

# DOCUMENT RESSOURCE

## Les engrenages

### Compétences abordées :

- A2** Caractériser la puissance et l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un produit ou d'un système  
Repérer les échanges d'énergie sur un diagramme structurel

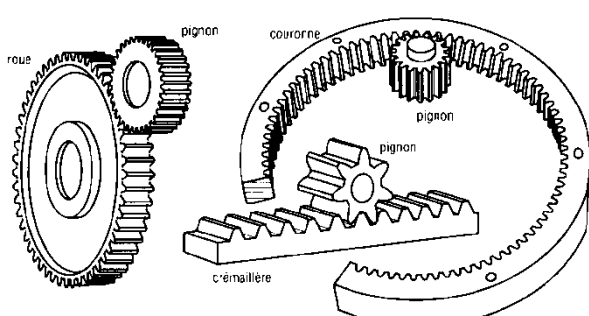
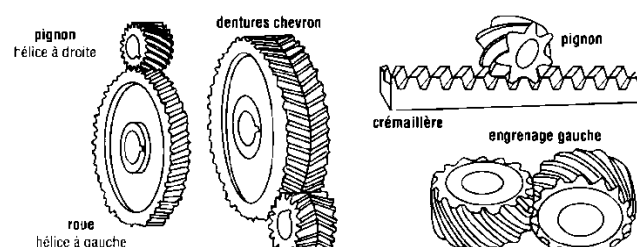
<http://sciences-ingenieur.genevoix-signoret-vinci.fr/>

Les engrenages sont des composants mécaniques essentiels. Ils font partie des systèmes de transmission de mouvement et de puissance les plus utilisés, les plus résistants et les plus durables.

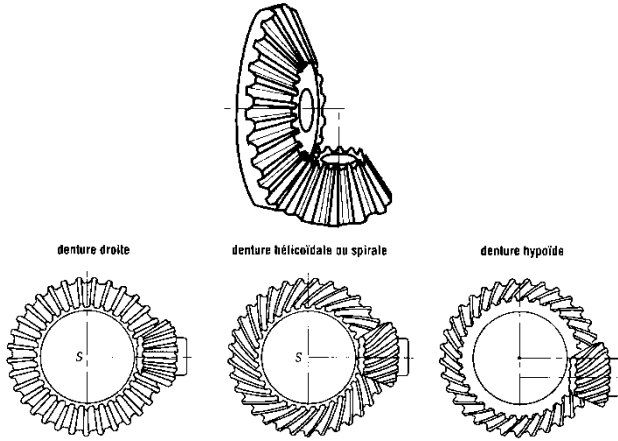
Ils sont normalisés. Les engrenages fabriqués avec la norme internationale ISO présentent l'avantage d'être facilement interchangeables et permettent des possibilités de fabrication plus économiques.

**Définition** : on appelle engrenage l'ensemble des deux roues dentées engrenant l'une avec l'autre.

### Les différents types d'engrenages :

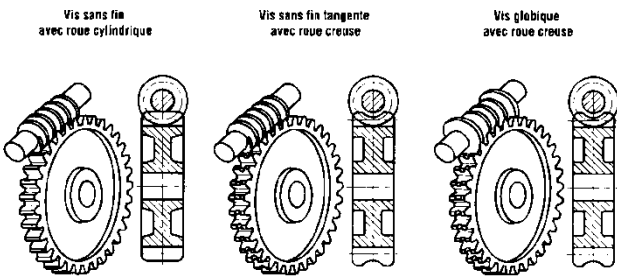
Engrenages	Caractéristiques
<p><b>ENGRENAGES DROITS À DENTURE DROITE</b></p> 	<p>Les plus simples et les plus économiques, ils sont utilisés pour transmettre le mouvement et la puissance entre deux arbres parallèles. Les dents des deux roues de l'engrenage sont parallèles à l'axe de rotation des arbres.</p> <p>Parmi ces engrenages, on distingue 3 familles :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ pignon/roue,</li> <li>→ pignon/couronne intérieure,</li> <li>→ pignon/crémaillère.</li> </ul> <p>Le pignon est la plus petite des deux roues ; c'est souvent la roue menante.</p>
<p><b>ENGRENAGES DROITS À DENTURE HÉLICOÏDALE</b></p> 	<p>L'angle d'inclinaison de la denture, appelé angle d'hélice, est le même pour les deux roues, mais en sens inverse. A taille égale, ils sont plus performants que les engrenages droits à denture droite pour transmettre puissance et couple. Du fait d'une meilleure progressivité et continuité de l'engrènement, ils sont plus silencieux.</p> <p>L'inclinaison de la denture engendre des efforts axiaux (suivant l'axe de l'arbre) qui doivent être supportés par les paliers et des couples supplémentaires qui accentuent le fléchissement des arbres.</p> <p>On distingue les familles suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ pignon/roue (hélice inversée ou dentures chevron)</li> <li>→ pignon/crémaillère</li> <li>→ engrenage gauche (transmission du mouvement entre 2 arbres non parallèles)</li> </ul>

## ENGRENAGES CONIQUES



Leurs dents sont taillées dans des surfaces coniques. Ils sont utilisés pour transmettre le mouvement entre des arbres concourants, perpendiculaire ou non. La denture peut être droite mais aussi hélicoïdale ou spirale.

