

# Transmission et transformations de mouvements

## I- Les différents mouvements

### A) Qu'est-ce qu'un mouvement ?

Un **mouvement** correspond au **déplacement d'un objet dans l'espace**. Il peut être défini comme une **combinaison de déplacements en translation et/ou en rotation**.

L'objet en mouvement peut :

- ⇒ Tourner (**mouvement de rotation**)
- ⇒ Suivre une trajectoire rectiligne (**mouvement de translation**)
- ⇒ Avancer ou reculer en tournant sur lui-même (**mouvement combiné**)

Le déplacement peut se faire :

- ⇒ A **vitesse constante** (accélération nulle)
- ⇒ Avec une **accélération** ou une **décélération** (la vitesse croît ou diminue)

Les mouvements sont relatifs et se repèrent par rapport à **une référence** considérée comme **fixe**.

**Exemple** : lorsqu'une voiture se déplace, la roue (l'objet) est animée d'un mouvement de rotation par rapport à la caisse de la voiture considérée comme fixe (la référence). Elle combine ce mouvement de rotation à un mouvement de translation par rapport à la route fixe (une autre référence).

### B) Le mouvement de rotation (ou mouvement circulaire) ?

Un objet animé d'un **mouvement de rotation** tourne **autour d'un point** ou **d'un axe fixe**.

Un mouvement de rotation (ou mouvement circulaire) se caractérise par :

- ⇒ **Sa vitesse angulaire** : si elle est constante, le mouvement est dit « **uniforme** » ; si elle ne l'est pas, le mouvement est dit « **accélééré** » ;
- ⇒ **Son sens** (horaire ou antihoraire)

**Exemple** : La trotteuse d'une montre est animée d'un mouvement de rotation uniforme, de sens horaire. Elle tourne à 1/60 tour par seconde soit une vitesse angulaire  $\frac{\pi}{30}$  radians par seconde.

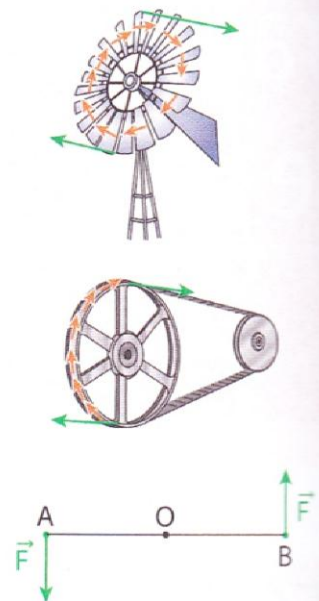
### Le couple

- Lorsque le vent entraîne une éolienne, l'action du vent sur le rotor correspond à **un ensemble de petites forces** (en orange) qui s'exercent tout au long de chaque pale pour entraîner le rotor en rotation. Toutes ces petites forces ont le même effet que **deux forces égales** (en vert) qui s'exercent de part et d'autre du rotor.
- Lorsqu'une poulie est entraînée par une courroie, l'action de la courroie sur la poulie correspond à **un ensemble de petites forces** (en orange) qui s'exercent sur une partie de la jante de la poulie. Toutes ces petites forces ont le même effet que **deux forces égales** (en vert) qui s'exercent de part et d'autre de la poulie.
- En généralisant : deux forces ( $\vec{F}$ ), de même intensité mais de sens contraire, appliquées à un solide, ont pour effet de l'entraîner en rotation (si leur intensité est suffisante).

Le couple  $C$  désigne la somme des moments des deux forces  $\vec{F}$  (le produit de l'intensité de la force par la distance à l'axe) :

$$C = 2 \times \|\vec{F}\| \times OA$$

Il s'exprime en newton. mètre (Nm).



### C) Le mouvement de translation

Un objet animé d'un **mouvement de translation rectiligne** se déplace en **suivant une trajectoire qui est une droite**.

Un mouvement de translation se caractérise par :

- ⇒ **Sa vitesse** : si elle est constante, le mouvement est dit « **uniforme** » ; si elle en l'est pas, le mouvement est dit « **accélééré** » ;
- ⇒ **Sa direction** (haut-bas, nord-sud, droite-gauche, avant-arrière...) ;
- ⇒ **Son sens** (de A vers B...).

Exemple : Lorsqu'on ouvre un tiroir de bureau, il est animé d'un mouvement de translation vers l'utilisateur.

