

Les transformations de mouvements

1. Généralités

Il existe deux types de mouvements élémentaires :

- La translation.
- La rotation.

Tous les mouvements ne sont qu'association ou combinaison des deux.

Une transformation de mouvement se caractérise par une différence entre le mouvement moteur et le mouvement récepteur. Cette différence peut être simple ou multiple parmi les suivantes :

- Nature du mouvement.
- Direction du mouvement.
- Sens du mouvement.
- Vitesse du mouvement.

2. Principales transformations de mouvements

a) Rotation en rotation :

▪ *Particularités* :

Les mouvements peuvent être d'axes parallèles, perpendiculaires, quelconques. Les axes peuvent être concourants ou non.

▪ *Principaux types* :

- Engrenages.
- Poulies courroies.
- Roue dentées et chaînes.
- Friction.

b) Rotation en translation et inversement :

▪ *Particularités* :

Ces transformations de mouvement peuvent être réversibles ou non selon les conditions mécaniques de frottement.

▪ *Principaux types* :

- Engrenages.
- Poulies et bande.
- Friction.
- Bielle manivelle.
- Cames et excentriques.
- Vis-écrou.

c) Translation en translation :

▪ *Particularités* :

Ces transformations de mouvement sont beaucoup moins rencontrées.

▪ *Principaux types* :

Cales pentées.

3. Engrenages

Un engrenage est constitué de deux éléments :

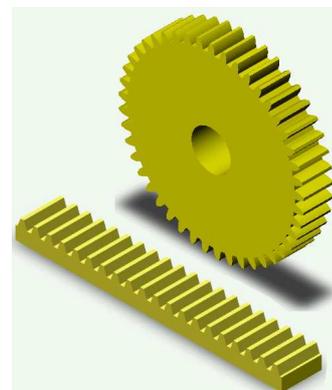
- Une roue dentée.
- Une autre roue dentée ou une crémaillère.

Les roues dentées peuvent être :

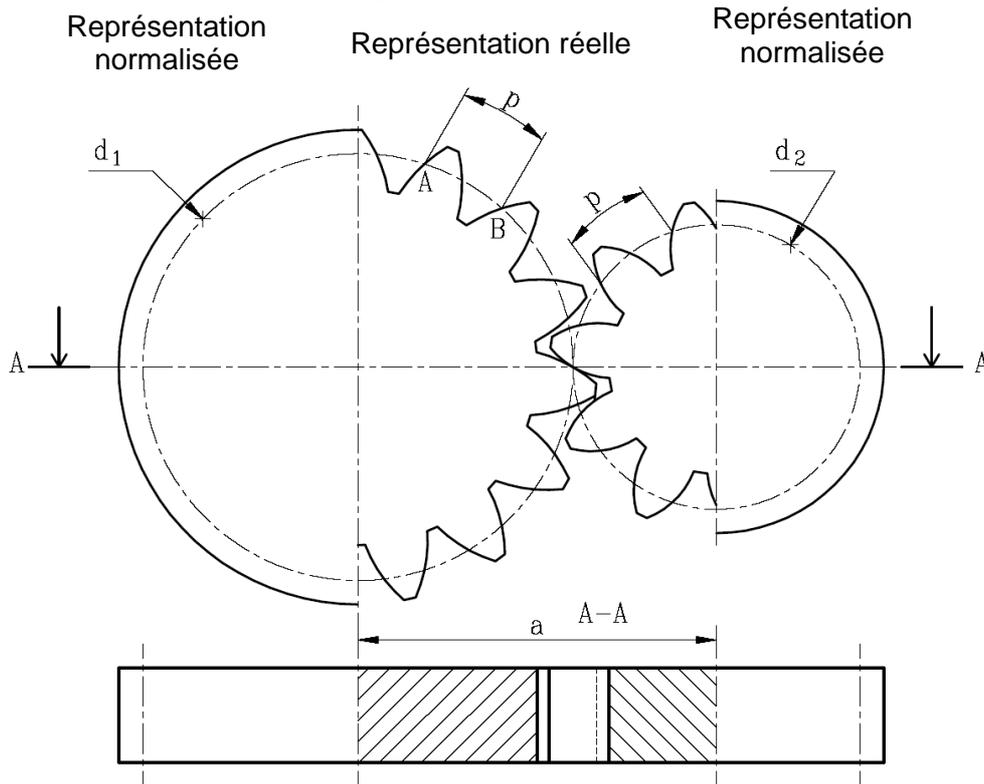
- Cylindrique.
- Conique.

La denture peut être droite ou hélicoïdale.

La transformation de mouvement est par obstacle.



a) Caractéristiques d'un engrenage :



d est le diamètre primitif et Z est le nombre de dents d'une roue.

