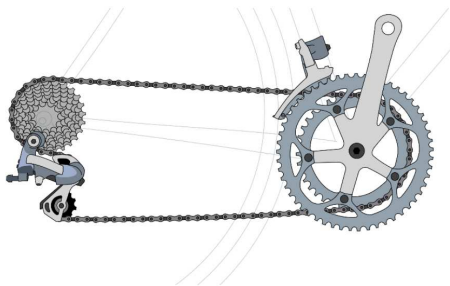


**1 – PREAMBULE**

Dans les systèmes mécaniques, le mouvement fourni par un moteur, un pédalier ou un vérin par exemple a bien souvent besoin d'être **transmis** d'un point à un autre mais aussi **transformé** et **adapté**.

Pour cela, on dispose de nombreux systèmes ; en voici quelques exemples :



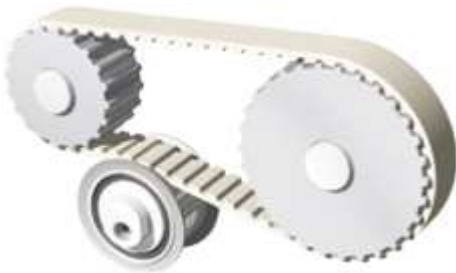
Pignon / Chaîne



Engrenages à roues cylindriques



Pignon / Crémaillère



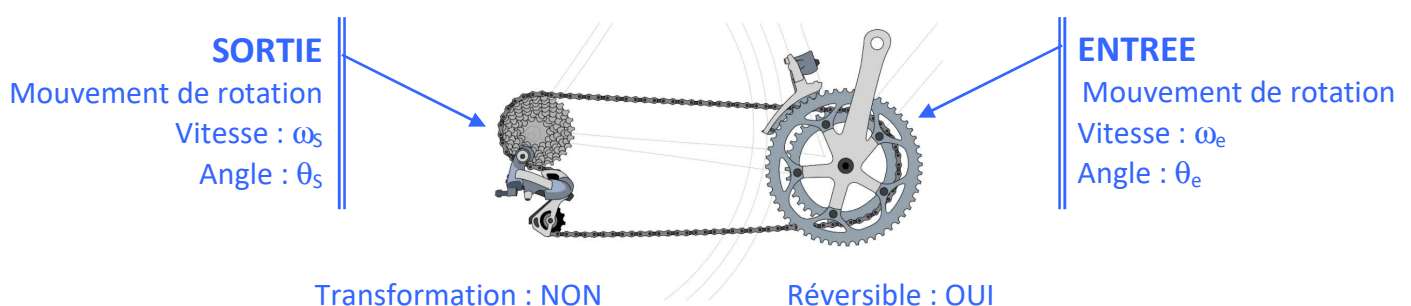
Poulies / Courroie



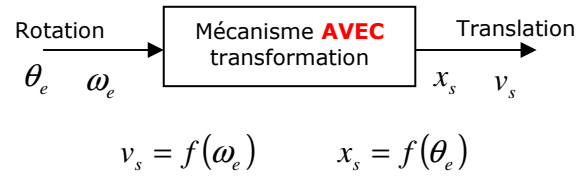
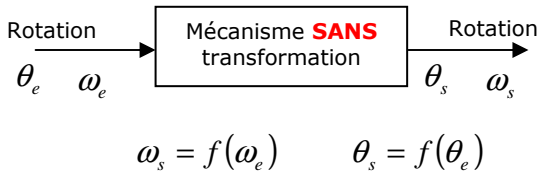
Double joint de cardan

**2 – CARACTERISTIQUES GENERALES**

- ⇒ Un mécanisme possède toujours une pièce d'entrée et une pièce de sortie.
- ⇒ L'entrée est l'organe motorisé (via un moteur, une manivelle, un pédalier, un vérin, etc.)
- ⇒ La sortie est mue par l'entrée ; on dit que l'entrée est « pilotante » ; la sortie est « pilotée ».
- ⇒ Si les mouvements d'entrée et de sortie sont différents (rotation  $\leftrightarrow$  translation), il y a **transformation**.
- ⇒ Si on peut inverser l'entrée et la sortie (la sortie pilote l'entrée), le système est dit « **réversible** ».



\* **Loi d'entrée/sortie** : formule exprimant une grandeur de sortie en fonction d'une grandeur d'entrée.