### D) Les mouvements combiné et oscillatoire

Un mouvement est dit **combiné** s'il résulte de plusieurs déplacements simultanés.

Exemple : Le mouvement d'un rouleau de pâtisserie par rapport à la table combine une rotation et une translation.

Un mouvement est dit **oscillatoire** (ou alternatif) lorsqu'il se répète périodiquement à l'identique.

Exemples :

- ⇒ Le balancier de l'horloge ou les essuie-glaces d'une voiture sont animés d'un mouvement oscillatoire : c'est une rotation alternative.
- ⇒ La lame de la scie sauteuse ou l'aiguille d'une machine à coudre sont aussi animées d'un mouvement oscillatoire, mais de nature différente : il s'agit d'une translation alternative.

## II- Mouvements et mécanismes

Un mécanisme est constitué d'organes ou de pièces. Il permet de transmettre ou de transformer un mouvement.

⇒ Un mouvement est **transmis** lorsqu'il ne change pas de nature.

Exemple : le mouvement de rotation de la manivelle de l'essoreuse à salade est transmis au panier qui tourne lui aussi.



⇒ Un mouvement est **transformé** lorsqu'il change de nature.

Exemple : Le mouvement de rotation de la molette du distributeur de colle en bâton est transformé pour permettre la translation du bâton de colle.

Une poulie : roue dont la jante est aménagée de manière à recevoir une courroie, une corde, une chaîne ou un câble. Le cas échéant, la jante de la poulie adopte un profil adapté aux courroies qui peuvent être plates, trapézoïdales, crantées ou nervurées. Elles sont utilisées pour transmettre un mouvement de rotation ou un mouvement de translation.

Un engrenage est composé de plusieurs roues dentées (aussi appelées pignons) qui s'engrènent les unes dans les autres. La roue dentée qui entraîne est appelée la roue menante (RM) ; la roue qui est entraînée est appelée la roue menée (Rm). Ils sont utilisés pour transmettre un mouvement de rotation. Une roue dentée associée à une crémaillère permet de transformer un mouvement de rotation en translation ou inversement. Les roues de friction ont les mêmes propriétés que les roues dentées en termes de transmission et transformation de mouvement.

Un pignon : roue dont la jante comporte des dents. Lorsque la forme des dents est adaptée, elle permet d'associer le pignon (plateau) à une chaîne. La chaîne est constituée d'un ensemble d'éléments identiques (maillons, rouleaux...) reliés les uns aux autres. Les pignons et la chaîne permettent de transmettre un mouvement de rotation ou de translation. La chaîne est fermée (bicyclette) ou ouverte (pont levant) selon le type de mouvement à transmettre.

Organe ou pièce d'un mécanisme	Désignation	Fonctions	Exemples
	Poulie, courroie, corde	<ul style="list-style-type: none"> <li>- transmettre un mouvement de rotation (poulie-courroie) ou de translation (poulie-corde)</li> <li>- transformer un mouvement de rotation en mouvement de translation (poulie-corde)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Platine disque</li> <li>- Réglage des voiles d'un bateau</li> </ul>
	Roue dentée, crémaillère	<ul style="list-style-type: none"> <li>- transmettre un mouvement de rotation (engrenages)</li> <li>- transformer un mouvement de rotation en mouvement de translation (pignon-crémaillère)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fouet mécanique,</li> <li>- Funiculaire</li> </ul>





