

3-4 Compensation de l'effort axial dans les réducteurs à engrenages hélicoïdaux:

- Roues à chevrons:

2 dentures hélicoïdales sont taillées en sens inverse sur la même roue. Ces roues ont donné le sigle des usines Citroën, de la société des engrenages Citroën exploitant un brevet polonais sur la taille des engrenages à chevrons en 1913.



- Roues à dentures inversées accolées:

Les roues sont fixées entre-elles, un positionnement angulaire précis entre les deux roues accolées doit être réalisé.



- Inclinaison des dentures sur les arbres intermédiaires des réducteurs:

Les dentures sur les arbres intermédiaires doivent être inclinées dans le même sens pour que les efforts axiaux se compensent (dirigés en sens inverses).

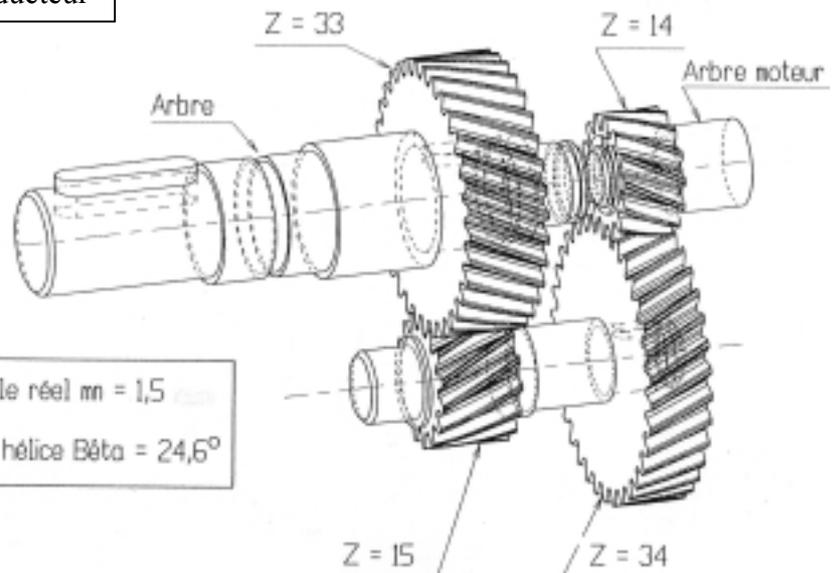
Le moto-réducteur ci-contre en montre une application.



Axe intermédiaire du moto-réducteur

3-5 Exercice d'application:

La chaîne cinématique du moto-réducteur étant définie ci-contre, calculer :

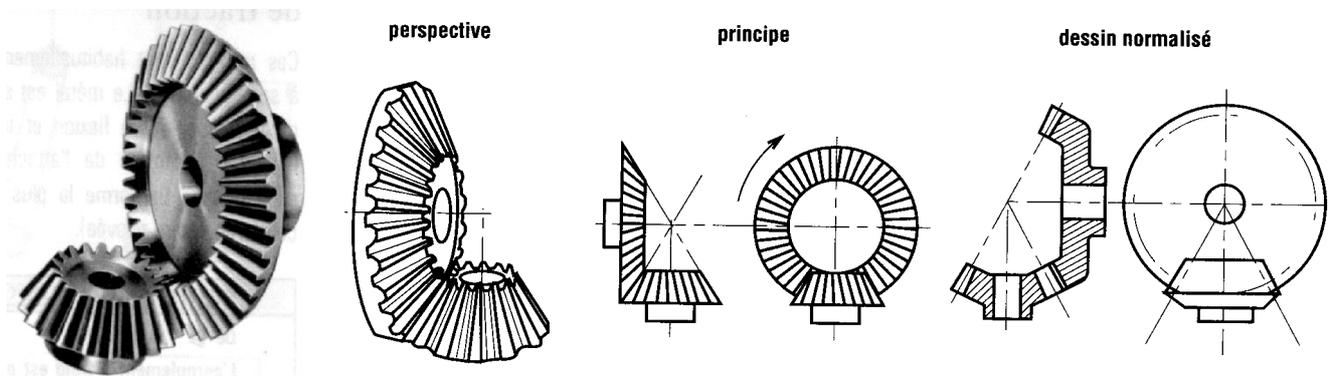


Module réel  $m_n = 1,5$   
 Angle d'hélice Bêta =  $24,6^\circ$

- Le rapport des vitesses  $\frac{N_S}{N_E}$

- L'entraxe des roues dentées

4- Engrenages coniques: L'étude qui suit porte plus particulièrement sur les dentures droites.



