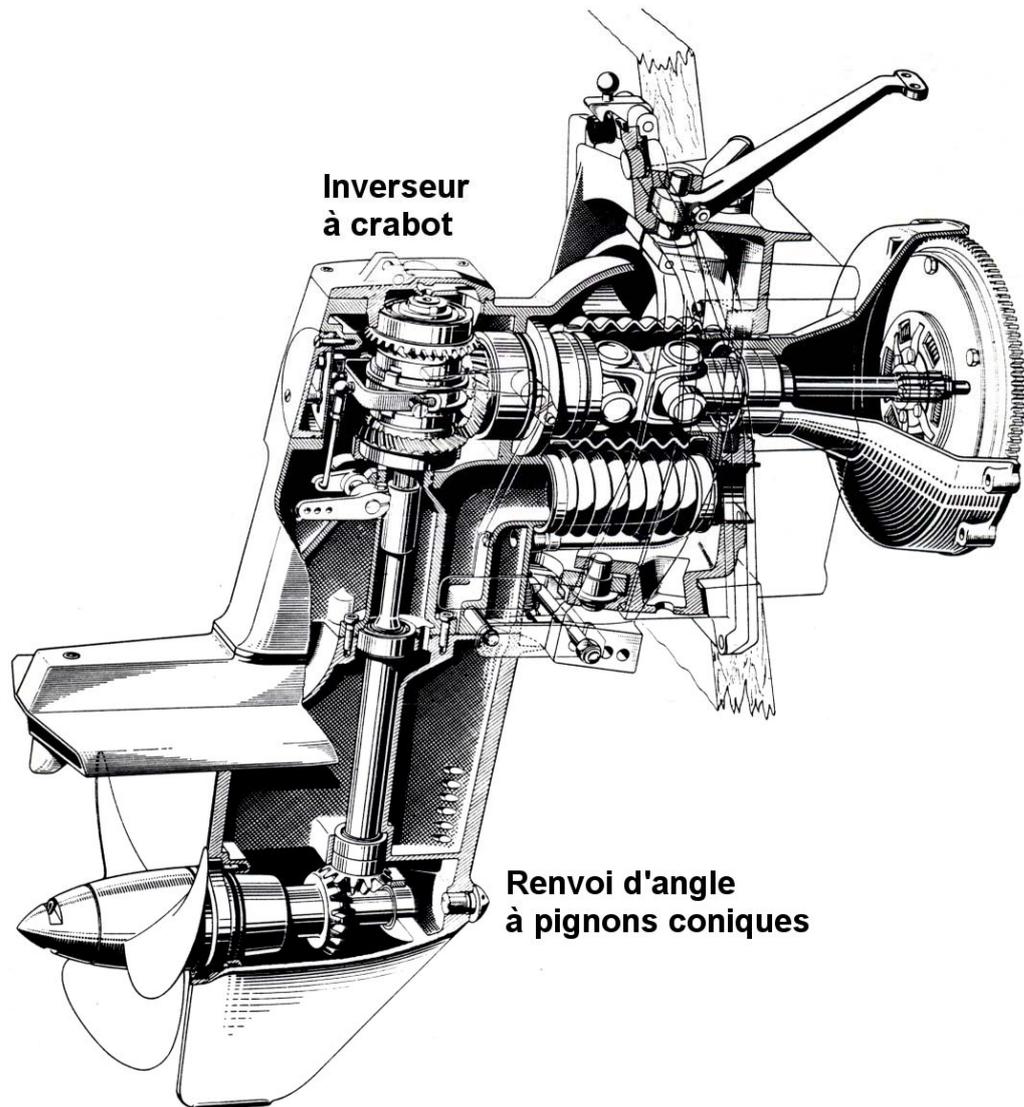

Transmission de puissance

ENGRENAGES



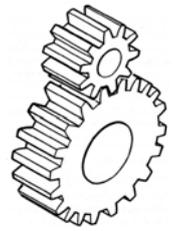
Matthieu BARREAU

Pascal MARTINELLI

GMP

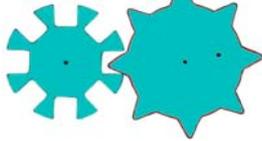
IUT de CACHAN

Transmission par Engrenages



1. GEOMETRIE : Intérêt du profil de denture en développante de cercle.

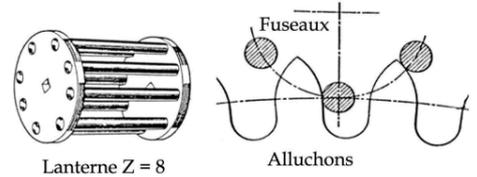
Engrenage primitif



Engrenage « primitif » :