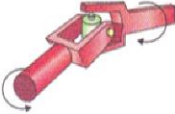


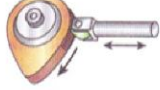
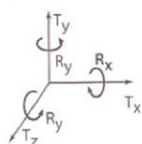
Organe ou pièce d'un mécanisme	Désignation	Fonctions	Exemples
	<b>Pignon, chaîne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– transmettre un mouvement de rotation</li> <li>– transformer un mouvement de rotation en mouvement de translation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bicyclette</li> <li>– Chenilles de bulldozer</li> </ul>
	<b>Roue ou galet de friction, bandes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– transmettre un mouvement de rotation (roues de friction)</li> <li>– transformer un mouvement de rotation en mouvement de translation (roue de friction-bande)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Alternateur de bicyclette</li> <li>– Tambour entraîneur d'imprimante</li> </ul>
	<b>Vis sans fin, roue dentée, crémaillère</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– transmettre un mouvement de rotation (roue et vis sans fin)</li> <li>– transformer un mouvement de rotation en mouvement de translation (vis sans fin et crémaillère)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Treuil</li> <li>– Tabouret de cabine photo</li> <li>– Trappe d'écluse</li> </ul>
	<b>Vis-écrou</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– transformer un mouvement de rotation en mouvement de translation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Serre-joint</li> </ul>
	<b>Arbres et cardans</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– transmettre un mouvement de rotation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Commande de volets roulants</li> </ul>
	<b>Câbles et gaines</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– transmettre un mouvement de rotation (le câble tourne par rapport à la gaine)</li> <li>– transmettre un mouvement de translation (le câble translate par rapport à la gaine)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Flexible de mandrin de perceuse</li> <li>– Câbles de freins de bicyclette</li> </ul>
	<b>Bielle-manivelle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– transformer un mouvement de rotation en mouvement de translation alternatif et réciproquement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Machine à coudre (aiguille)</li> </ul>
	<b>Came</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– transformer un mouvement de rotation en mouvement de translation alternatif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Soupapes sur un moteur de voiture</li> </ul>

Fig. 1 – Une même fonction peut être remplie par plusieurs mécanismes.

**Liaisons mécaniques**

Les liaisons mécaniques permettent de décrire les relations entre deux éléments constitutifs d'un objet et de les représenter sous forme symbolique.

Les mouvements relatifs entre les éléments sont considérés en regard d'un repère :



3 rotations et 3 translations sont possibles. Elles peuvent être combinées.

Ce symbole représente l'élément fixe ou pris en référence :  .



Type de liaison	Symbole	Mouvements	Exemple
Encastrement			2 éléments fixés 
Pivot		1 rotation 	la poignée d'une porte 
Glissière		1 translation 	une tringle à rideau 
Pivot glissant		1 rotation et 1 translation 	le piston d'une pompe à vélo 
Hélicoïdale		1 rotation et 1 translation conjuguées 	l'assise d'un tabouret de piano 

L'assise du tabouret réglable ci-dessus est fixée à la vis de réglage (liaison fixe). En tournant, la vis permet de régler la hauteur de l'assise par rapport au piétement qui est fixe (liaison hélicoïdale). Le piétement du tabouret (ses 3 pieds) est posé sur le sol, c'est le solide de référence. À droite, le schéma de l'objet.

DESSIN DE L'OBJET    SCHÉMA DE L'OBJET

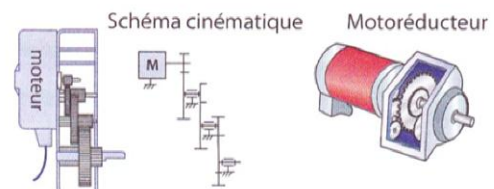
**Schémas cinématiques**

Les mécanismes peuvent être schématisés pour faciliter la compréhension de leur fonctionnement. Une norme définit pour la plupart des composants et des liaisons mécaniques une série de symboles particuliers. Les symboles usuels selon NF EN ISO 3952 sont les suivants.

Objets ou mécanismes	Symboles
Roue dentée	Roue à denture extérieure
	Roue à denture intérieure
	Roue conique
	Secteur denté
Transmission par poulies et courroie	
	Poulie seule

Objets ou mécanismes	Symboles
Transmission par roues dentées et chaînes	
Transmission par engrenages	

Schéma cinématique d'un motoréducteur (moteur électrique + réducteur de vitesse).



### III- Transmission de mouvement

#### A) Transmission d'un mouvement de rotation

Engrenages, roues de friction, poulies-courroies et pignons-chaînes permettent :

- ⇒ D'augmenter ou de diminuer la vitesse de rotation ;
- ⇒ D'augmenter le couple ;
- ⇒ De changer ou de conserver le sens de rotation ;
- ⇒ D'avoir un mouvement dans le même plan ou dans un plan différent.

#### ✚ Augmentation de la vitesse de rotation (ou surmultiplication)

Elle est rendue possible par des mécanismes de type :

- ⇒ Engrenage (figure 2a) ;
- ⇒ Roues de friction ;
- ⇒ Pignon-chaîne ou poulie-courroie (figure 2b).

L'augmentation de la vitesse a pour conséquence une diminution du couple.

Le rapport de transmission (n) est défini comme le rapport entre la vitesse de sortie (Vs) et la vitesse d'entrée (Ve) du mécanisme.

$$n = \frac{V_s}{V_e}$$

Pour la surmultiplication, ce rapport est supérieur à 1.