$\widehat{AB} = \text{pas primitif} = p = \pi \cdot d_1 / Z_1 = \pi \cdot d_2 / Z_2$ Donc $d = p \cdot Z / \pi$

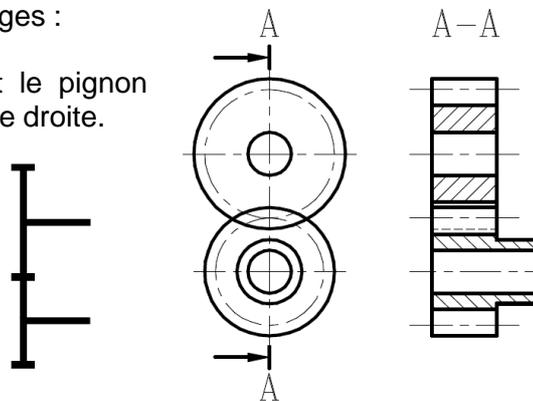
On pose $m = p / \pi$ où m est le module de la denture. Donc **$d = m \cdot Z$**

m est normalisé : 0,5 mm – 0,75 mm – 1 mm – etc.

b) Différents types d'engrenages :

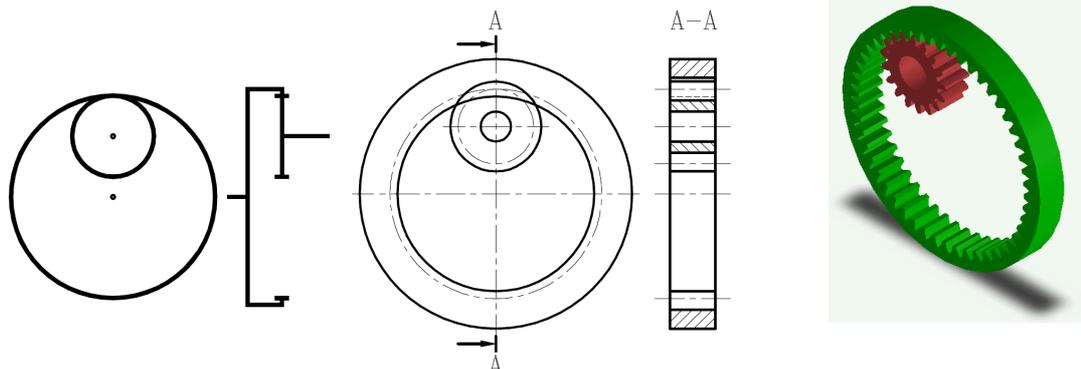
▪ *Cylindrique extérieur :*

La roue (en haut) et le pignon (en bas) sont à denture droite.

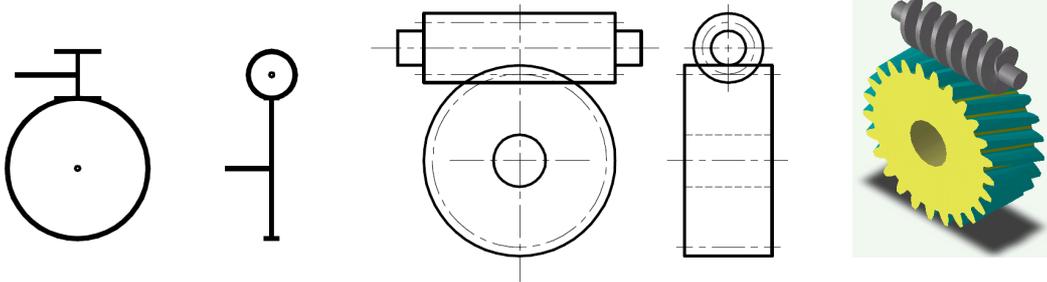


▪ *Cylindrique intérieur :*

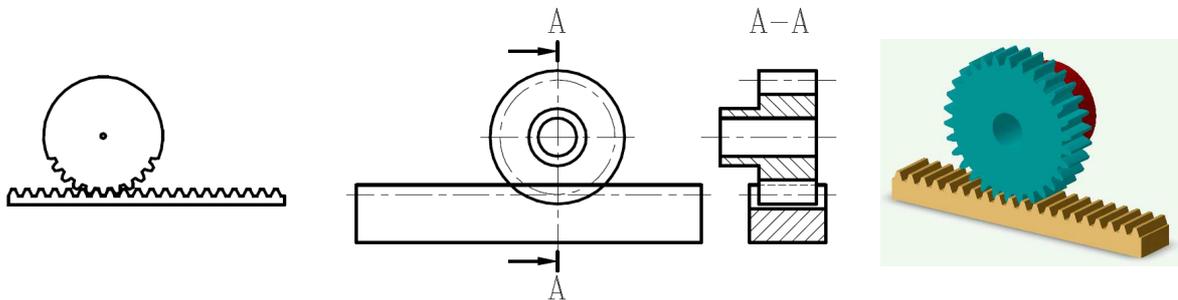
La grande roue dentée est nommée roue creuse.