## ENGRENAGES À ROUE ET VIS SANS FIN



La vis ressemble à une vis d'un système vis/écrou et la roue à une roue droite à denture hélicoïdale. La transmission de mouvement est effectuée entre deux arbres orthogonaux.

Le sens de rotation de la roue dépend de celui de la vis mais aussi de l'inclinaison de la denture (filet à droite ou à gauche).

Ces engrenages permettent de grands rapports de réduction (jusqu'à 1/200) et offrent des possibilités d'irréversibilité.

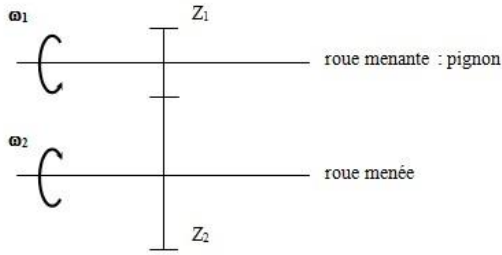
Ils donnent l'engrènement le plus doux de tous les engrenages, silencieux et sans chocs. En contrepartie, un glissement et un frottement important provoquent un rendement médiocre. De ce fait, une bonne lubrification est indispensable ainsi que des couples de matériaux à faible frottement (exemple : vis en acier avec roue en bronze).

## Engrenages droits à denture droite (caractéristiques et dimensionnement) :

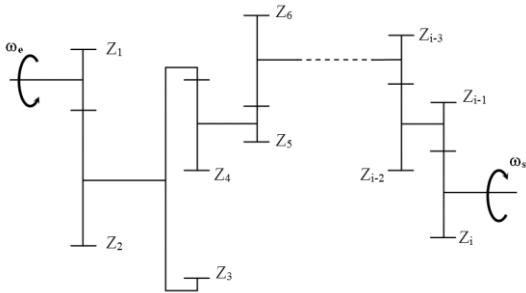
Points de vue	Caractéristiques et formules		
<b>DIMENSIONNEL</b>  	Caractéristiques	Symboles ISO	Observations et formules
	fréquence de rotation	N	Unités : $tr \cdot min^{-1}$
	vitesse angulaire	$\omega$	Unités : $rad \cdot s^{-1}$ $\omega = \frac{2\pi N}{60}$
	nombre de dents	Z	On notera : $Z_1$ pour la roue 1 $Z_2$ pour la roue 2
	module	m	Valeurs normalisées (tableau des modules) Les 2 roues dentées d'un engrenage ont forcément le même module ( $m_1 = m_2 = m$ )
	pas	p	$p = p_1 = p_2 = \pi m$
	diamètre primitif	d ou $d_p$	$d_1 = mZ_1$ et $d_2 = mZ_2$
	entraxe entre les deux roues	a	$a = r_1 + r_2 = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m(Z_1 + Z_2)}{2}$
	angle de pression	$\alpha$	Valeur usuelle : $\alpha = 20^\circ$

## CINÉMATIQUE

Un train d'engrenage :



Plusieurs trains d'engrenages :



**Formule usuelle :**

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{Z_1}{Z_2} = R \left( = \frac{d_1}{d_2} \right)$$

Avec R le rapport de transmission

Si  $R > 1$  on parle de **multiplicateur**

Si  $R < 1$  on parle de **réducteur**

**Formule avec détermination du sens de rotation :**

$$\frac{\overline{\omega_2}}{\overline{\omega_1}} = -\frac{Z_1}{Z_2} \text{ dans le cas d'un engrenage à denture extérieure}$$

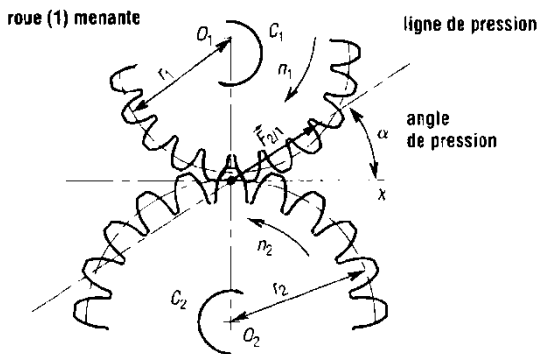
$$\frac{\overline{\omega_2}}{\overline{\omega_1}} = \frac{Z_1}{Z_2} \text{ dans le cas d'un engrenage à denture intérieure}$$