Pour un engrenage, le rapport de transmission est égal au rapport entre le nombre de dents de la roue menante et celui de la roue menée.

Exemples :

- ⇒ Pour la figure 2a, ce rapport est  $40/8=5$ .
- ⇒ Pour un ensemble poulie-courroie, comme pour les roues de friction, ce rapport est égal au rapport des diamètres des deux roues (pour la figure 2b, ce rapport est  $50/10=5$ ).
- ⇒ Dans le cas d'une transmission par chaîne, ce rapport est égal au rapport entre le nombre de dents du pignon menant et celui du pignon mené.

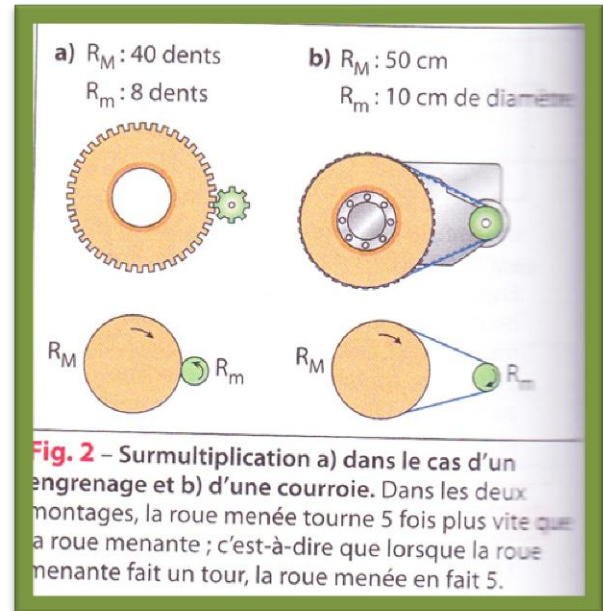
$$n = \frac{V_s}{V_e} = \frac{Z_{RM}}{Z_{Rm}} \text{ pour un engrenage (Z correspond au nombre de dents)}$$

$$n = \frac{V_s}{V_e} = \frac{D_{RM}}{D_{Rm}} \text{ pour un ensemble poulie-courroie (D correspond au diamètre des roues)}$$

#### ✚ Augmentation du couple (ou démultiplication)

Elle est rendue possible par :

- ⇒ Des mécanismes de type engrenage (figure 3a) ;

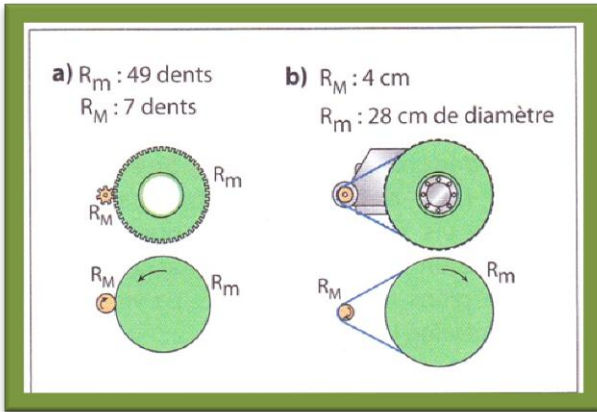


⇒ Roues de friction ;

⇒ Pignon-chaîne ou poulie-courroie (figure 3b).

Dans ces montages, le couple est privilégié au détriment de la vitesse. Le **rapport de transmission est inférieur à 1** (réduction de la vitesse de rotation).

Exemple : un treuil de remorque permet d'augmenter le couple. Le tambour d'enroulement du câble tourne alors moins vite que la manivelle.