- La transmission n'est pas homocinétiq (mouvement discontinu)
- L'effort transmis est de direction variable (vibrations),
- Glissement important entre les dentures (rendement, usure)

Engrenage à lanterne

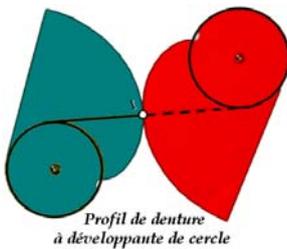


Lanterne Z = 8

Alluchons

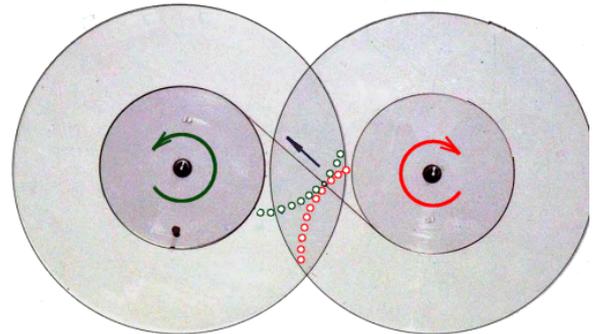
Engrenages à profils conjugués en développante de cercle :

Génération de profils conjugués à partir d'une analogie avec un système poulie/courroie croisée. On voit bien apparaître les développantes de cercle, point par point, trajectoires d'un point (nœud) de la courroie sur les disques liés aux poulies, et on est sûr des propriétés suivantes :



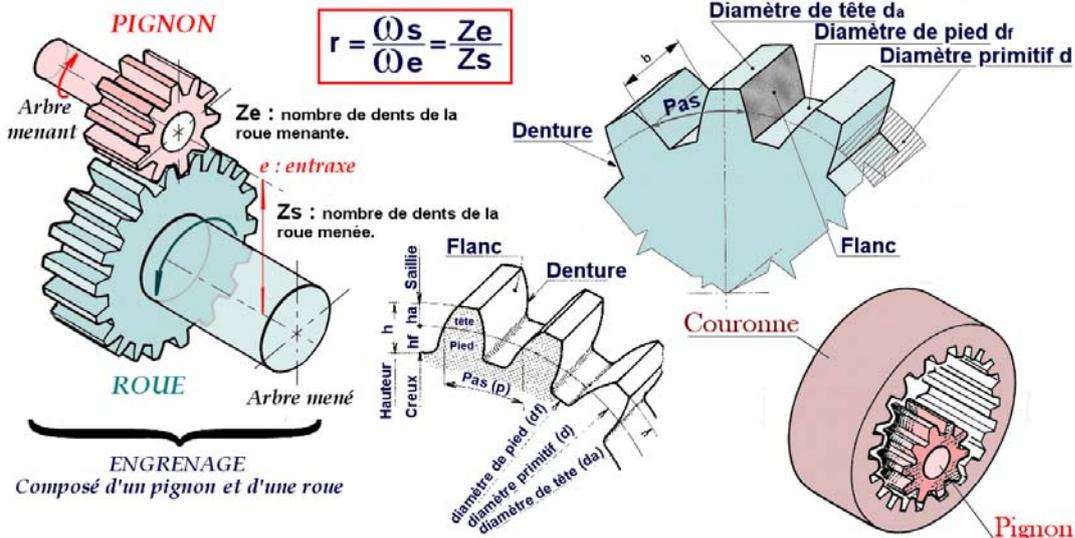
Profil de denture à développante de cercle

- homocinétisme,
- Effort de direction constante (angle de pression constant),
- Roulement sans glissement.