4-1 Principe:

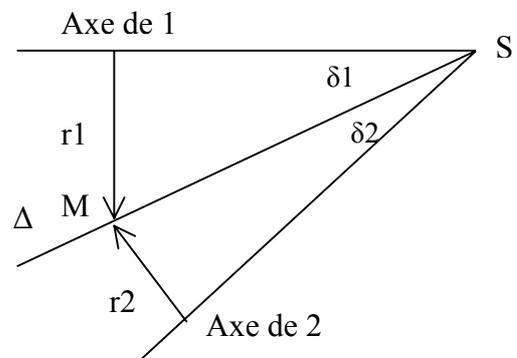
Soient  $N_1$  et  $N_2$  les vitesses respectives des roues coniques 1 et 2

Soient  $\delta_1$  et  $\delta_2$  les demi-angles aux sommets des cônes primitifs.

Soit un point  $M$  sur la génératrice de contact des cônes primitifs.

Soit  $S$  le sommet commun des cônes primitifs.

Soient  $r_1$  et  $r_2$  les rayons des cônes primitifs au point  $M$ .

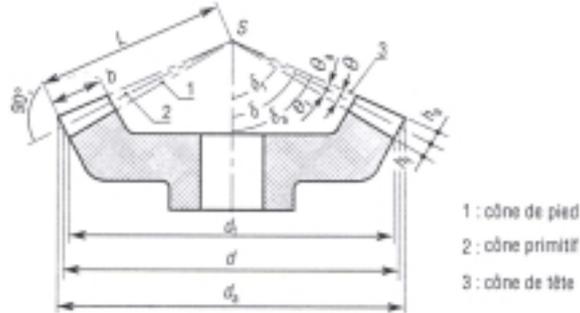


$$\frac{N1}{N2} = \frac{Z2}{Z1} = \frac{r2}{r1}. \quad \text{Or } r1 = SM \sin \delta1 \quad \text{et} \quad r2 = SM \sin \delta2$$

On obtient la relation:  $\frac{N1}{N2} = \frac{Z2}{Z1} = \frac{\sin \delta2}{\sin \delta1}$ . Le rapport des vitesses détermine donc les demi-angles au sommet.

4-2 Dimensions normalisées:

Elles doivent être mesurées sur la denture la plus éloignée des cônes.



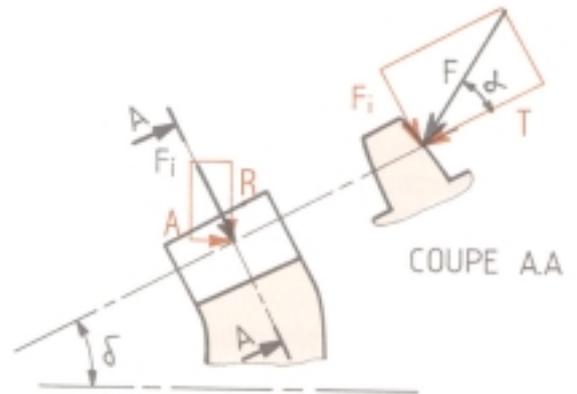
4-3 Efforts sur la denture:

L'effort normal à la denture (F) donne ici trois efforts en projection sur les trois directions principales de la roue dentée (tangentielle, axiale et radiale).

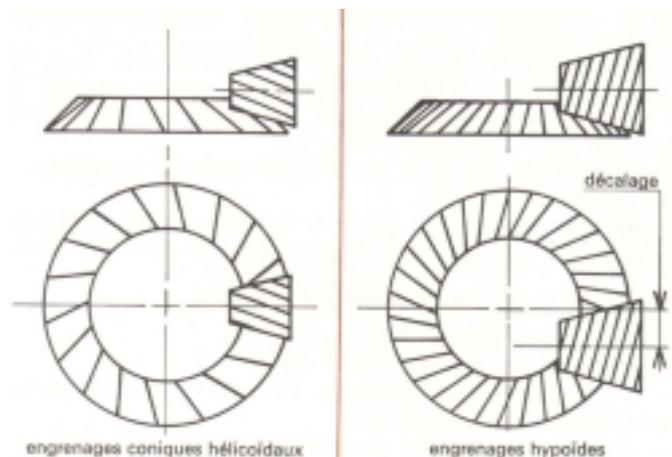
Si T est l'effort tangentiel déterminé à partir du couple, les relations s'écrivent:

$$A = T * \tan \alpha * \sin \delta$$

$$R = T * \tan \alpha * \cos \delta$$



4-4 Autres types d'engrenages coniques:



On rencontre fréquemment deux autres types d'engrenages coniques:

- Les engrenages coniques hélicoïdaux
- Les engrenages hypoïdes

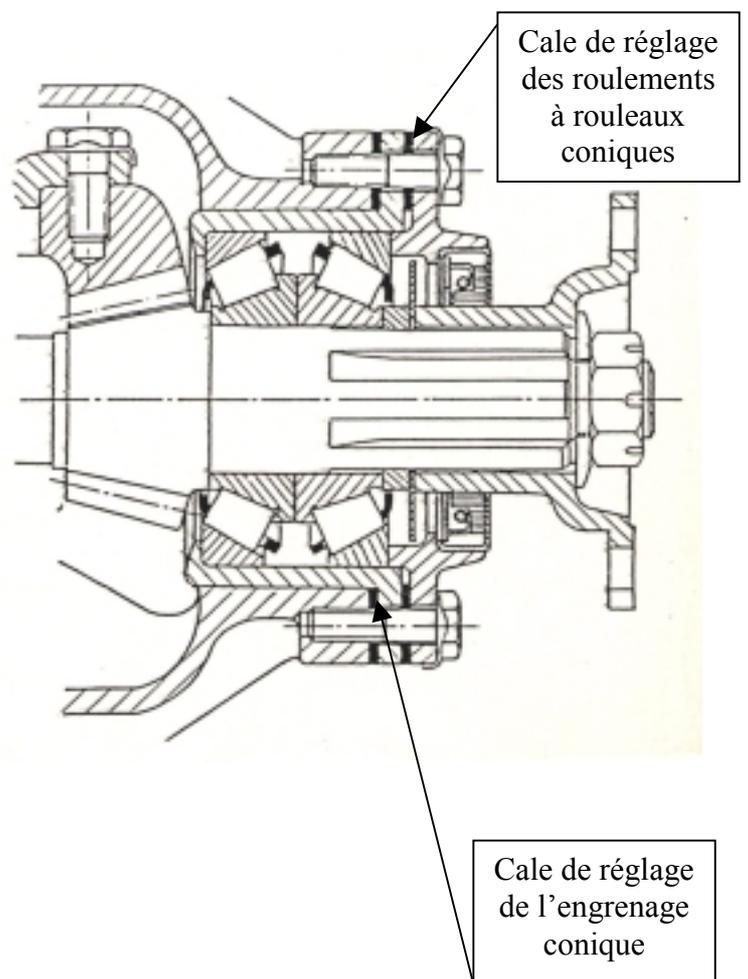
#### 4-5 Disposition constructive:

Le fonctionnement correct d'un engrenage conique nécessite la coïncidence des sommets des cônes primitifs.

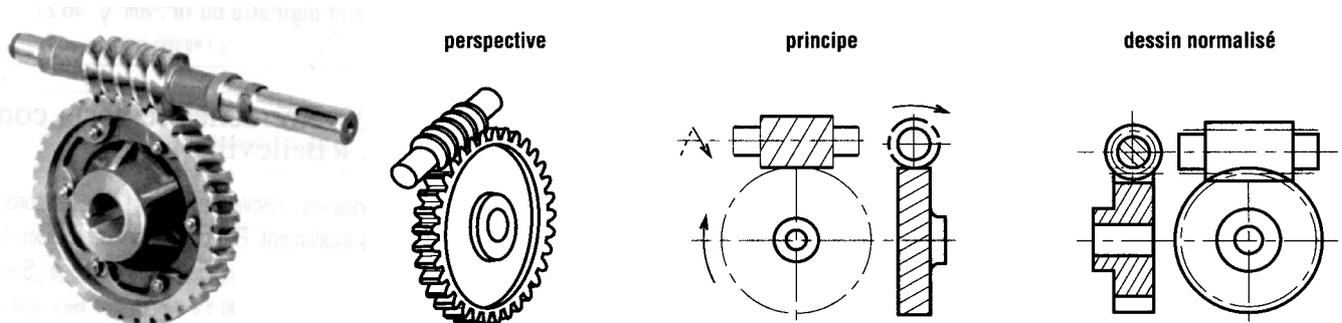
Ces sommets sont virtuels, le réglage s'en trouve difficile à réaliser, de ce fait, on ne règle en général qu'un des deux sommets afin d'avoir un engrènement avec un minimum de jeu et sans précontrainte (serrage) des dentures.