**un exemple de démultiplication**

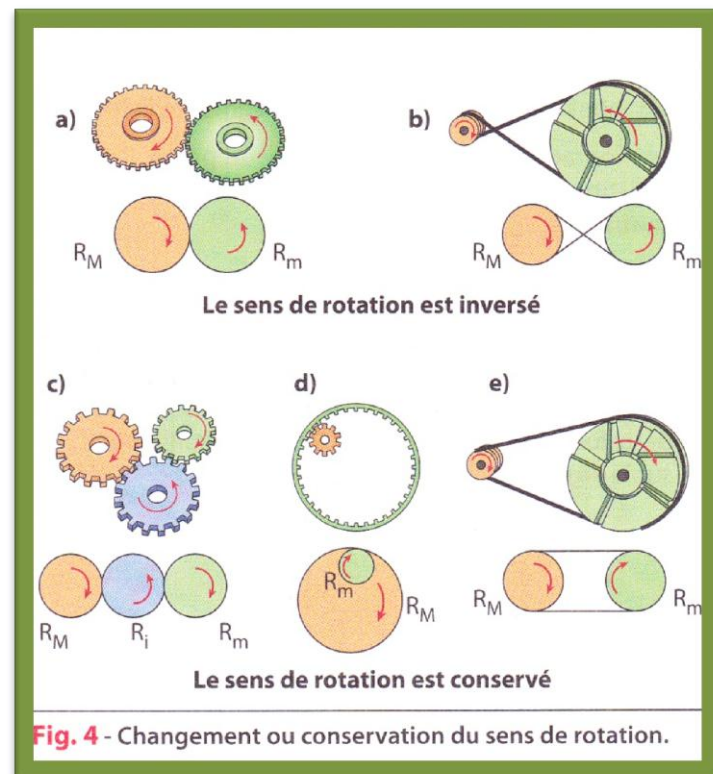
Dans ce montage, chaque étage divise la vitesse par 5. La dernière roue tourne donc 75 fois moins vite que l'arbre du moteur. Le couple disponible est par contre multiplié par 75.

**✚ Changement ou conservation du sens de rotation**

Un **engrenage à denture extérieure** inverse le sens de rotation (figure 4a). Pour que le **sens de rotation soit conservé**, il nécessite une **troisième roue** (figure 4c), dite « **roue intermédiaire** » ( $R_i$ ). Le nombre de dents de la roue intermédiaire n'a d'influence ni sur le rapport de vitesses de rotation, ni sur le couple disponible en sortie.

L'utilisation d'une **roue dentée à denture intérieure** (figure 4d) permet de **conserver le sens de rotation sans ajout de roue intermédiaire**.

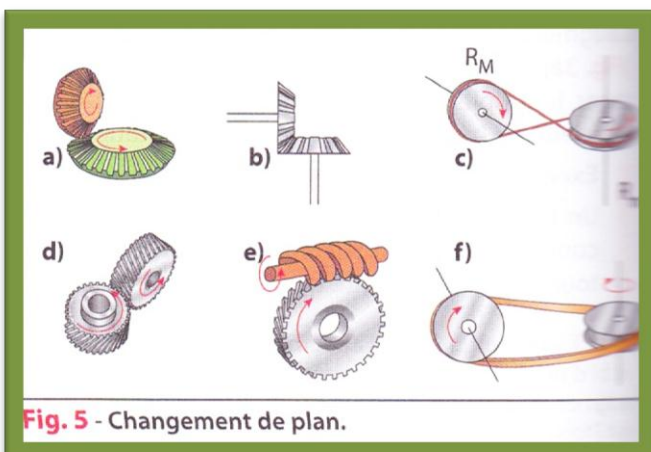
La **transmission par poulie-courroie** (figure 4 e), comme la transmission par chaîne conserve naturellement le sens de rotation. En croisant la courroie, il est possible d'inverser le sens de rotation de la poulie menée (figure 4b).



**Fig. 4 - Changement ou conservation du sens de rotation.**

**✚ Changement du plan de rotation**

Un **engrenage** permet aussi de **faire tourner deux roues dentées dans deux plans différents en utilisant des roues coniques**. (Figures 5a, b, d).



**Fig. 5 - Changement de plan.**



Les **axes de rotation des roues** peuvent être **perpendiculaires** (figure 5a et b) **ou non** (figure 5d).

Les **poulies** peuvent elles-aussi travailler dans **deux plans différents** (figure 5c et f).

Une **roue dentée** peut être **associée à une vis sans fin pour transmettre un mouvement de rotation dans deux plans perpendiculaires**. La vis sans fin entraîne la roue dentée.

### B) Transmission d'un mouvement de translation

Avec une **corde** permet de transmettre un **mouvement de translation**. Avec une ou plusieurs poulies, il est possible de :

- ⇒ Changer **de direction** d'une force ;
- ⇒ Changer **l'intensité** d'une force.

#### ✚ Changement de la direction de la force

Le **montage d'une poulie simple** permet de changer la direction de la force sans modifier son intensité (figure 6).

