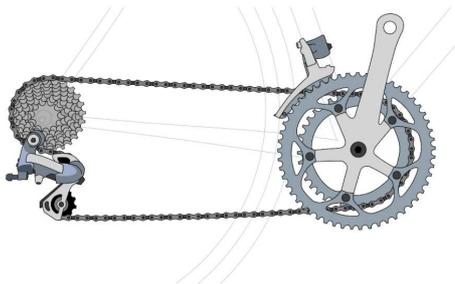


**1 – PREAMBULE**

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 :



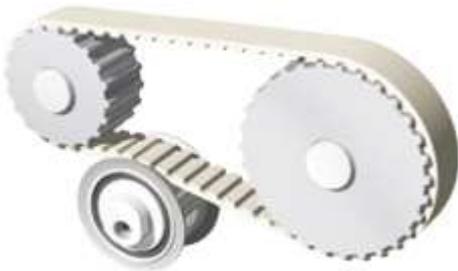
Pignon / Chaîne



Engrenages à roues cylindriques



Pignon / Crémaillère



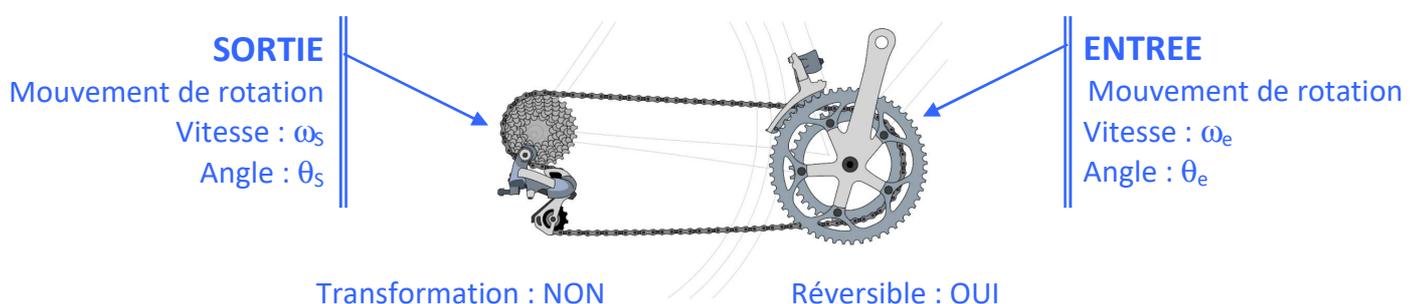
Poulies / Courroie



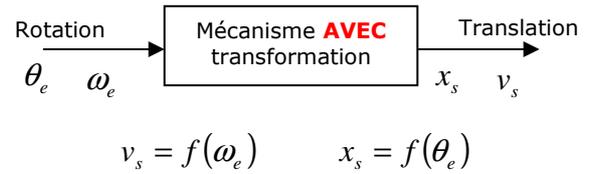
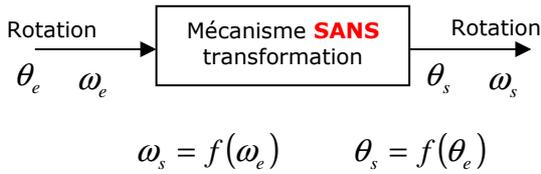
Double joint de cardan

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

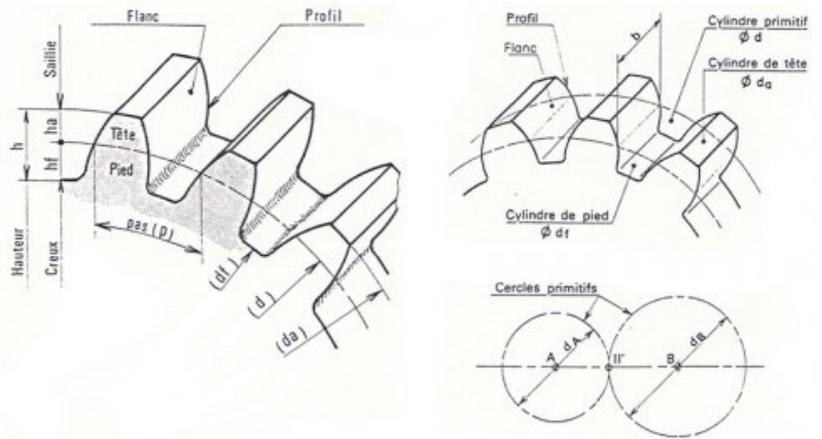
On appelle engrenage un ensemble de deux roues. La plus petite des deux s'appelle **pignon**.

