

	Enseignant : Dr. H.MECHAKRA	Date : 25-10-2016
	Transmission de puissance	Cours
	CHAPIRE 2 .Les engrenages	1 ^{ère} master MMI
		Page 1 sur 10

1. Introduction :

Les engrenages sont des composants mécaniques essentiels. Ils font partie de systèmes de transmission de mouvement et de puissance les plus utilisés, les plus résistants et les plus durables. Ils sont normalisés.

Les engrenages fabriqués avec la norme internationale ISO présentent l'avantage d'être facilement interchangeables et permettent des possibilités de fabrication plus économiques (conception type, méthodes de calcul normalisées, taillage et contrôle automatisés, équipements standards). Lorsqu'il s'agit d'engrenages pour très grandes séries (automobiles...) les constructeurs s'écartent de ces standards afin d'optimiser les coûts.

2. Définition :

On appelle engrenage l'ensemble des deux roues dentées engrenant l'une avec l'autre.

3. Types d'engrenages :

3.1. Engrenage droit à denture droite pour arbres parallèles :

Les plus simples et les plus économiques, ils sont utilisés pour transmettre le mouvement et la puissance entre deux arbres parallèles (Fig.1). Les dents des deux roues de l'engrenage sont parallèles à l'axe de rotation des arbres. Du fait de leur relative simplicité, ils sont souvent utilisés pour introduire les relations de cinématique et les définitions normalisées concernant la géométrie des engrenages.

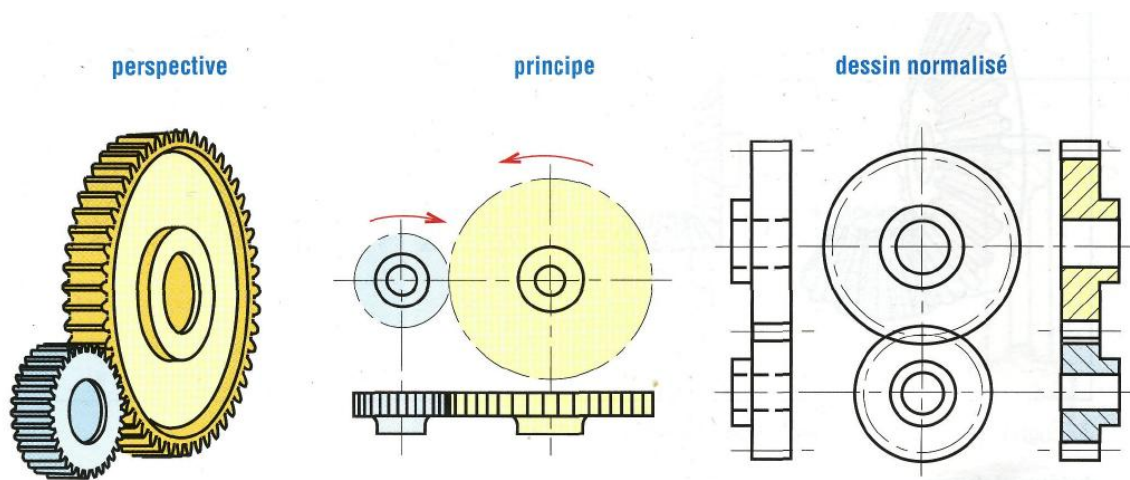


Figure 1. Engrenages droits à denture droite

3.2. Engrenages droits à denture hélicoïdale :

De même usage que les précédents, ils sont très utilisés en transmission de puissance ; les dents des roues sont inclinées par rapport à l'axe de rotation des deux arbres.

À taille égale, ils sont plus performants que les précédents pour transmettre puissance et couple. Du fait d'une meilleure progressivité et continuité de l'engrènement ils sont aussi plus silencieux. L'inclinaison de la denture engendre des efforts axiaux, suivant l'axe de l'arbre, qui doivent être supportés par les paliers et des couples supplémentaires qui accentuent le fléchissement des arbres. Remarque : ils sont parfois utilisés pour transmettre le mouvement entre des arbres non parallèles et sont appelés engrenages gauches.