La formule explicite de  $f(\omega_e)$  (approche cinématique) ou  $f(\theta_e)$  (approche géométrique) dépend du mécanisme ; c'est au cas par cas (voir plus loin).

Selon le besoin du problème posé, on utilise l'approche **cinématique** ou **géométrique**. Mais les deux approches sont équivalentes ; on passe de l'une à l'autre très simplement avec :

$v = \frac{x}{t} \Leftrightarrow x = v \cdot t$     et     $\omega = \frac{\theta}{t} \Leftrightarrow \theta = \omega \cdot t$

\* **Rapport de transmission** : dans le cas particulier où **les mouvements d'entrée ET de sortie sont des rotations**, on peut poser le rapport de transmission :

Par définition, on a :  $r = \frac{\omega_s}{\omega_e}$  et comme  $\omega = \frac{\theta}{t}$ , on a aussi  $r = \frac{\theta_s}{\theta_e}$

Trois cas possibles :

$r < 1 \Rightarrow$  **Réducteur** (la vitesse de sortie est plus petite que celle d'entrée)

$r = 1 \Rightarrow$  **Conservateur** (la vitesse de sortie est égale à celle d'entrée)

$r > 1 \Rightarrow$  **Multiplicateur** (la vitesse de sortie est plus grande que celle d'entrée)

Le calcul explicite du rapport de transmission dépend du mécanisme ; c'est au cas par cas (voir plus loin).

Si le mouvement d'entrée et/ou le mouvement de sortie n'est pas une rotation, alors la notion de rapport de transmission ne se pose pas.

### 3 – ENGRENAGES

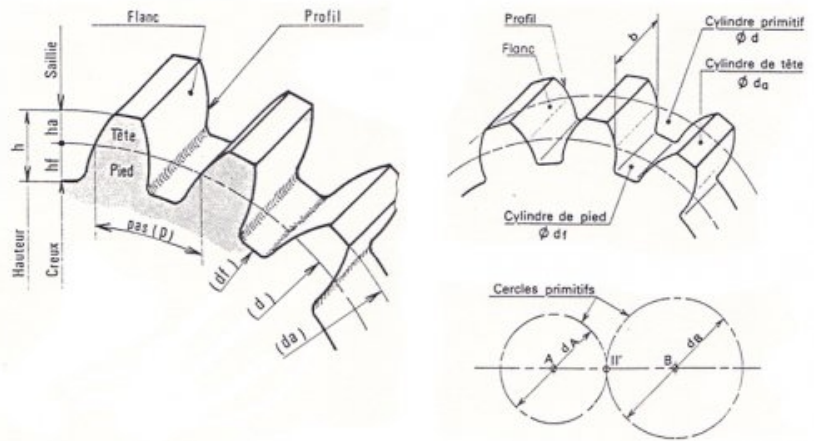
On appelle engrenage un ensemble de deux roues. La plus petite des deux s'appelle **pignon**.

On note  $d_A$  et  $d_B$  les **diamètres primitifs** des roues (A) et (B). Ces diamètres se tangent lors de l'engrènement.

Le nombre de dents d'une roue  $Z$  et son diamètre primitif  $d$  sont liés par la relation :

$$d = m \cdot Z$$

$m$  est le module ; sa valeur est normalisée.



MODULES NORMALISÉS			
Valeurs principales		Valeurs secondaires	
0,50	4	0,550	4,5
0,60	5	0,700	5,5
0,80	6	0,900	7
1	8	1,125	9
1,25	10	1,375	11
1,50	12	1,750	14
2	16	2,250	18
2,50	20	2,750	22
3	25	3,500	28

Le module  $m$  traduit la « taille » de la dent : plus le module est important, plus la dent est « grosse ».

Le module se détermine à l'aide de la RDM, en fonction de la puissance à transmettre ; cette dernière impose un effort tangentiel  $T$  sur la dent et on a :

$$m \geq 2,34 \cdot \sqrt{\frac{T}{k \cdot R_{pe}}}$$

$T$  : effort tangentiel sur la dent (N)  
 $k$  : coefficient de largeur de denture (8 ou 10)  
 $R_{pe}$  : Résistance pratique à l'extension (MPa)

La largeur de denture,  $b$ , résulte d'un calcul de RDM (prise en compte du matériau et de l'effort sur une dent qui lui-même dépend du couple à transmettre). Dans la pratique, on a  $b = k \cdot m$  avec  $k = 8$  ou  $10$ .