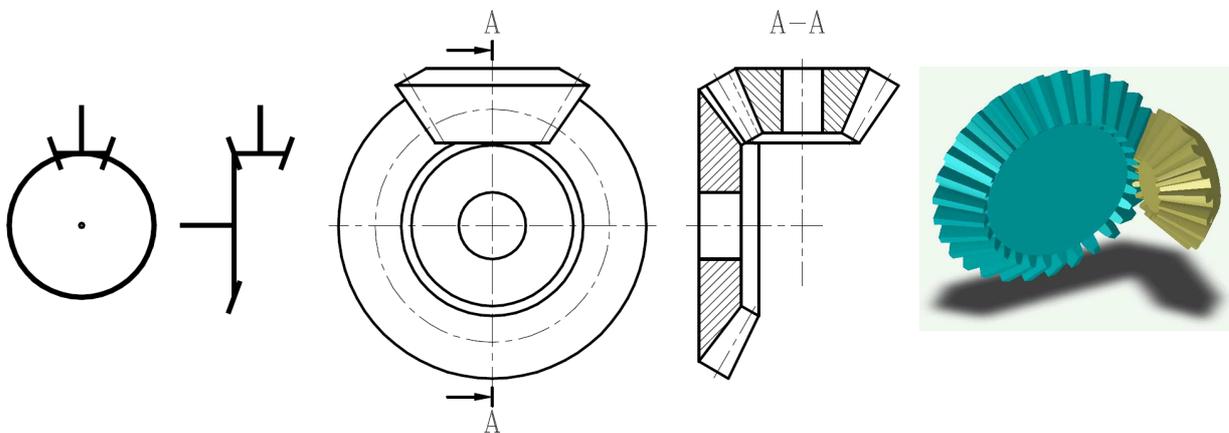
- *Cylindrique à roue et vis :*
La roue et la vis sont à denture hélicoïdale.



- *Pignon et crémaillère :*
La crémaillère est en général animée d'un mouvement de translation.



- *Roues coniques :*
Les axes sont concourants, perpendiculaires ou non.



c) Train d'engrenages :

Un train d'engrenages est constitué de plusieurs engrenages successifs. Cet agencement permet d'obtenir des réductions de vitesses très différentes sans avoir des encombrements trop importants.

Ainsi il est possible d'avoir des rapports de réduction de l'ordre de 10^{-10} et plus avec un nombre limité de roues dentées (par utilisation de trains épicycloïdaux par exemple).

Sur les premiers exemples de la page suivante, les relations cinématiques sont définies, tout d'abord pour un engrenage et ensuite pour les trains d'engrenages simples. Pour de amples renseignements, consulter un ouvrage spécialisé .

▪ **Engrenage simple :**

On donne :

$$V_A = \omega_1 \cdot R_1 = \omega_2 \cdot R_2 \quad (\alpha)$$

Avec ω : vitesse de rotation en rad/s

$R = d/2$ (d : diamètre primitif)

V_A : vitesse du point A.

C'est la vitesse du point de tangence des cercles primitifs.

Soit $r = \omega_S / \omega_E \quad (\beta)$

ω_S : vitesse de la roue menée (roue de sortie)

ω_E : vitesse de la roue menante (roue d'entrée)

r : rapport de réduction de l'engrenage

Sur le dessin ci-dessus, c'est la roue 1 qui est menante.

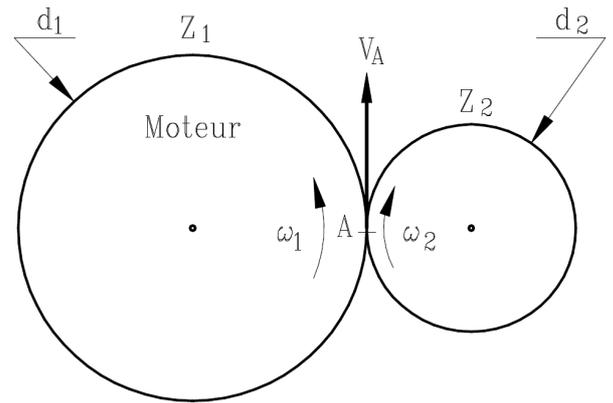
De la relation (α) on tire $\omega_2 / \omega_1 = R_1 / R_2$

Sachant que $r = d / 2$ et que $d = m \cdot Z$ de la relation précédente et de la relation (β) on

tire : $r = \omega_2 / \omega_1 = Z_1 / Z_2$

Comme les roues 1 et 2 tournent en sens inverse, la raison est négative donc :

$$r = \frac{\omega_2}{\omega_1} = - \frac{Z_1}{Z_2}$$



▪ **Train d'engrenages :**

Généralisation de la relation ci-dessus :

$$r = (-1)^\alpha \cdot \frac{\text{Produit des Z menants}}{\text{Produit des Z menés}}$$

Avec α : nombre de contact extérieur de dentures.

Produit des Z menants : produit des nombres de dents des roues menantes.

Produit des Z menés : produit des nombres de dents des roues menées.

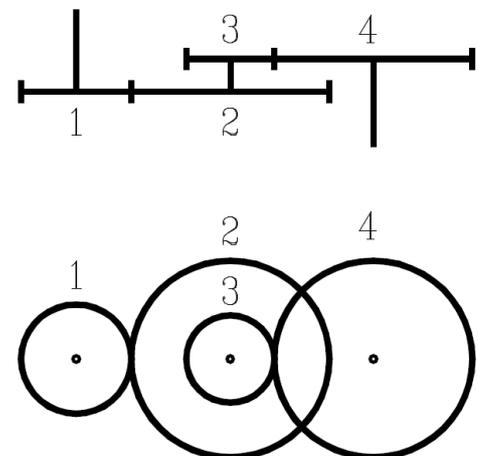
▪ **Applications :**

Premier exemple :