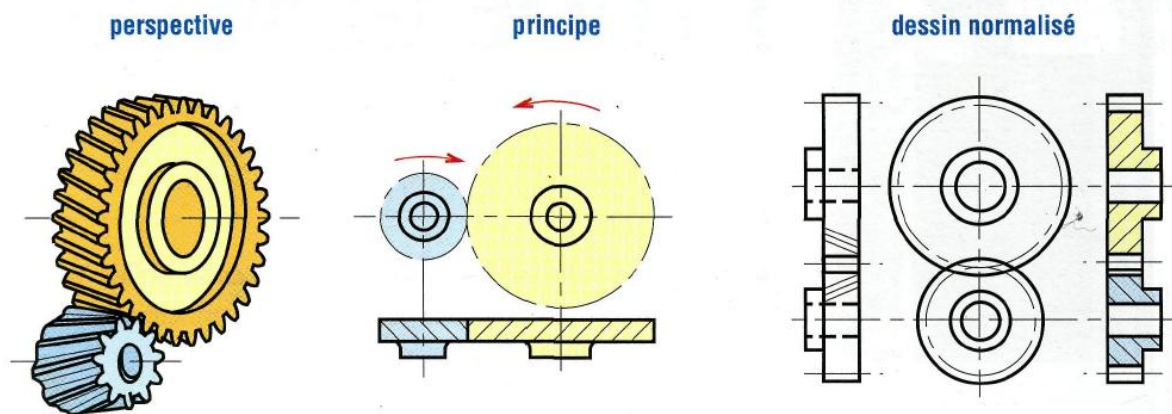


Figure 2. Engrenage droit à denture hélicoïdale pour arbres parallèles.

3.3. Engrenages coniques :

Leurs dents sont taillées dans des surfaces coniques. Ils sont utilisés pour transmettre le mouvement entre des arbres concourants, perpendiculaires ou non. La denture peut être droite mais aussi hélicoïdale, ou spirale (Fig.3).

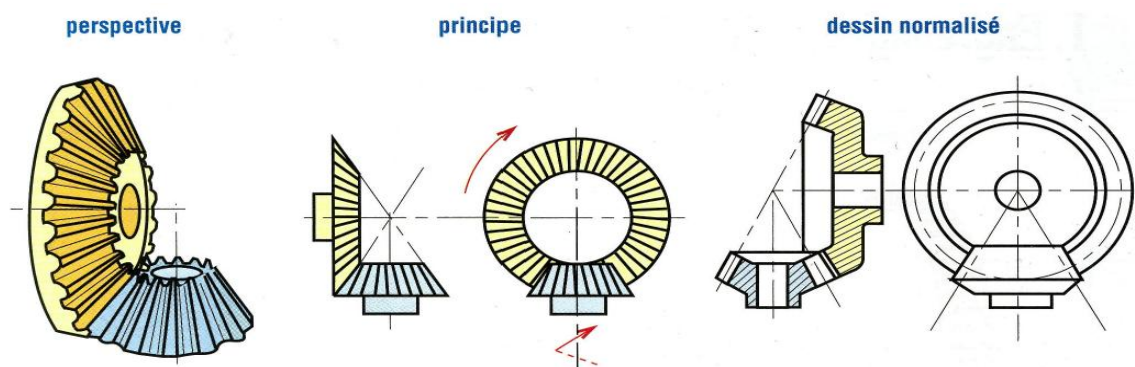


Figure.3. Engrenage conique à denture droite pour arbres concourants.

3.4. Engrenages roue et vis sans fin

L'une des roues ressemble à une vis et l'autre à une roue hélicoïdale. Le sens de rotation de la roue dépend de celui de la vis mais aussi de l'inclinaison de la denture, filet à droite ou à gauche. L'irréversibilité est possible.

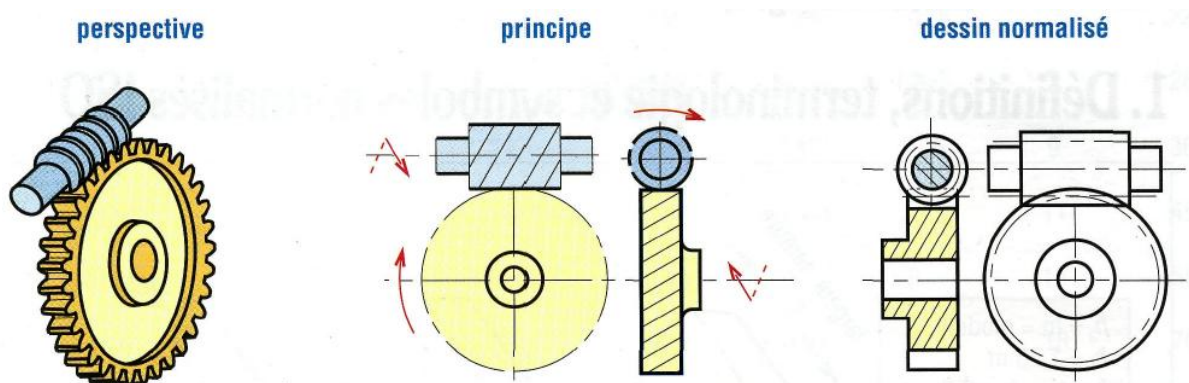


Figure.4. Engrenages roues et vis entre arbres orthogonaux.