Génération point à point d'un profil en développante de cercle.

2. VOCABULAIRE :



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

3. DEFINITION DE LA DENTURE.

Les dimensions de la dent sont données par le module.

$$m = \frac{D_p}{Z}$$

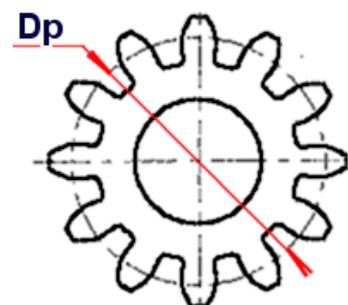
Avec :

m : module de la dent (0,5 ; 0,6 ; 0,8 ; 1 ; 1,25 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 4 ; 5)

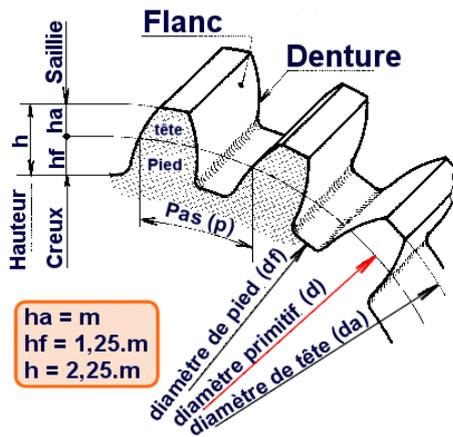
Z : Nombre de dents.

- Les modules choisis augmentent quand les couples transmis augmentent.
- Lorsque les modules diminuent trop, le rendement de transmission diminue.

$$D_p = m \cdot Z$$



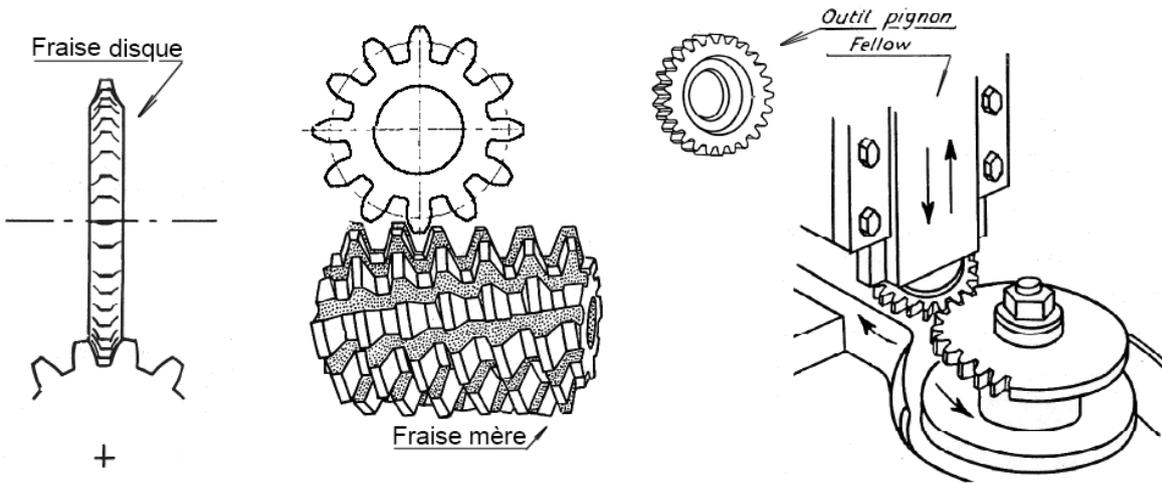
Z = 12 dents



$h_a = m$
 $h_f = 1,25.m$
 $h = 2,25.m$

Désignation	Symbole	Formule
Module	m	Par un calcul de RDM
Nombre de dents	Z	Par un rapport de vitesse
Diamètre primitif	d	$d = mZ$
Diamètre de tête	d_a	$d_a = d + 2m$
Diamètre de pied	d_f	$d_f = d - 2,5m$
Saillie	h_a	$h_a = m$
Creux	h_f	$h_f = 1,25m$
Hauteur de dent	h	$h = 2,25m$
Pas	p	$p = \pi m$
Largeur de denture	b	$b = km \ (5 \leq k \leq 16)$
Entraxe	a	$a = (d_1 + d_2)/2$

