

1- DEFINITION

Le nom de réducteur est réservé à un mécanisme séparé s'intercalant entre un *moteur* et un *récepteur*. Lorsque le moteur est fixé sur le carter du réducteur, l'ensemble porte le nom de moto-réducteur.

2 - FONCTION

Un réducteur sert à **réduire la vitesse** d'un moteur (hydraulique, pneumatique, thermique, électrique) avec transmission de la puissance motrice vers une machine réceptrice en absorbant le moins d'énergie.

Il permet d'**augmenter le couple** moteur afin d'entraîner en rotation un organe récepteur sous l'effet d'un nouveau couple.

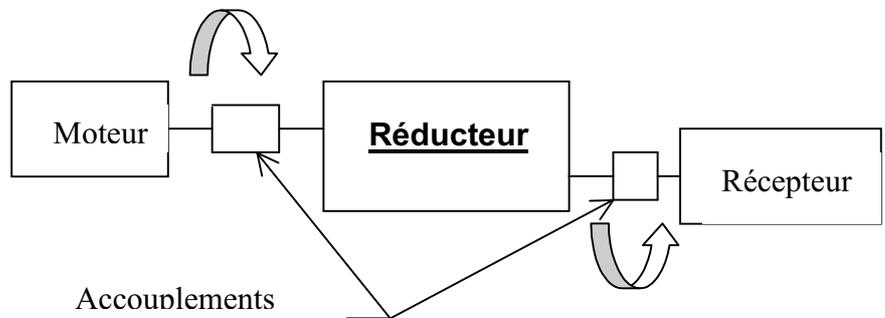
Remarques

- ✓ La fréquence de rotation du moteur électrique généralement utilisé est : $N_m = 1500$ tr/min
- ✓ La transmission de puissance se fait par engrenages
- ✓ Les réducteurs réversibles peuvent être utilisés comme multiplicateur.

3 - CONDITIONS D'ENTRAINEMENT

Données :

- Puissance motrice : P_m (kW)
- Vitesse motrice N_m (tr / min)
- Vitesse réceptrice N_r (tr / min)
- Rendement



Rapport de réduction

$$k = \frac{N_r}{N_m}$$

$$k = 1 \Rightarrow N_r = N_m$$

$$k < 1 \Rightarrow N_r < N_m \Rightarrow \text{réducteur}$$

$$k > 1 \Rightarrow N_r > N_m \Rightarrow \text{multiplicateur}$$

Raison d'un réducteur

$$r = (-1)^n \frac{\prod Z_{\text{menantes}}}{\prod Z_{\text{menées}}} \quad (1)$$

n : nombre de contacts extérieurs

Si r est positif, même sens de rotation entre l'entrée et la sortie.

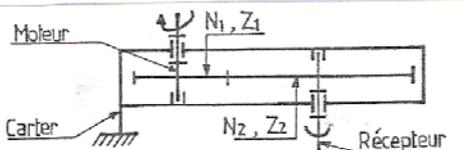
Si r est négatif, sens contraire de rotation entre l'entrée et la sortie.

L'équation (1) ne s'applique que pour les engrenages ou trains d'engrenages cylindriques.

4 - DIFFERENTS TYPES DE REDUCTEURS

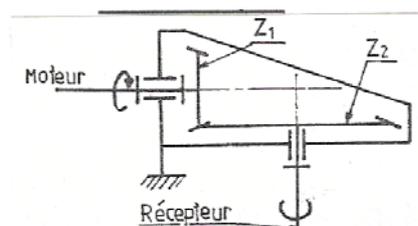
4.1 - REDUCTEURS A UN ENGRENAGE

4.1.1 - à roues cylindriques



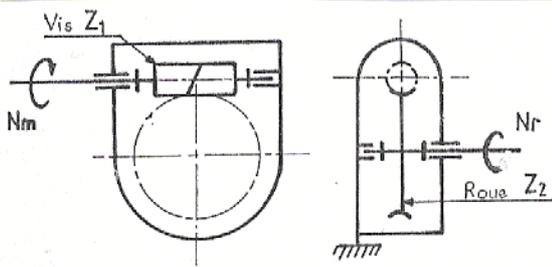
$$k = \frac{N_2}{N_1} \quad r = (-1)^1 \frac{Z_1}{Z_2} = -\frac{Z_1}{Z_2}$$

4.1.2 - à roues coniques



$$k = \frac{N_2}{N_1} \quad r = \frac{Z_1}{Z_2}$$

4.2 - REDUCTEUR A ROUE ET VIS SANS FIN



- Rapport de réduction relevé
- Généralement réversible

$$k = \frac{N_r}{N_m} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

4.3 - REDUCTEUR A TRAIN D'ENGRENAGES

4.3.1 Définition d'un train d'engrenages

un train d'engrenage est une suite d'engrenage destinés à transmettre une puissance d'un arbre d'entrée vers un arbre de sortie avec ou sans modification de la vitesse ou du sens de rotation en absorbant le moins possible d'énergie.