4. Etude des engrenages droits à denture droite :

Les engrenages typiques sont pignon/roue, pignon/couronne intérieure et pignon crémaillère. Le pignon est la plus petite des deux roues ; C'est souvent la roue menante. La forme des roues varie avec les dimensions.

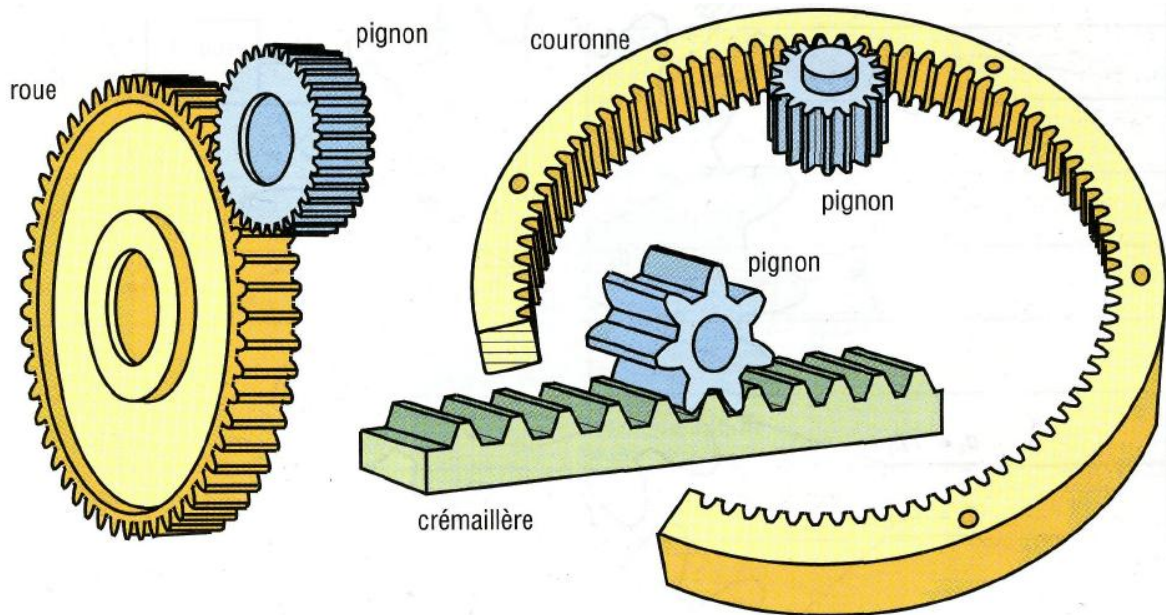


Figure.5 Différents types d'engrenages droits à dentures droites.

4.1. Définitions, terminologie et symboles normalisés ISO :

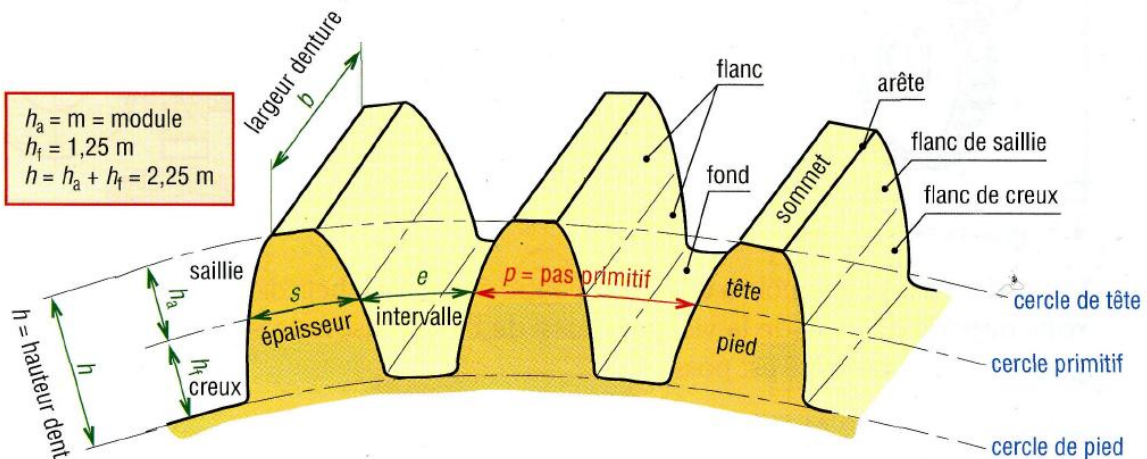


Figure.6 Symboles et vocabulaire utilisés pour décrire la forme de la denture (Denture normale).