4. FABRICATION



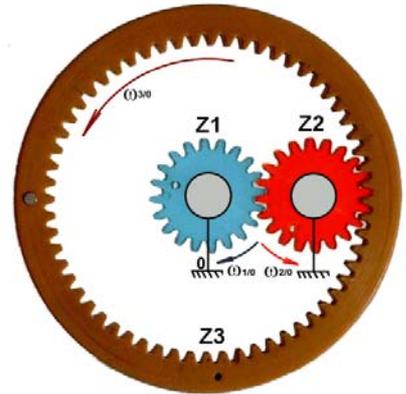
5. EMPLOIS COURANTS

3.1 Modification de la fréquence de rotation et éventuellement du sens de rotation.

$$r = \frac{\omega_{s,0}}{\omega_{e,0}} = (-1)^n \frac{\prod(Z_{roues\ menantes})}{\prod(Z_{roues\ menées})}$$

n : nombre de contacts extérieurs.

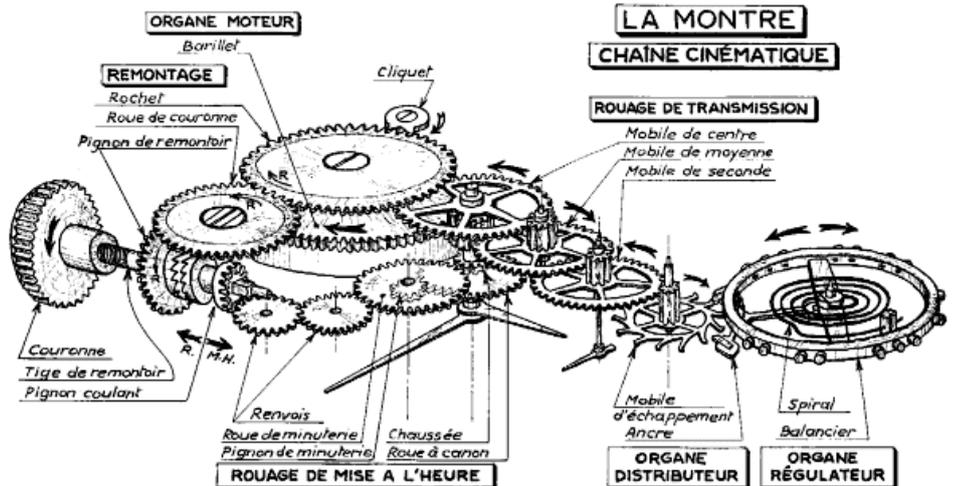
- Entre les pignons 1 et 2 : contact extérieur.
- Entre le pignon 2 et la roue 3 : contact intérieur.



$$r = \frac{\omega_{s,0}}{\omega_{e,0}} = \frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}} = (-1)^n \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_2 \cdot Z_3} = -\frac{Z_1}{Z_3} \quad r = \omega_s / \omega_e : \text{Rapport de réduction}$$

Applications :

Horlogerie, Machine outils etc ...