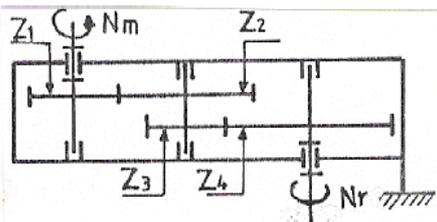
4.3.2 - Classification

Cinématiquement les trains d'engrenages sont classés en deux familles :

- ✓ Les trains simples ou ordinaires
- ✓ Les trains épicycloïdaux ou planétaires

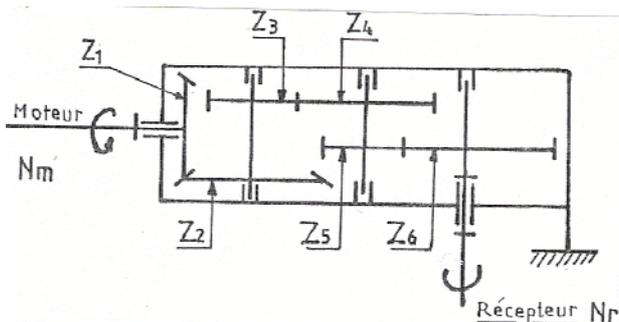
A - LES REDUCTEURS A TRAIN SIMPLE

1. Trains à roues cylindriques



$$k = \frac{N_4}{N_1} \quad r = (-1)^2 \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4}$$

2. Trains à roues cylindriques et coniques

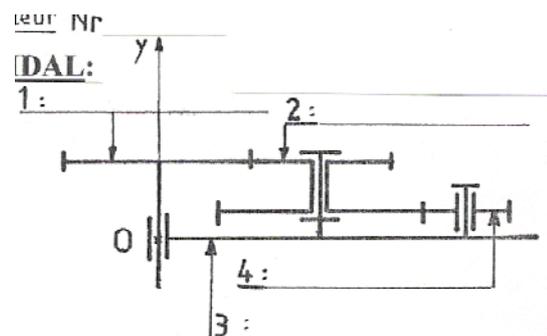


$$k = \frac{N_6}{N_1} \quad r = \frac{Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_5}{Z_2 \cdot Z_4 \cdot Z_6}$$

B - REDUCTEURS A TRAIN EPICYCLOIDAL

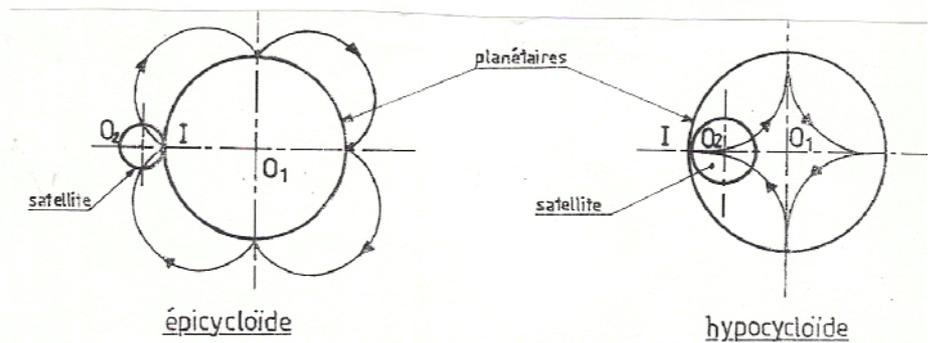
1. Principe

Un pignon central 1 appelé planétaire transmet un mouvement de rotation aux roues 2 appelées satellites libres autour de leur axe, portés par le bras 3 ou porte satellite mobile autour de l'axe du planétaire (Oy). Le satellite transmet le mouvement à la roue 4 appelée dernière roue. Les satellites sont animés de 2 mouvements simultanés, l'un autour de leur axe, l'autre autour de l'axe du planétaire.



Chaque point de leur circonférence décrit une **épicycloïde** (dans le cas d'un engrenage extérieur) ou une **hypocycloïde** (dans le cas d'un engrenage intérieur).

Remarque : Si le bras 3 est fixe le train est dit simple ou ordinaire.