Déterminer r si la roue 1 est menante

On donne :

$$Z_1 = 20 ; Z_2 = 40 ; Z_3 = 18 ; Z_4 = 36$$

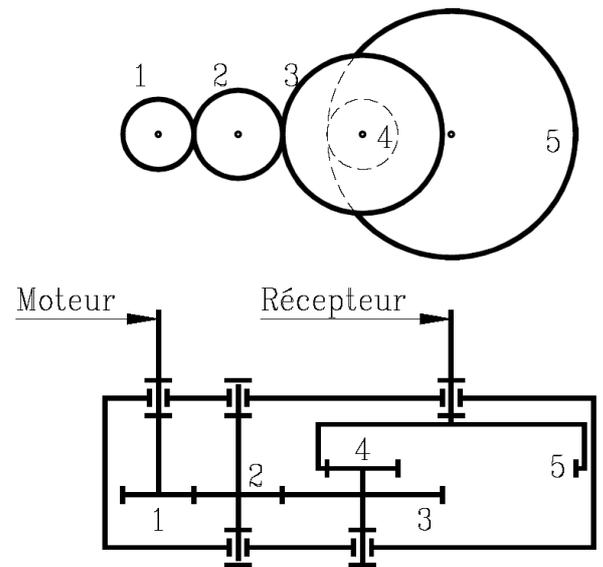


Deuxième exemple :

Déterminer r . En déduire la vitesse de rotation du récepteur sachant que le moteur tourne à 1500 tours par minutes ($N_{\text{moteur}} = 1500 \text{ tr/min}$)

On donne :

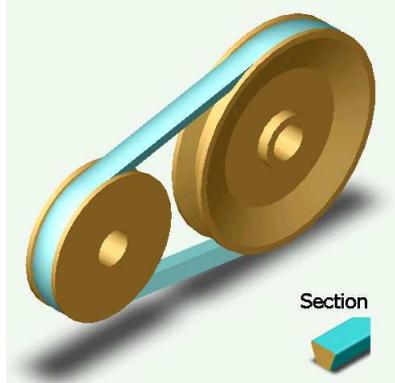
$$Z_1 = 18 ; Z_2 = 20 ; Z_3 = 40 ; Z_4 = 18 ; Z_5 = 72$$

4. Poulies et courroies, roues dentées et chaînes

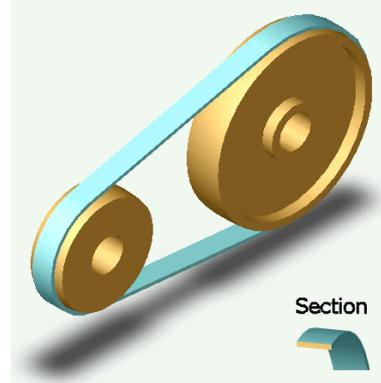
Il existe de nombreux modèles de courroies :

- Lisses à section circulaire, trapézoïdale, rectangulaire, etc.
- Crantées.

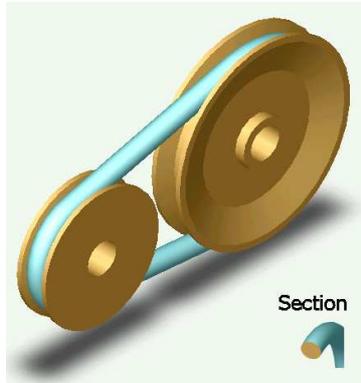
Courroie à section trapézoïdale



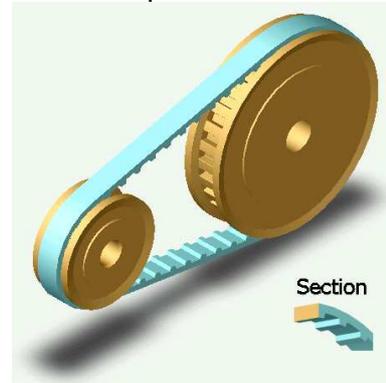
Courroie à section rectangulaire



Courroie à section circulaire



Courroie et poulies crantées



Remarques :

Les poulies crantées et la courroie associée assurent une transformation de mouvement sans glissement. Comme les engrenages, cette transformation de mouvement est par obstacle, donc avec conservation des positions relatives des poulies à tout instant. On rencontre par exemple ce type de matériels dès qu'il s'agit de transmission de position entre un moteur pas à pas (par exemple) et le dispositif qu'i entraîne.

La courroie crantée que l'on peut observer sur la photographie ci-contre permet d'entraîner en rotation la mire d'un frontoprojecteur tout en synchronisant cette rotation avec le dispositif d'affichage de la valeur.



Relations cinématiques :

Les relations sont établies sans tenir compte du glissement, non négligeable, entre les poulies et la courroie.