**Formule générale pour plusieurs trains d'engrenages (« i » roues dentées) :**

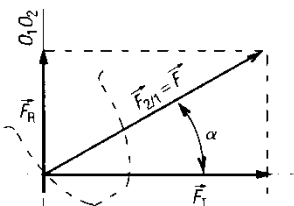
$$\begin{aligned} \frac{\overline{\omega_s}}{\overline{\omega_e}} &= (-1)^n \frac{\text{Produit des } Z \text{ roues menantes}}{\text{Produit des } Z \text{ roues menées}} \\ &= (-1)^n \frac{Z_1 \times Z_3 \times Z_5 \times \dots \times Z_{i-3} \times Z_{i-1}}{Z_2 \times Z_4 \times Z_6 \times \dots \times Z_{i-2} \times Z_i} \end{aligned}$$

avec n = nombre de contacts entre dentures extérieures

## STATIQUE



roue (2) menée



**Composante tangentielle de l'effort sur les dentures :**

$$F_T = F \cdot \cos \alpha$$

**Composante radiale de l'effort sur les dentures :**

$$F_R = F \cdot \sin \alpha$$

On a :  $\frac{F_R}{F_T} = \tan \alpha$

**Effort sur les dentures :**

$$F = \sqrt{F_T^2 + F_R^2}$$

**Couple sur la roue 1 :**

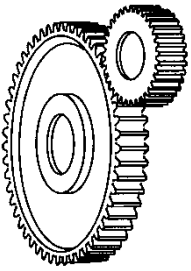
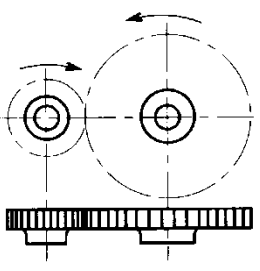
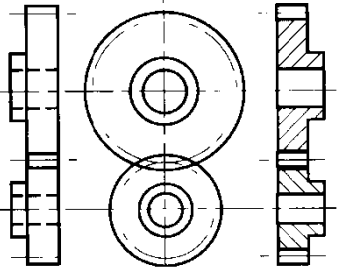
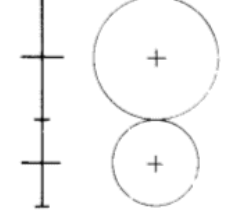
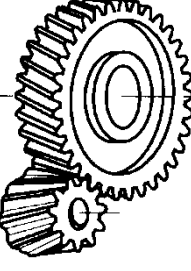
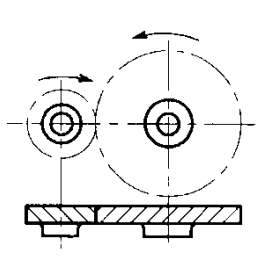
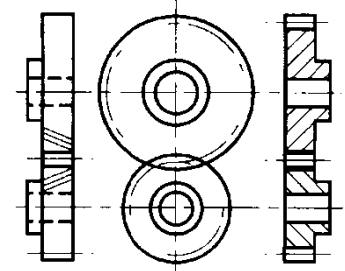
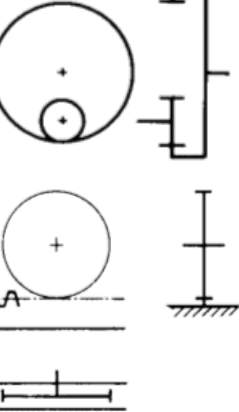
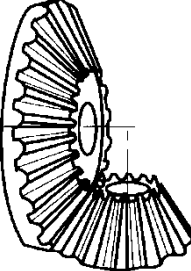
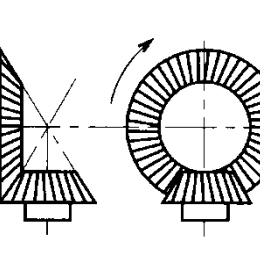
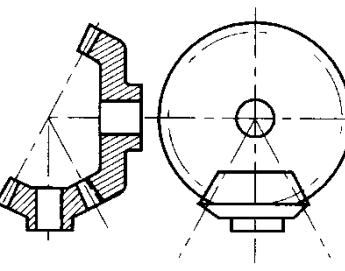
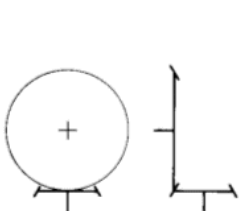
$$C_1 = r_1 \cdot F_T$$

**Couple sur la roue 2 :**

$$C_2 = r_2 \cdot F_T$$

**Remarque :** Pour tous les calculs sur les engrenages, on prendra toujours l'effort transmis par une seule dent.

# Représentation des engrenages :

Types d'engrenages	Perspectives	Schémas de principe	Dessin normalisé	Schémas cinématiques
<b>Engrenages droits à denture droite</b>				
<b>Engrenages droits à denture hélicoïdale</b>				
<b>Engrenages coniques</b>				
<b>Engrenages à roue et vis sans fin</b>	