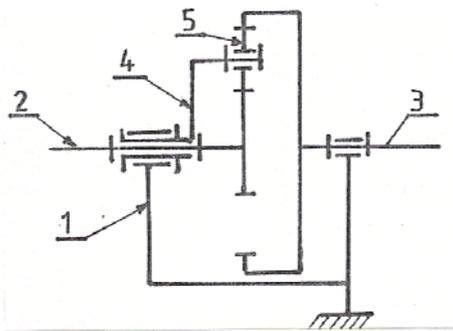


2. - Différents types de trains épicycloïdaux

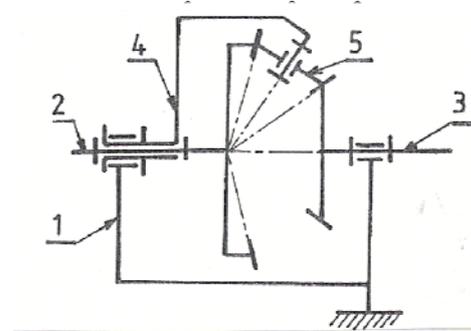
Les trains épicycloïdaux sont dits :

- **plans** : quand les axes des roues sont parallèles (engrenages cylindriques)
- **sphériques** : quand les axes sont concourants (engrenages concourants)
- **gauches** : quand les axes sont quelconques

Notre étude sur les trains épicycloïdaux sera limitée aux trains plans et sphériques



Train épicycloïdal plan



Train épicycloïdal sphérique

Schématiquement ils sont composés de 5 éléments dans le cas général :

- | | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| 1. bâti fixe | 3. dernière roue (arbre de sortie) | 5. satellite |
| 2. planétaire (arbre d'entrée) | 4. porte satellite | |

3. - Formules de WILLIS

Considérons les figures ci-dessus et soient :

$N_{2/1}$: fréquence de rotation du premier pignon de la chaîne cinématique $\rightarrow N_p$

$N_{3/1}$: fréquence de rotation de la dernière roue de la chaîne $\rightarrow N_d$

$N_{4/1}$: fréquence de rotation du bras « porte satellite » $\rightarrow N_{ps}$

La formule de WILLIS est donnée par la relation ci-dessous

$$r = \frac{N_d - N_{ps}}{N_p - N_{ps}} = \frac{N_{3/1} - N_{4/1}}{N_{2/1} - N_{4/1}} \quad \text{avec} \quad r = (-1)^n \frac{\prod Z_{menantes}}{\prod Z_{menées}}$$

La formule de WILLIS lie trois vitesses entre elles ; elle permet d'en déterminer une connaissant les deux autres. On peut adopter $N_{2/1}$, $N_{3/1}$, $N_{4/1}$ indifféremment comme vitesse motrice.

REGLE : La raison d'un train épicycloïdal est le rapport des vitesses absolues des roues extrêmes diminuées chacune de la vitesse absolue du porte satellite

Conseil pour l'application de la formule de WILLIS :

1. Réaliser un schéma minimal du mécanisme
2. Ne pas chercher le moteur et le récepteur
3. Repérer le **porte-satellite** (ps) ainsi que la chaîne cinématique du train d'engrenages (N_{ps}).
4. Appliquer **la formule de WILLIS** entre le premier pignon de cette chaîne appelée **planétaire** (N_p) et la **dernière roue** (N_d) de cette chaîne.

NB : Etant donné que les vitesses N_{21} , $N_{3/1}$, $N_{4/1}$ sont des vitesses absolues dans le repère fixe, nous écrirons simplement N_2 , N_3 , N_4 .

Pour les trains sphériques la relation $r = (-1)^n \frac{\prod Z_{menantes}}{\prod Z_{menées}}$ n'est pas valable pour déterminer le

signe de la raison. Cette formule ne s'applique que pour les trains plans, cependant la formule de WILLIS reste valable.

Il suffit, pour déterminer le sens de rotation de l'arbre de sortie, d'immobiliser par la pensée le porte-satellite et de libérer les engrenages.

4.- Applications :

Les applications des trains plans sont nombreuses et variées. Ces trains permettent de gros rapports de réduction pour des encombrements faibles.

On distingue deux fonctions essentielles :

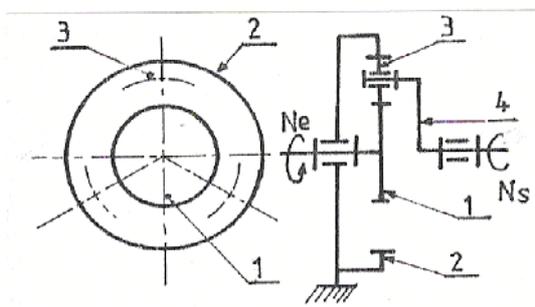
- La fonction réduction
- La fonction différentielle.