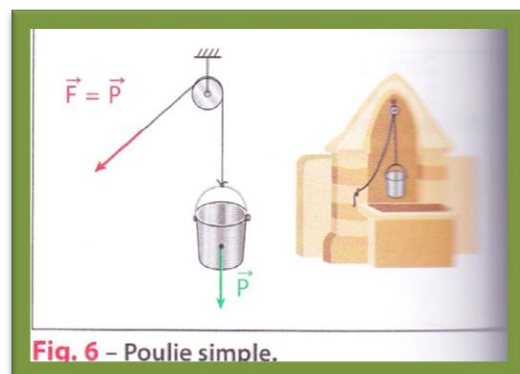


Fig. 6 - Poulie simple.

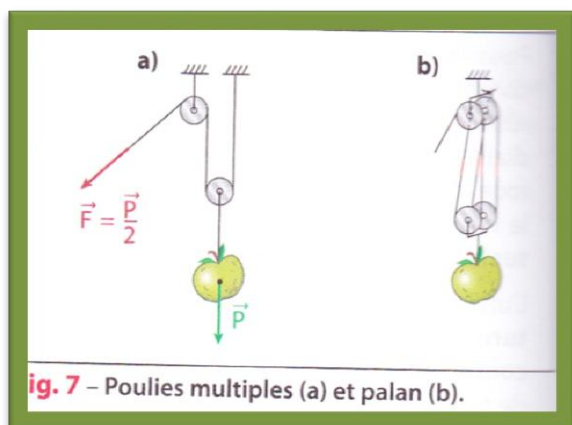


Fig. 7 - Poulies multiples (a) et palan (b).

#### ✚ Augmentation de la force

Un **montage à poulies multiples** augmente la force (figure 7).

Le montage de la figure 7b constitue un **palan**. Il est constitué de **deux groupes de poulies**, l'un fixe et l'autre mobile, **reliés par une corde**.

La force sera multipliée par 2 dans le montage de la figure 7a et par 4 dans celui de la figure 7b. Cela est dû au nombre de brins de corde sur la (les) poulie (s) mobile (s). En contrepartie, il faut tirer une longueur de corde beaucoup plus importante : deux fois plus que s'il n'y avait qu'une seule poulie sur la figure 7a et quatre fois plus figure 7b.

## IV- Transformation de mouvements

### A) D'un mouvement de rotation à un mouvement de translation

⇒ Une **roue dentée associée à une crémaillère transforme** un mouvement de rotation en mouvement de translation. Cette transformation est **réversible**. La crémaillère en se déplaçant latéralement entraîne la rotation de la roue (figure 8a). Un cylindre sur lequel s'enroule une corde effectue la même transformation, de même qu'un pignon et une chaîne ouverte. (ex : crémaillère d'un microscope)

⇒ Une **vis sans fin associée à une crémaillère** effectue aussi **la transformation** d'un mouvement de rotation en mouvement de translation, mais cette transformation **n'est pas réversible**. (ex : clé à molette)

⇒ Un **système vis écrou** (figure 8b) permet **de transformer** le mouvement de rotation de la vis en un mouvement de translation de l'écrou, à condition que la vis soit bloquée en translation (elle ne peut pas

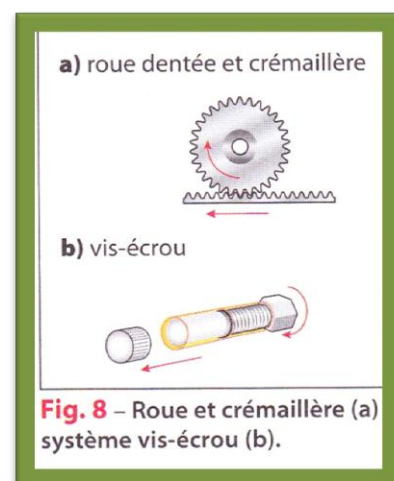


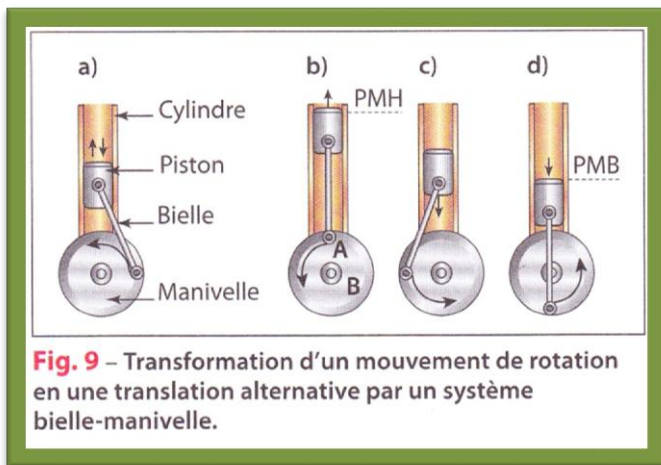
Fig. 8 - Roue et crémaillère (a) système vis-écrou (b).