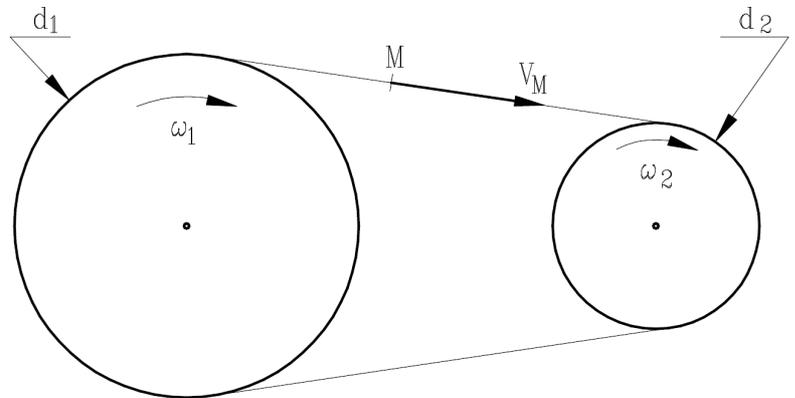
$$V_M = \omega_1 \cdot R_1 = \omega_2 \cdot R_2$$

Comme au § 4.3.c on trouve :

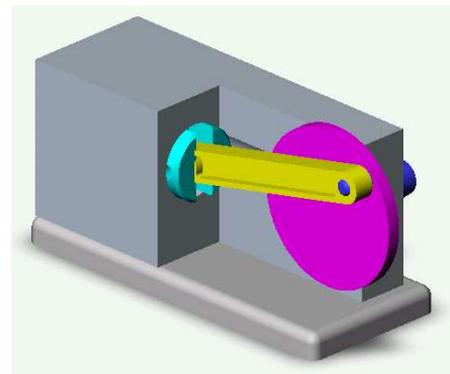
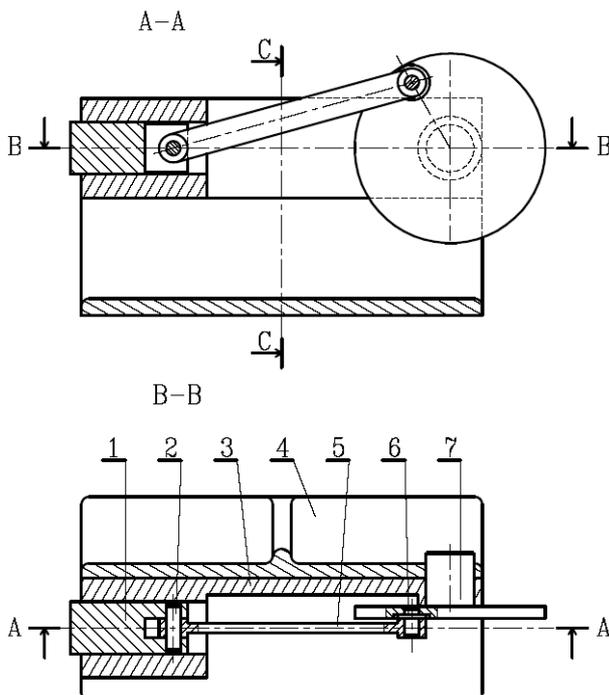
$$r = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

Ici, les deux poulies tournent dans le même sens.

S'il s'agit de poulies crantées, ou de roues dentées et chaîne, la relation avec les dents peut être utilisée.



5. Bielle-manivelle :



Nomenclature des pièces

- Rep 1 Piston
- Rep 2 Axe côté piston
- Rep 3 Corps
- Rep 4 Support
- Rep 5 Bielle
- Rep 6 Axe côté manivelle
- Rep 7 Manivelle

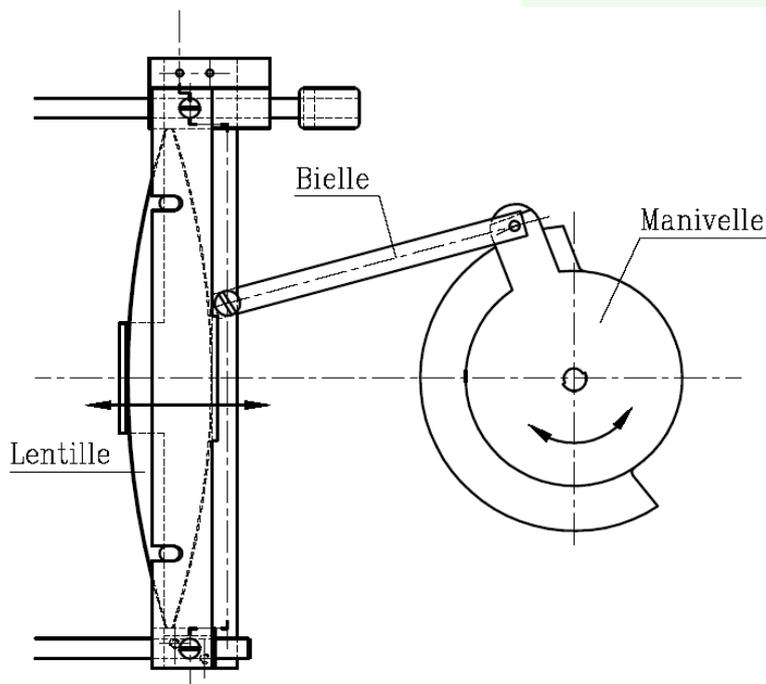
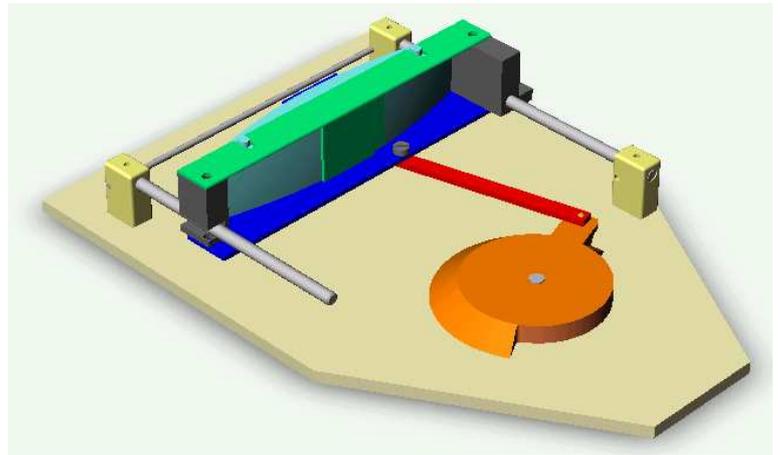
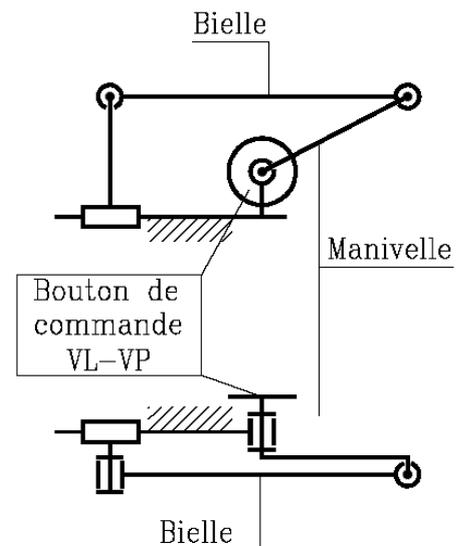
Exemple :