#### \* Roues cylindriques (axes parallèles)

- ⇒ Réversible : OUI
- ⇒ Mouvement d'entrée : rotation
- ⇒ Mouvement de sortie : rotation
- ⇒ Caractéristiques : nombre de dents des roues d'entrée et de sortie,  $Z_e$  et  $Z_s$ .

⇒ Rapport de transmission :  $r = \frac{Z_e}{Z_s}$

⇒ Loi d'entrée/sortie :  $r = \frac{Z_e}{Z_s}$  et  $r = \frac{\omega_s}{\omega_e}$  (par définition) donc  $\frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{Z_e}{Z_s}$  ⇔

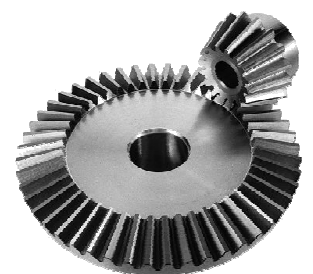
$$\omega_s = \frac{Z_e}{Z_s} \cdot \omega_e$$

- ⇒ Rendement énergétique :  $\sim 0,95$ .



#### \* Roues coniques (axes concourants)

- ⇒ Réversible : OUI
- ⇒ Mouvement d'entrée : rotation
- ⇒ Mouvement de sortie : rotation
- ⇒ Caractéristiques : nombre de dents des roues d'entrée et de sortie,  $Z_e$  et  $Z_s$ .



⇒ Rapport de transmission :  $r = \frac{Z_e}{Z_s}$  

⇒ Loi d'entrée/sortie :  $r = \frac{Z_e}{Z_s}$  et  $r = \frac{\omega_s}{\omega_e}$  (par définition) donc  $\frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{Z_e}{Z_s} \Leftrightarrow \boxed{\omega_s = \frac{Z_e}{Z_s} \cdot \omega_e}$

⇒ Rendement énergétique :  $\sim 0,90$ .



### \* Roue et vis sans fin (axes gauches)

⇒ Réversible : OUI si  $\beta > \varphi$  (angle d'hélice plus grand que l'angle de frottement)

⇒ Mouvement d'entrée : rotation

⇒ Mouvement de sortie : rotation

⇒ Caractéristiques : nombre de dents de la roue (entrée),  $Z_R$  et de nombre de filets de la vis (sortie),  $Z_V$ .

⇒ Rapport de transmission :  $r = \frac{Z_V}{Z_R}$  

⇒ Loi d'entrée/sortie :  $r = \frac{Z_V}{Z_R}$  et  $r = \frac{\omega_s}{\omega_e}$  (par définition) donc  $\frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{Z_V}{Z_R} \Leftrightarrow \boxed{\omega_s = \frac{Z_V}{Z_R} \cdot \omega_e}$

⇒ Rendement énergétique (vis motrice) : de 0,5 (pas très bon) à 0,96 si réversible et bien graissé.



### \* Pignon/crémaillère

⇒ Réversible : OUI

⇒ Caractéristiques : nombre de dents de la roue (entrée)  $Z$ , module  $m$ , diamètre primitif,  $d$  (avec là aussi  $d = m \cdot Z$ ).

⇒ Mouvement d'entrée : rotation (ou translation car réversible)

⇒ Mouvement de sortie : translation (ou rotation car réversible)

⇒ Rapport de transmission : -

⇒ Loi d'entrée/sortie :

$$\boxed{v = R \cdot \omega \quad \Leftrightarrow \quad x = R \cdot \theta}$$

Vitesse linéaire (mm.s <sup>-1</sup> )	↑	↑	↑	↑	↑	↑	Déplacement angulaire (rad)
Rayon primitif (mm)	↑	↑	↑	↑	↑	↑	Rayon primitif (mm)
Vitesse angulaire (rad.s <sup>-1</sup> )	↑	↑	↑	↑	↑	↑	Déplacement linéaire (mm)

⇒ Rendement énergétique :  $\sim 0,9$

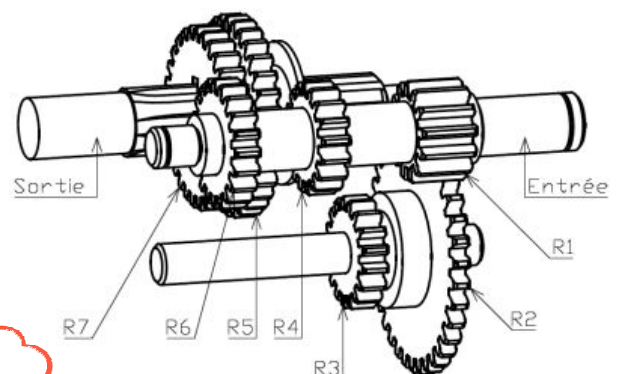


## 4 – TRAINS SIMPLES D'ENGRENAGES

Un train d'engrenage se compose de plusieurs engrenages. Chaque engrenage  $i$  possède son propre rapport de transmission  $r_i$ .