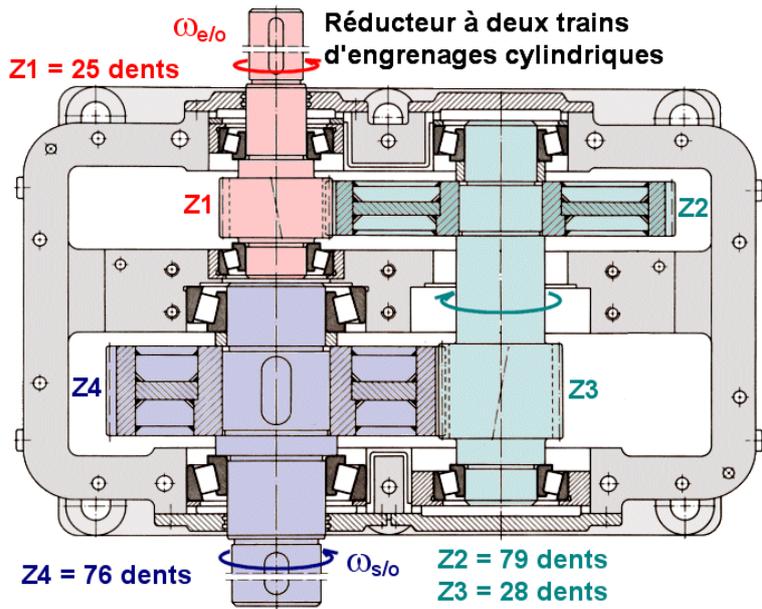
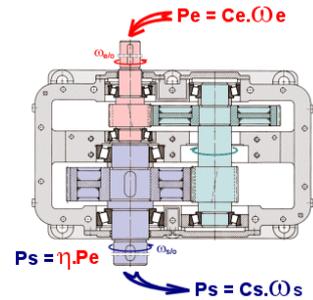
3.2 Modification du couple.

L'emploi en réducteur d'un train d'engrenages a le plus souvent comme objectif une augmentation (adaptation) du couple en sortie.

La puissance d'entrée est donnée par :

$$P_e = C_e \cdot \omega_e$$

En régime permanent, à vitesse constante on a :



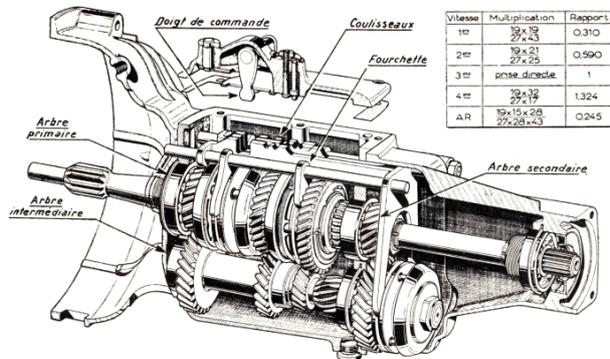
$P_s = \eta \cdot P_e$ avec η : rendement de transmission (entre 95 et 98% pour un couple pignon/roue)
En connaissant le rapport de réduction, on peut en déduire le couple en sortie.

• **Ex :**

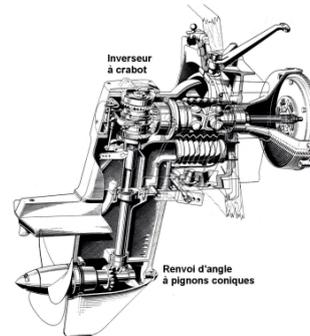
$$P_s = \eta \cdot P_e \quad C_s \cdot \omega_s = \eta \cdot C_e \cdot \omega_e \quad C_s = \eta \cdot C_e \cdot \frac{\omega_{e/o}}{\omega_{s/o}} = \eta \cdot C_e \cdot \frac{1}{r} \quad r = \frac{\omega_{s/o}}{\omega_{e/o}} = (-1)^2 \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = 0,116$$

• **Applications :**

Boîtes de vitesse, réducteurs, winch de bateau, tournevis électrique etc...

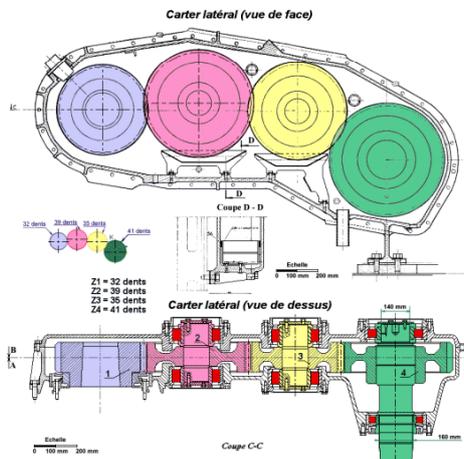
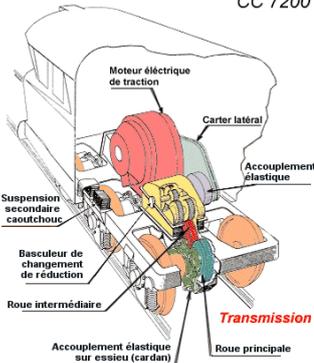