Ce réglage est souvent réalisé par l'intermédiaire de cales de réglage lors du montage des roues.

La figure ci-contre montre une application d'un réglage des sommets des cônes dans un renvoi d'angle.



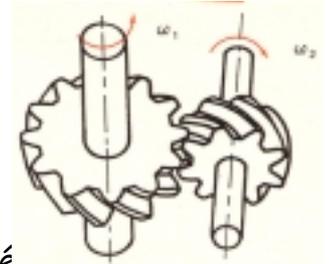
## 5- Engrenages à roue et vis sans fin:



### 5-1 Principe:

Cas particulier des engrenages gauches hélicoïdaux, un système roue-vis sans fin est tel que l'une des roues a un très petit nombre de dents (1 à 8) et est appelée vis.

Engrenage gauche hélicoïdal

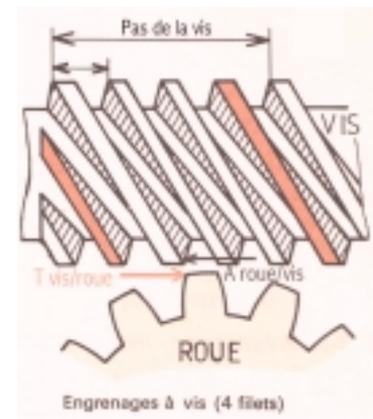


Pour engrener ensemble, la roue et la vis doivent avoir leurs hélices de même sens.

### 5-2 Avantages - Inconvénients:

- Ce mécanisme permet d'obtenir un grand rapport de réduction avec seulement deux roues dentées (1/200°).
- Les systèmes roue-vis sans fin sont presque toujours irréversibles d'où sécurité anti-retour.
- L'engrènement se fait avec beaucoup de glissement entre les dentures, donc usure et rendement faible (60%)
- La vis supporte un effort axial important.

### 5-3 Efforts:



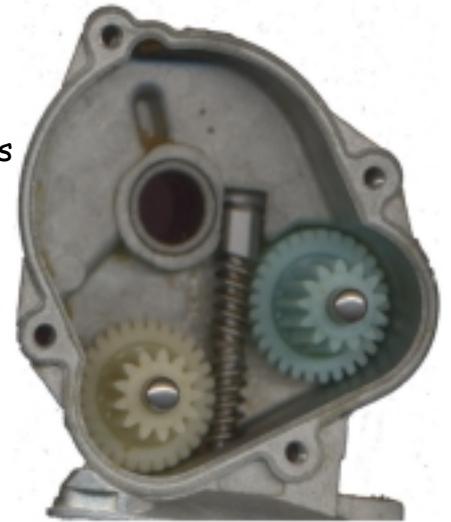
On constate en examinant la figure ci-contre représentant un système à roue et vis sans fin (vis à 4 filets), que l'effort tangentiel sur la roue est transmis comme effort axial sur la vis.

#### 5-4 Suppression de l'effort axial sur la vis:

L'exemple de ce motoréducteur d'essuie-glace permet de constater que le fabricant a choisi d'opter pour une vis à deux filets inverses, engrenant avec deux roues à dentures hélicoïdales placées de chaque côté de l'axe de la vis.