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

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

⇒ 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 $\frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{Z_V}{Z_R} \Leftrightarrow \omega_s = \frac{Z_V}{Z_R} \cdot \omega_e$ 

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



* Pignon/crémaillère

⇒ Réversible : OUI

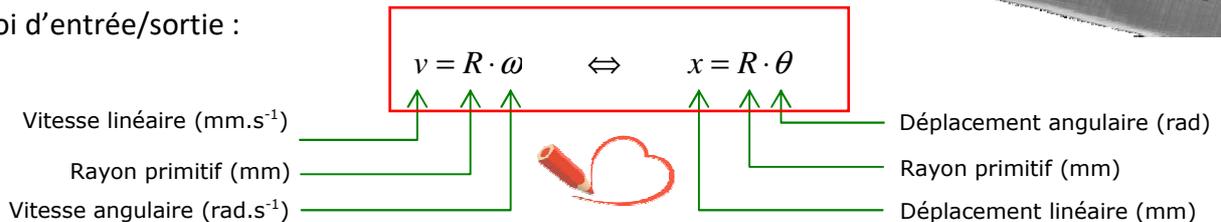
⇒ Caractéristiques : nombre de dents de la roue (entrée) Z , module m , diamètre primitif, d (avec là aussi $d = m \cdot Z$).

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

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

⇒ Rapport de transmission : -

⇒ Loi d'entrée/sortie :



⇒ Rendement énergétique : $\sim 0,9$



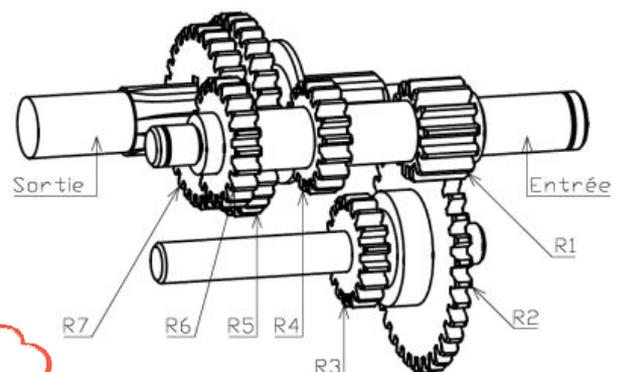
4 – TRAINS SIMPLES D'ENGRENAGES

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 :

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



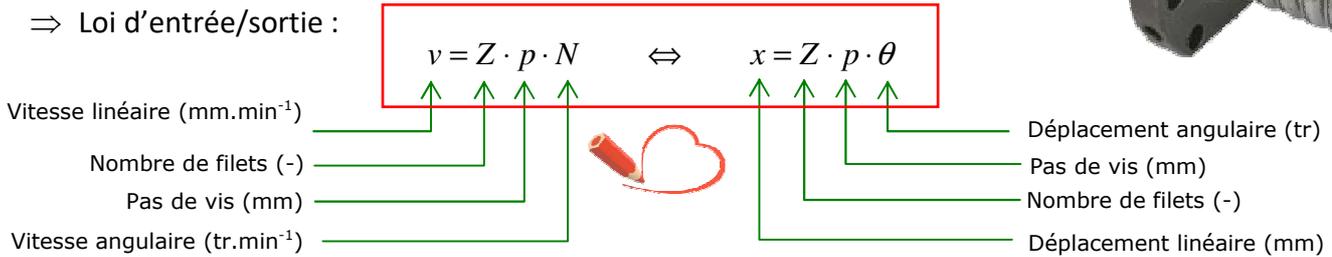


5 – TRAINS EPICYCLOÏDAUX

⇒ 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 β 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 : $\sim 0,8$.