Vitesse	Multiplication	Rapport
1 ^{er}	$\frac{35 \times 33}{27 \times 43}$	0,310
2 ^{em}	$\frac{19 \times 21}{27 \times 25}$	0,590
3 ^{em}	prise directe	1
4 ^{em}	$\frac{35 \times 33}{27 \times 19}$	1,324
A.R	$\frac{15 \times 28}{27 \times 28 \times 3}$	0,245

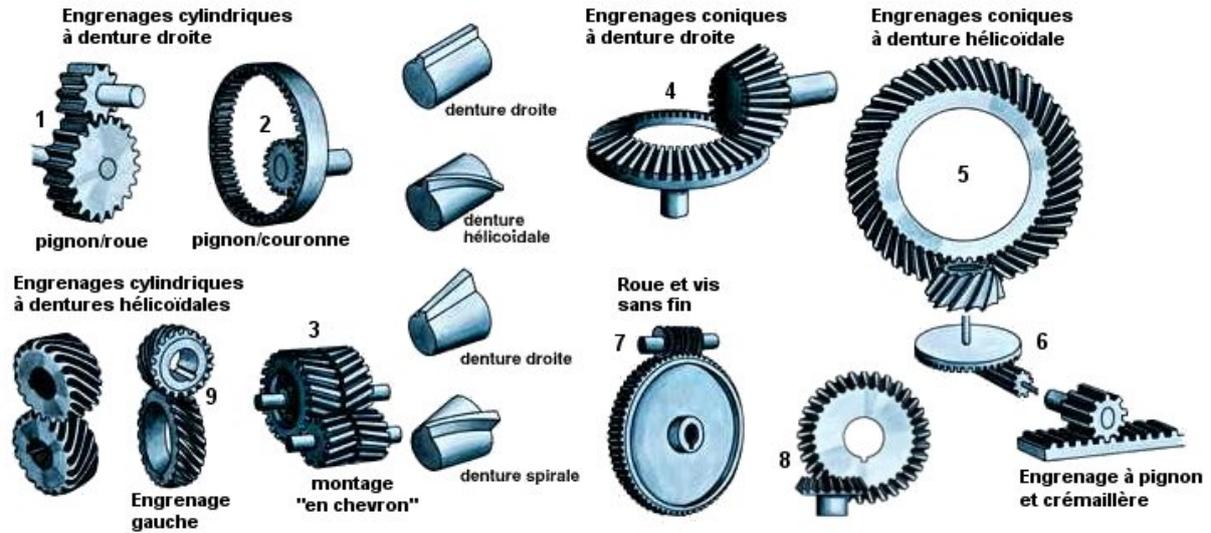


Changement de vitesse à quatre combinaisons de marche avant. Tous les pignons sont à denture à prise constante. L'arbre entraine est dans le prolongement du primaire pour transmission vers les roues AR motrices

Architecture de Bogie de locomotive CC 7200



3.3 Modification de l'axe de rotation.

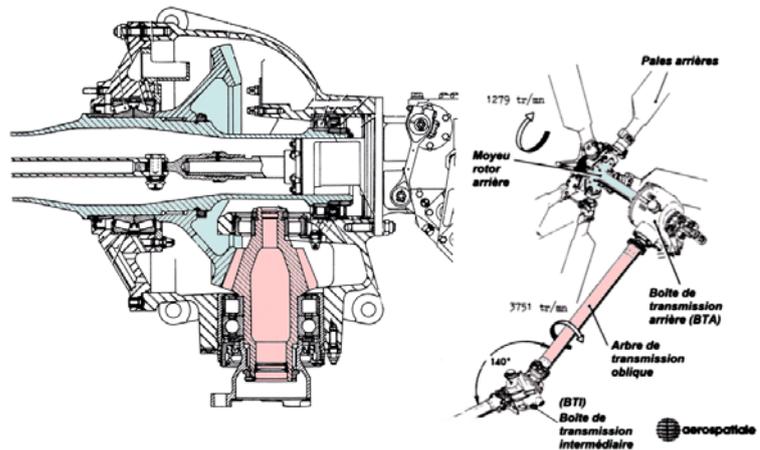


- Exemples :