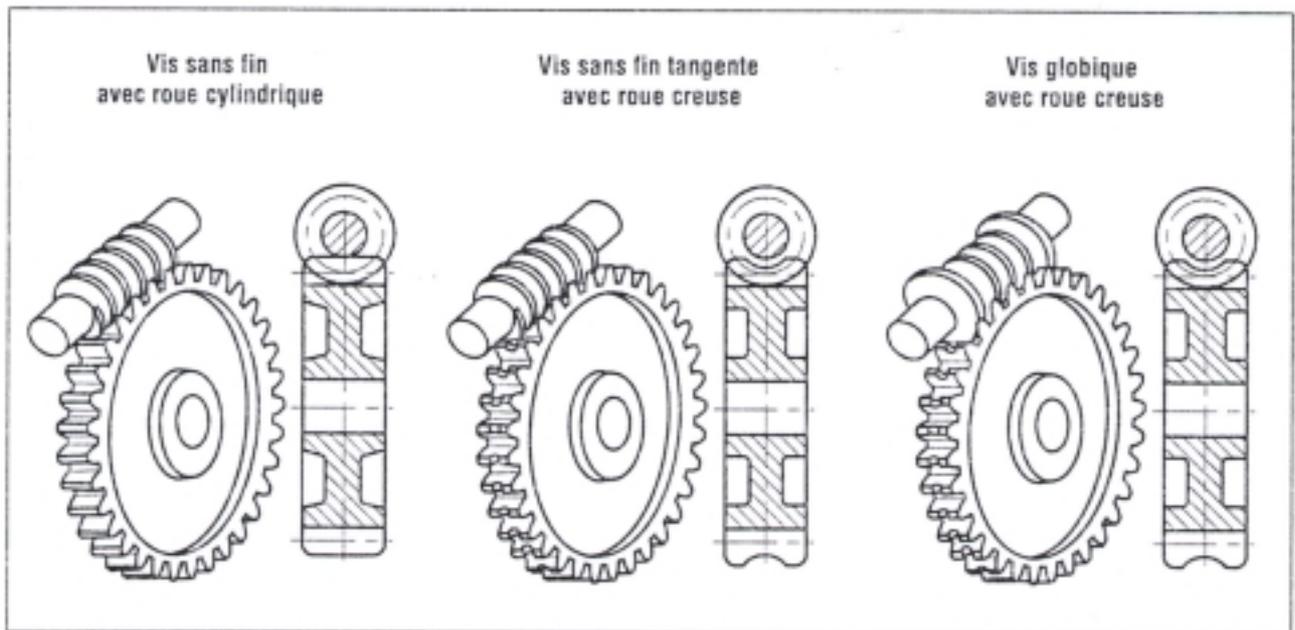


Cette solution permet d'annuler l'effort axial supporté par le guidage de la vis sans fin, celle-ci supportant deux efforts axiaux directement opposés, et accessoirement d'avoir deux dentures en prises pour augmenter le couple transmissible.



#### 5-5 Différents types de systèmes roue-vis sans fin:

Afin d'augmenter la surface de contact des dentures, on utilise très souvent des systèmes à roue creuse.

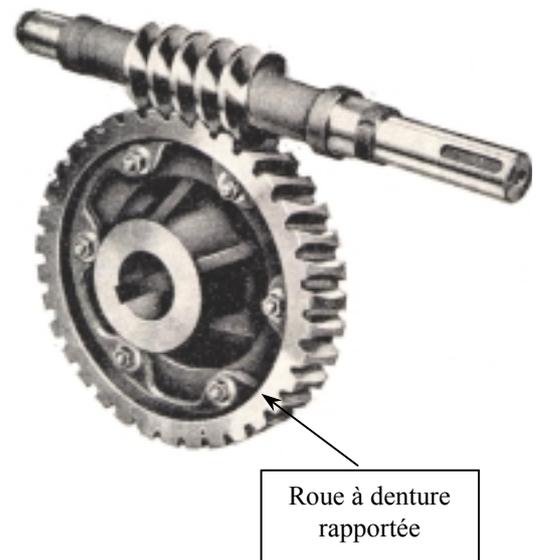


L'utilisation d'une vis globique permet d'augmenter encore cette surface, mais le coût de la vis est important.

#### 5-6 Dispositions constructives:

Du fait de l'usure importante due au glissement des dentures pendant l'engrènement, il convient de choisir correctement les matériaux des deux pièces :

- La vis sera choisie dans le matériau le plus dur, son prix de revient étant plus élevé, son usure devra être réduite au minimum. En général la vis est en acier dur.
- La roue sera choisie dans un matériau plus tendre afin de supporter la majeure partie de l'usure. En général la roue est en bronze.