4.1- Fonction réduction

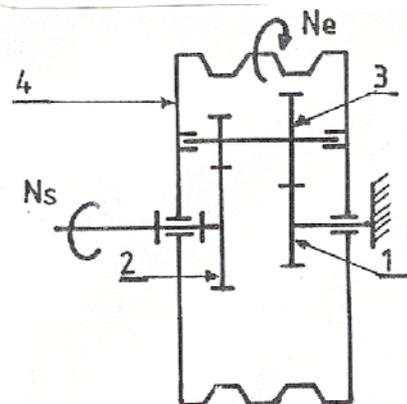
Un des trois paramètres de la formules de WILLIS est nul; c'est à dire que un des trois éléments : planétaire, dernière roue, ou porte satellite est lié au repère fixe.

4.1.1- Trains plans

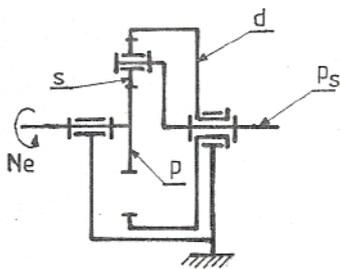
Boite COTAL



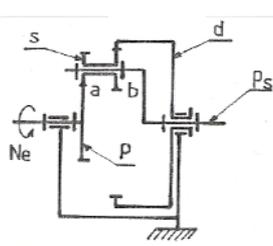
Poulie REDEX



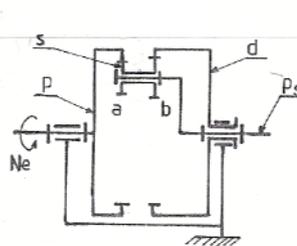
TYPES DE TRAINS EPICYCLOIDaux PLANS



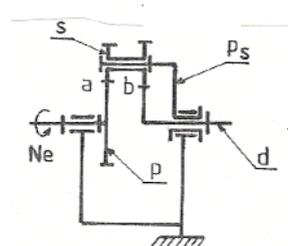
TYPE 1



TYPE 2

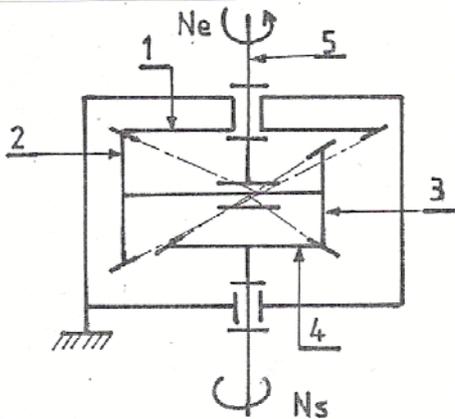


TYPE 3



TYPE 4

4.1.2- Trains sphériques



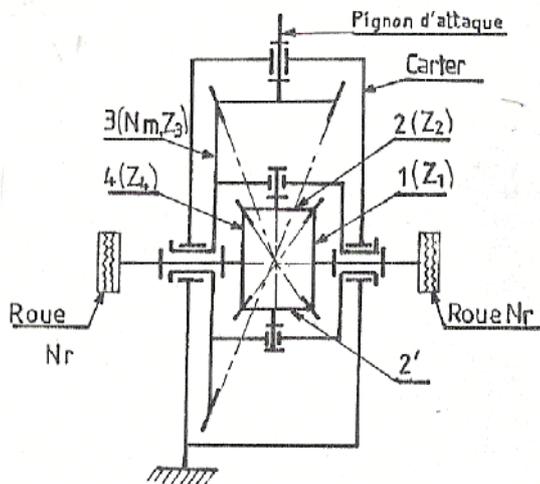
Soit le réducteur épicycloïdal sphérique donné ci-contre avec N_e et N_s ;
 $Z_1 = 80$, $Z_2 = 79$
 $Z_3 = 40$, et $Z_4 = 41$

- 1) déterminer la raison r de ce réducteur.
- 2) Etablir la formule de WILLIS ; en déduire N_s si $N_e = 800$ tr/min.
- 3) Déterminer le sens de rotation de l'arbre de sortie.

4.2- Fonction différentielle

Les trois paramètres de la formules de WILLIS sont différents de zéro (0) ; c'est à dire que les trois éléments : pignon d'entrée, roue de sortie et le porte-satellite sont libres en rotation et liés par la relation de WILLIS sous sa forme la plus générale.

Différentiel d'automobile



- **En ligne droite :**
 Les vitesses N_1 et N_4 sont égales et $r = 1$.
 les roues tournent dans le même sens que la couronne 3 et les satellites 2 sont immobiles autour de leur axe.
- **Dans un virage**
 la roue extérieure tourne plus vite que la roue intérieure
- **Patinage :**
 Si un roue ne rencontre pas de résistance dans la boue par exemple, l'arbre devient un point fixe de vitesse nulle et la première tournent deux fois plus vite que la couronne.
- **Au repos, pont arrière soulevé, arbre moteur immobilisé :**
 Si on fait tourner l'une des roues l'autre tourne en sens contraire mis à la même vitesse $w_1 = w_2$