Système VL-VP du pupillomètre.

Le système bielle-manivelle permet de transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation alternatif.

Sur l'image ci-contre, on peut observer le système bielle-manivelle entre le bouton de commande VL-VP, qui tourne, et la lentille qui se translate.

La liaison entre le bouton et le boîtier est une liaison pivot. La liaison entre le sous-ensemble lentille et le boîtier est une liaison glissière. Les liaisons aux extrémités de la bielle sont des liaisons pivot.

Schéma6. Vis-écrou :a) Système vis-écrou :

Le système vis-écrou est l'utilisation d'une liaison hélicoïdale comme système de transformation de mouvement. En effet, la liaison hélicoïdale possède un degré de liberté sous la forme de deux mouvements élémentaires liés par une relation. Il suffit donc de lier partiellement chacun des deux éléments constituant la liaison hélicoïdale pour obtenir la transformation de mouvement. L'un des éléments ne doit que tourner et l'autre uniquement se translater selon le même axe.

Ce système de transformation de mouvement est très utilisé :

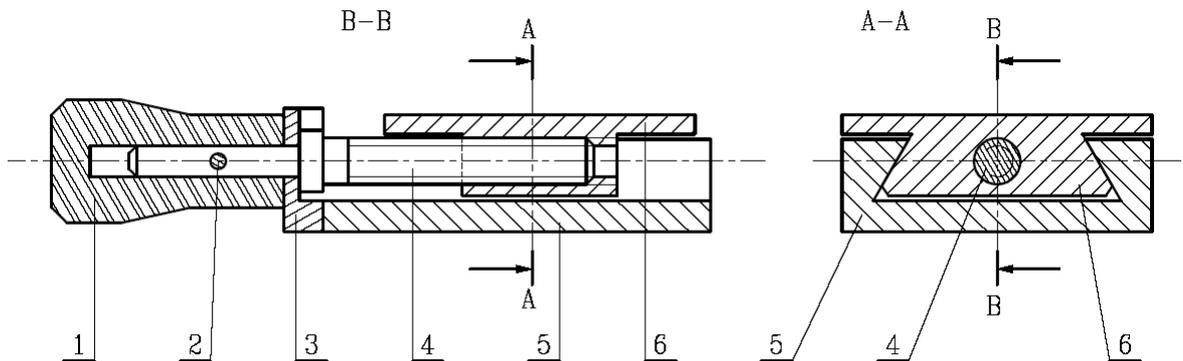
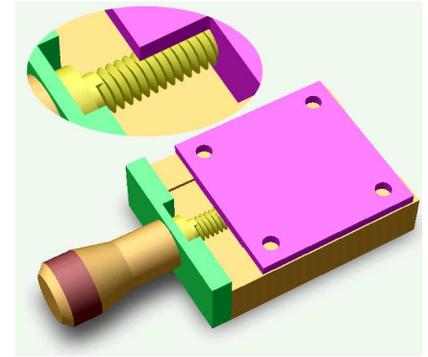
- Dispositif de mise à vue de jumelle.
- Déplacement de table de machine-outil.
- Etc.

Exemple :
Platine de translation.

Le sous-ensemble vis {1+2} est en liaison pivot par rapport à la base {4 + 5}.

Le coulisseau 6 est en liaison glissière par rapport à la base 5. La forme trapézoïdale utilisée pour cette liaison glissière se nomme 'queue d'aronde'.

Comme il y a une liaison hélicoïdale entre 4 et 6, une transformation de mouvement de type vis-écrou est réalisée : quand 1 tourne, 6 se translate.



