text{Longueur du levier}}{\text{Rayon du cercle au centre des dents du pignon}}$$

$$AM = \frac{l}{r} = \frac{10 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = 10$$