Rapport de transmission global entre l'entrée et la sortie :

$$\boxed{r = \frac{\omega_s}{\omega_e} \quad r = \prod r_i \quad r = \frac{\prod Z_{menantes}}{\prod Z_{menées}}}$$

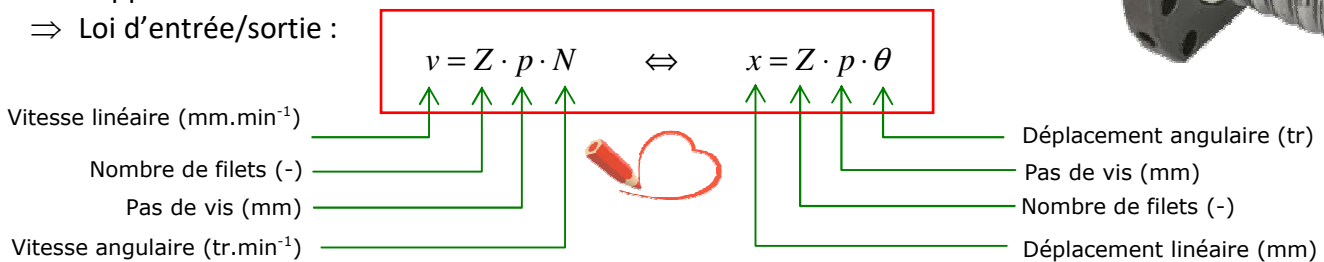


## 5 – TRAINS EPICYCLOÏDAUX

⇒ Non traité.

## 6 – VIS / ECROU (OU LIAISON HELICOÏDALE, C'EST LA MEME CHOSE)

- ⇒ Réversible : OUI si  $\beta > \varphi$  ou si vis à billes
- ⇒ Caractéristiques : nombre de filets,  $Z$  et pas de vis,  $p$ .
- ⇒ Mouvement d'entrée : rotation de la vis
- ⇒ Mouvement de sortie : translation de l'écrou
- ⇒ Rapport de transmission : -
- ⇒ Loi d'entrée/sortie :



⇒ Rendement énergétique : variable selon l'angle d'hélice  $\beta$  et le coefficient de frottement  $f$ .

Voir les fiches sur les filetages pour de plus amples informations (pas, profil, jeu dans la liaison, etc.).

## 7 – POULIE / COURROIE

- ⇒ Réversible : OUI
- ⇒ Caractéristiques : diamètres des poulies.
- ⇒ Mouvement d'entrée : rotation
- ⇒ Mouvement de sortie : rotation
- ⇒ Le sens de rotation est conservé mais on peut croiser la courroie.
- ⇒ Rapport de transmission :  $r = \frac{d_e}{d_s}$



⇒ Si courroie lisse, il y a un glissement de l'ordre 4% ; sinon courroie crantée.

⇒ Loi d'entrée/sortie :  $r = \frac{d_e}{d_s}$  et  $r = \frac{\omega_s}{\omega_e}$  (par définition) donc  $\frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{d_e}{d_s} \Leftrightarrow \omega_s = \frac{d_e}{d_s} \cdot \omega_e$

⇒ Rendement énergétique :  $\sim 0,9$ .

## 8 – PIGNON/CHAÎNE

- ⇒ Réversible : OUI
- ⇒ Caractéristiques : diamètres des roues.
- ⇒ Mouvement d'entrée : rotation
- ⇒ Mouvement de sortie : rotation
- ⇒ Le sens de rotation est conservé.

⇒ Rapport de transmission :  $r = \frac{d_e}{d_s}$

⇒ Loi d'entrée/sortie :  $r = \frac{d_e}{d_s}$  et  $r = \frac{\omega_s}{\omega_e}$  (par définition) donc  $\frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{d_e}{d_s} \Leftrightarrow \omega_s = \frac{d_e}{d_s} \cdot \omega_e$

⇒ Rendement énergétique :  $\sim 0,8$ .