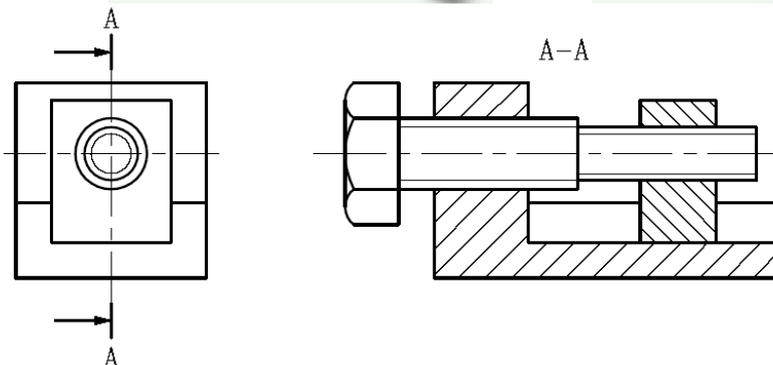
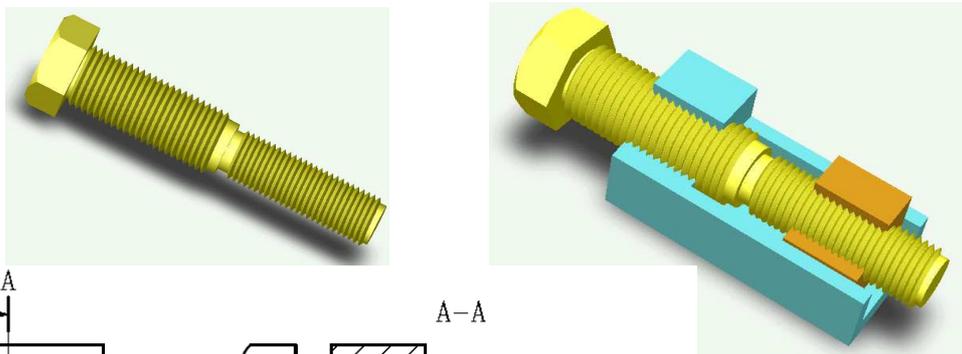
b) Systèmes vis-écrou particuliers :

▪ Système à vis différentielle :

Utilisant deux filetages différents, ce système permet d'obtenir des déplacements :

- Plus important si les deux hélices sont de sens contraire.
- Très fins si les deux hélices sont de même sens et de pas légèrement différents.

La vis ci-dessous possède deux filetages de même sens et de pas 2 mm pour le plus gros et 1,75 mm pour l'autre. Pour un tour la vis avance de 2 mm par rapport au support. Dans le même temps, elle se visse de 1,75 mm dans le bloc mobile. Au final, le bloc mobile a avancé de $2 - 1,75 = 0,25$ mm.



▪ Système à filets multiples :

Les vis-écrous à filets multiples sont utilisés pour obtenir des déplacements importants sans avoir des épaisseurs trop grandes. On rencontre souvent sur les bagues de mise au point d'objectif ou de zoom, des filetages multiples (8,10,12,16 et plus même) pour avoir une grande amplitude de translation avec une amplitude de rotation d'un demi-tour environ (rotation du poignet).

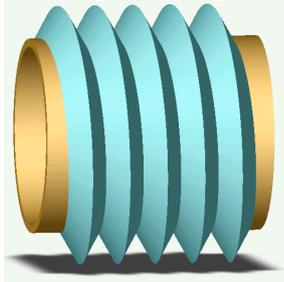
Ci-dessous trois vis qui ont le même pas et le même diamètre extérieur.

Celle possédant un seul filetage gros a un diamètre intérieur utile plus faible.

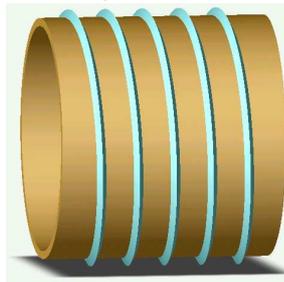
Celle ayant un seul filet fin a un diamètre intérieur utile plus grand mais elle est beaucoup moins résistante.

La troisième avec ses 4 filets imbriqués convient à beaucoup de situations.