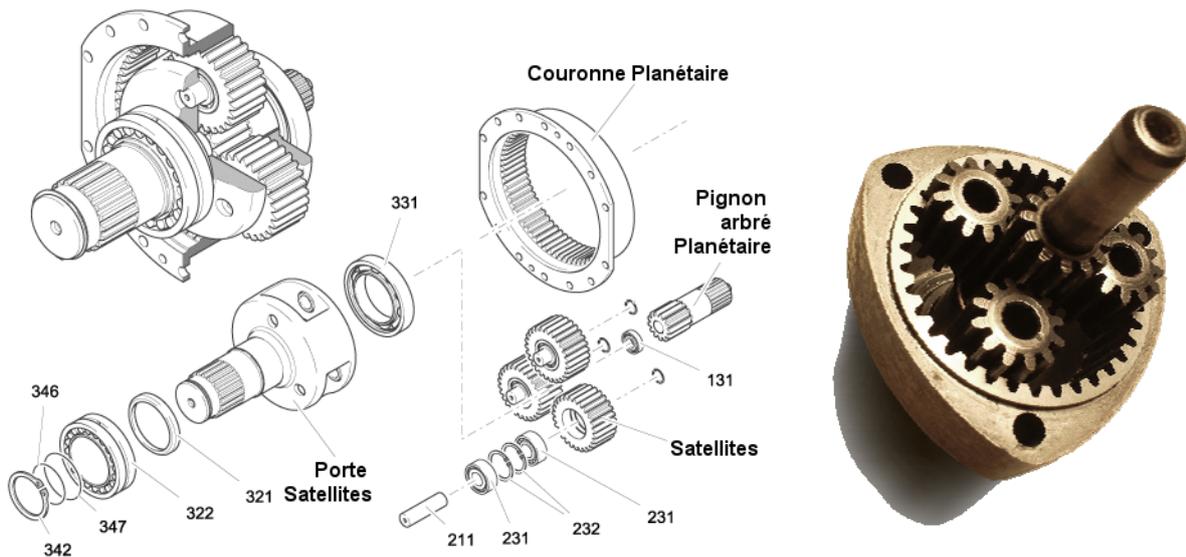
Décalage de deux axes parallèles (1; 2; 3) par pignons cylindriques.

Décalage angulaire de deux axes concourants (4; 5; 6 et ci contre le boîtier de transmission arrière d'hélicoptère) par pignons coniques.