avancer ou reculer par rapport au support). De la même manière si l'écrou tourne et s'il est bloqué en translation, c'est la vis qui est animée d'un mouvement de translation. Il **est réversible**. (ex : serre-joint, cric)

⇒ Un **système came-tige** : en tournant autour de son axe, la came fait subir un mouvement alternatif à la tige. Il **est irréversible**. (ex : machines à coudre)

**B) D'un mouvement de rotation à un mouvement de translation alternative (ou oscillatoire)**



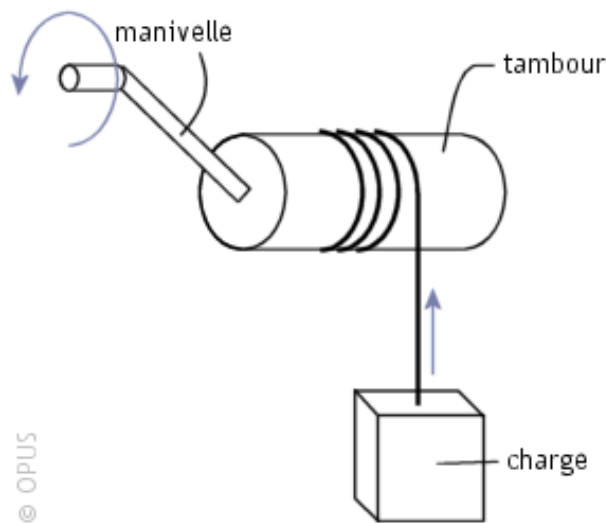
**Fig. 9** – Transformation d'un mouvement de rotation en une translation alternative par un système bielle-manivelle.

⇒ **L'ensemble bielle-manivelle** (figure 9) **transforme** un mouvement de rotation en un mouvement de translation alternative (ou inversement).

⇒ La **bielle** est **l'élément de liaison entre la partie qui tourne** (la manivelle) et **l'élément en translation** (le piston, le poussoir...) **par rapport à une pièce fixe** (le cylindre).

⇒ La **course du piston** est la **distance qui sépare le point mort haut (PMH) du point mort bas (PMB)**. Elle est égale à deux fois la distance AB.

Exemple : le treuil est un bon exemple de transformation d'un mouvement de rotation en mouvement de translation. Son principe repose que l'utilisation des théorèmes des moments. La force F appliquée sur la manivelle de longueur R provoque la rotation du tambour de rayon r et soulève le seau de poids P.

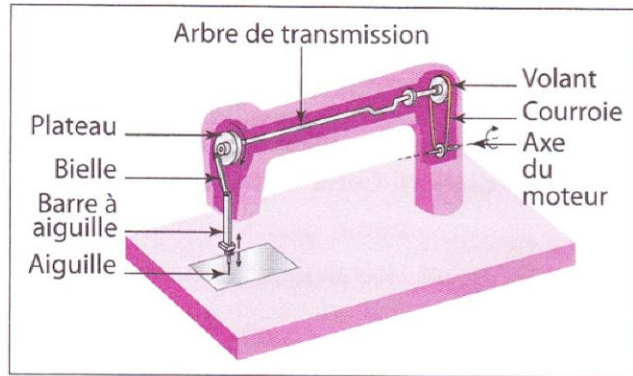


© OPUS

$$F \times R = P \times r$$

**Chaînes cinématiques**

Une chaîne cinématique, aussi appelée « chaîne de mouvement », est une description écrite du fonctionnement d'un objet. Y figurent les différents éléments mécaniques qui interviennent successivement, de l'entrée à la sortie, la nature des mouvements engendrés et la manière dont ils sont transmis entre l'entrée et la sortie du mécanisme.



Commande de l'aiguille sur une machine à coudre