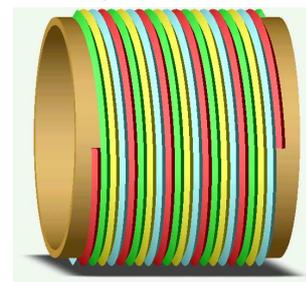
Filetage à pas gros



Filetage à 1 filet fin



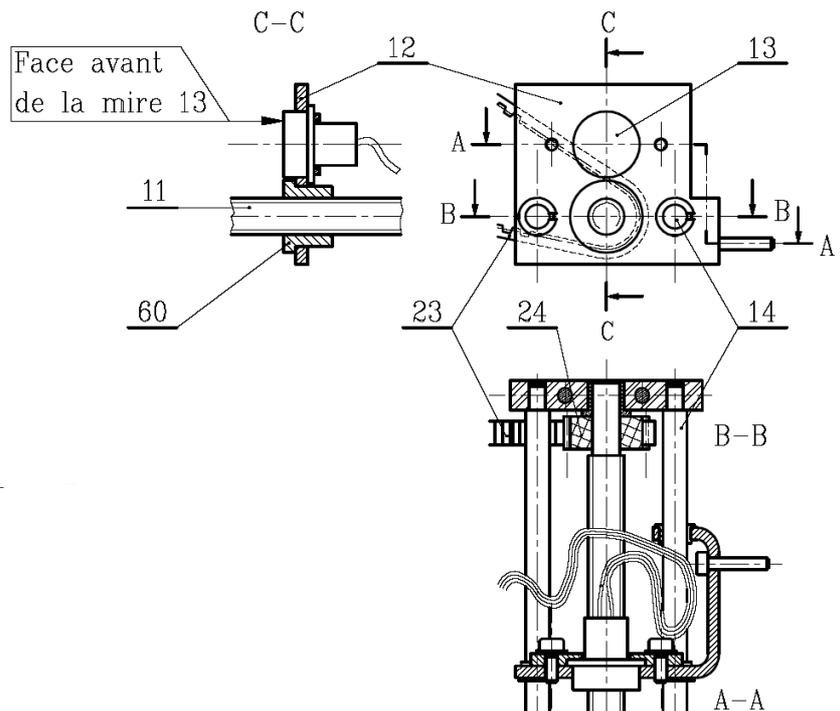
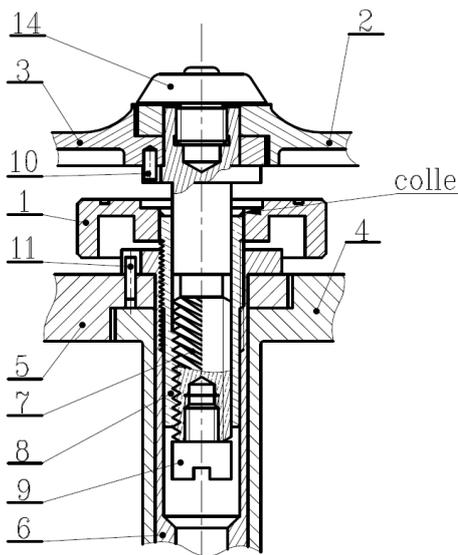
Filetages à 4 filets fins



Exemples :

Ci dessous le dispositif de mise au point d'une jumelle.

Le tube 8 est fileté extérieurement avec un filet simple à droite et intérieurement avec un filetage à 5 filets à gauche.



A droite, le système de déplacement de la mire d'un l'autoréfractokéromètre.

Quand on agit sur le bouton 1, cela provoque un déplacement rapide des sous-ensembles porte-oculaire {2 + 7 +...}. On cumule les effets suivants :

- Vis différentielle à filetages contraires.
- Filetage à 5 filets.

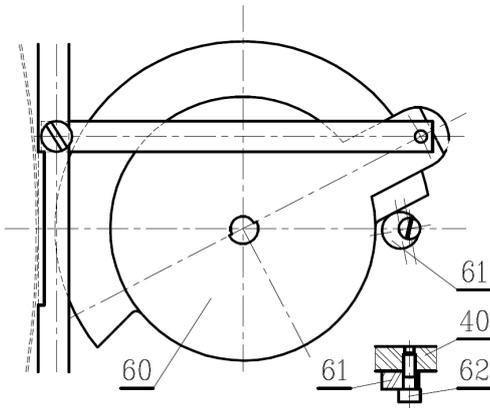
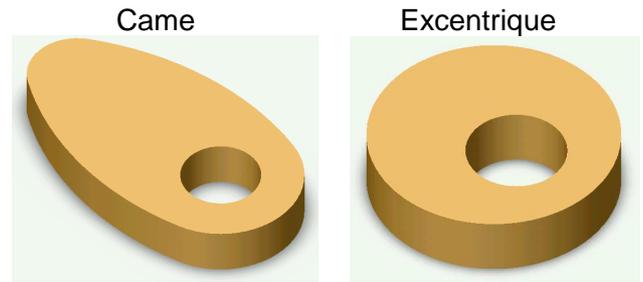
La vis 11 possède un filetage à deux filets. La courroie crantée 23 entraîne la roue crantée 24 qui fait elle-même tourner la vis 11. Ce dispositif fait traduire la mire selon l'axe des glissières 14.

7. Cames et excentriques

Ces dispositifs de transformation de mouvement sont souvent rencontrés au niveau des réglages des instruments.

Par exemple on trouve des excentriques pour le réglage des butées VL-VP du pupillomètre mais aussi comme butée de levier dans la machine à rainer.

Les cames sont très utilisées dans les programmeurs mais bien entendu aussi dans les moteurs thermiques notamment.



8. Autres dispositifs

On peut rencontrer des systèmes à cale pentée comme celui du bouton de réglage du réfracteur vu au § 3.7.

On trouve également parfois des dispositifs à croix de Malte comme celui rencontré aussi dans le réfracteur.

La rotation du plateau 51 amène le doigt au niveau de la croix de Malte 44.

Le doigt fait tourner la croix de Malte d'un quart de tour à chaque passage.

Des formes spécifiques ont été réalisées dans le plateau 44 comme dans la croix de Malte 51 pour éviter les interférences de fonctionnement.