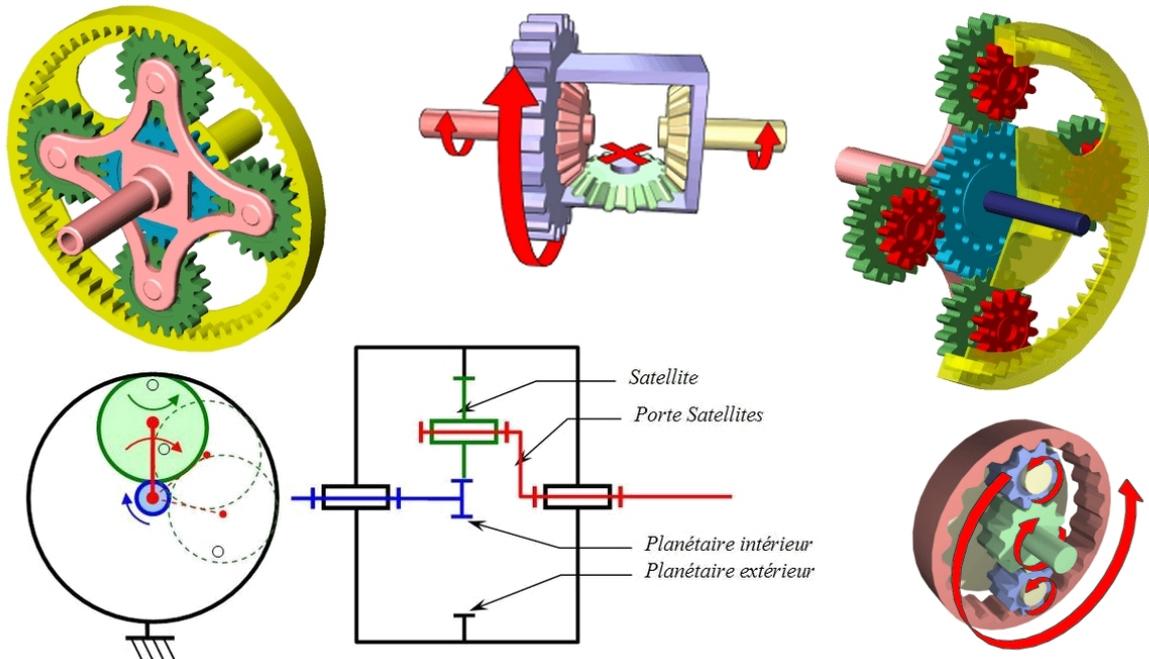
Axes perpendiculaires non concourants
Roue et vis sans fin (7)
Pignons coniques décalés, hypoïdes (8)
Engrenage gauche (prise de compteur de vélo 9)



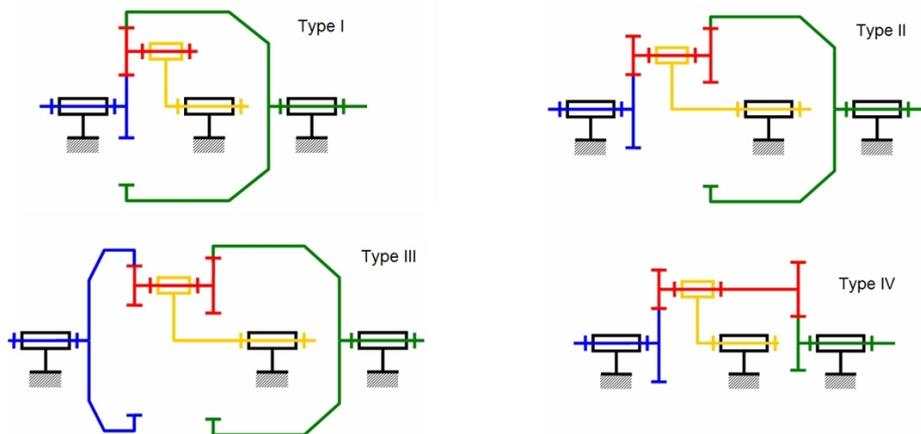
6. TRAINS EPICYCLOÏDAUX



6.1 Principes et architectures.



6.2 Différentes architectures possibles.



6.3 RAPPORTS de REDUCTION; WILLIS

- Relation de WILLIS

$$\frac{\omega_{s/ps}}{\omega_{e/ps}} = \frac{\omega_{s/o} - \omega_{ps/o}}{\omega_{e/o} - \omega_{ps/o}} = (-1)^n \frac{\Pi(Z_{roues\ menantes})}{\Pi(Z_{roues\ menées})}$$

Avec :

$\omega_{e/o}$ = vitesse de rotation du planétaire d'entrée/ R_0 .

$\omega_{s/o}$ = vitesse de rotation du planétaire de sortie/ R_0 .

$\omega_{ps/o}$ = vitesse de rotation du porte satellite / R_0 .

- Choisir un planétaire d'entrée et un planétaire de sortie.
- Ecrire la relation de Willis en calculant la raison du train en immobilisant le porte satellite.

En utilisant la composition des vitesses de rotation, faire apparaître $\omega_{e/o}$; $\omega_{s/o}$; $\omega_{ps/o}$.

- En utilisant les données du problème (par exemple $\omega_{ps/o} = 0$) conclure sur la loi entrée sortie.