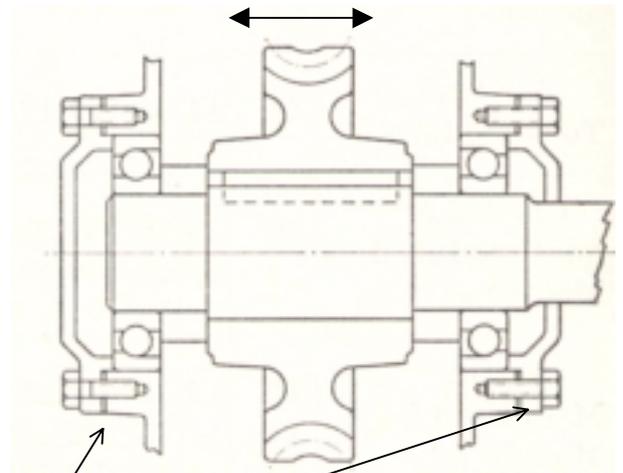


- Pour des roues de grands diamètres, il convient de prévoir à la conception une denture rapportée (voir 2-8).

Réglage roue creuse

- L'utilisation d'une roue creuse impose souvent un réglage axial de celle-ci pour assurer la portée correcte des dents.

Le dessin ci-contre montre une solution pour ce réglage par l'intermédiaire de cales sous les couvercles d'appui des roulements.



Cales de réglage de la roue creuse

**6- Schématisation des engrenages:**

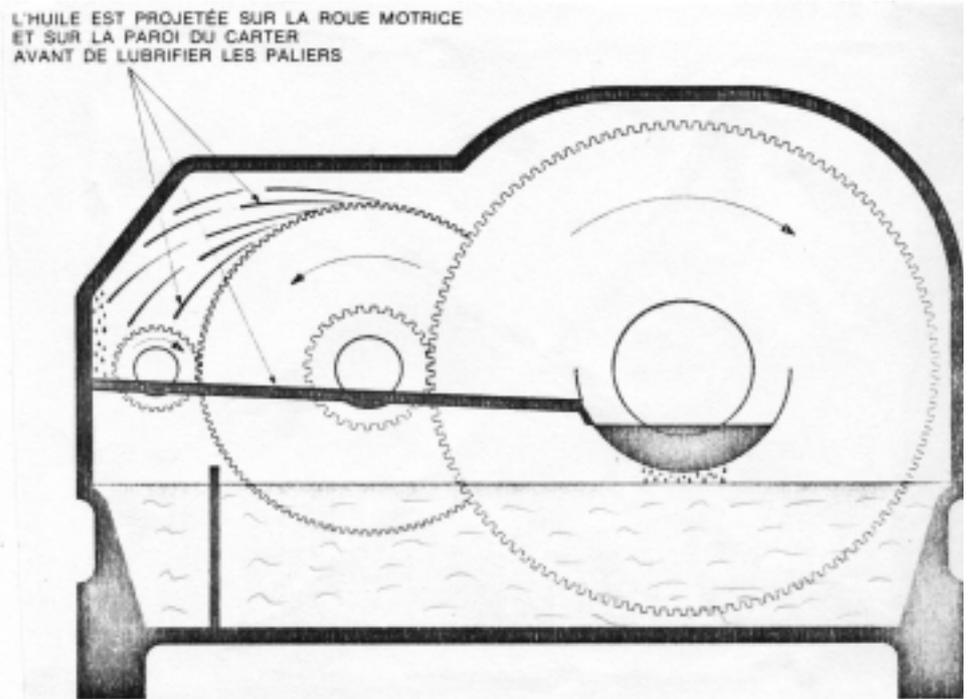
		Types de dentures*			
		Droite	Hélicoïdale	Chevron	Spirale
Roue à denture extérieure					
Roue à denture intérieure					
		* Indication facultative.			
		Exemples d'applications			
Roue cônica					
Secteur denté					
Vis sans fin					
Crémaillère					

## 7- Lubrification des engrenages:

La forme des dents en développante de cercle favorise la formation d'un coin d'huile durant l'engrènement.

Deux grands principes sont employés en fonction de la puissance à transmettre et de la chaleur à dissiper.

### Lubrification par barbotage



### Lubrification sous pression