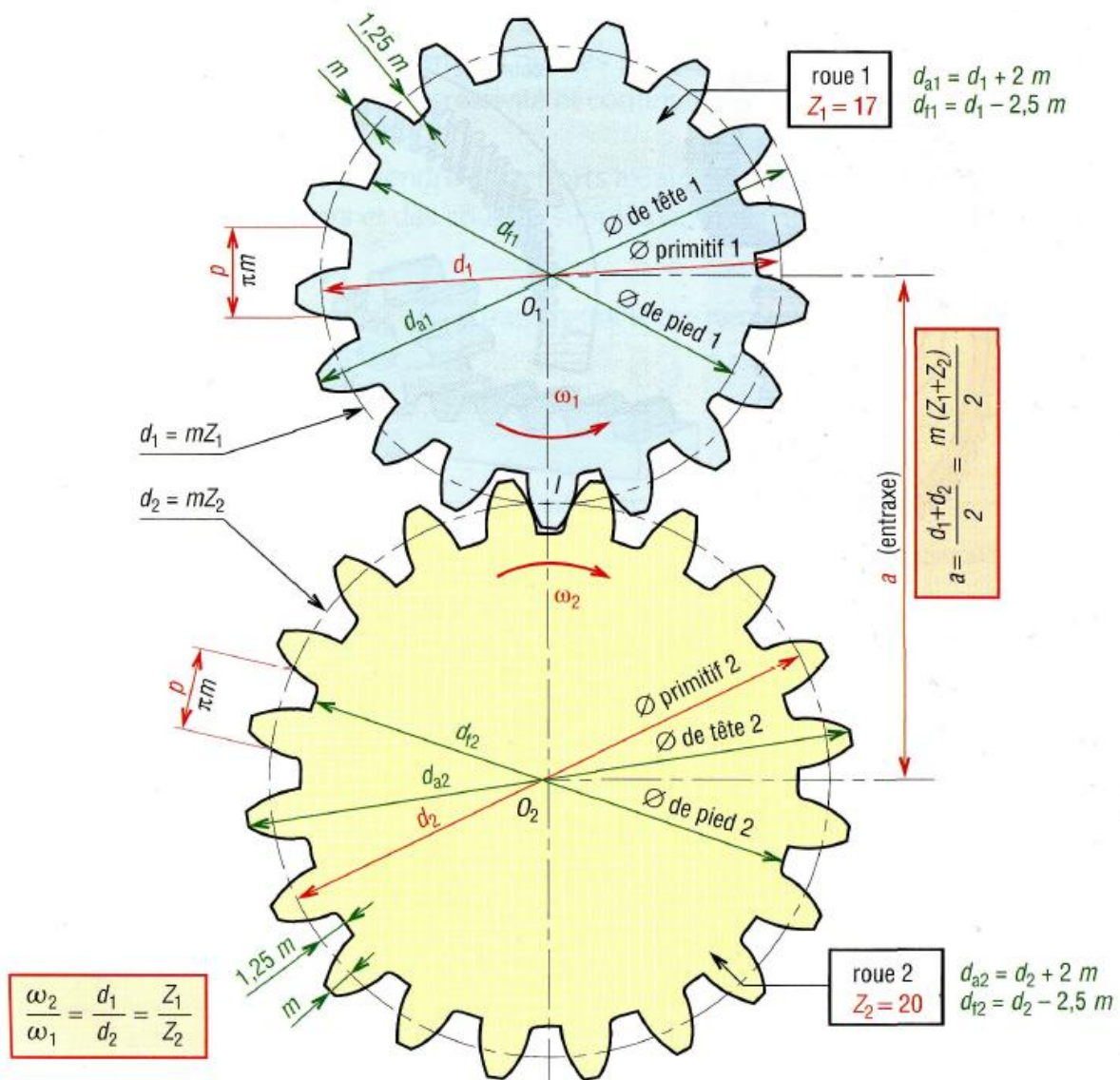


Figure.7 Entraxe, diamètres, pas et m module normalisé (denture normale).

Tableau.1 Indices normalisés utilisés.

Indices normalisés utilisés	
indice	observations
1	relatif au pignon
2	relatif à la roue
a	de tête
b	de base
f	de pied
n	réel (ou normal)
t	apparent (ou tangentiel)

Tableau.2 Caractéristique et formules des engrenages droits à denture droite.

Caractéristiques et formules des engrenages droits à denture droite		
caractéristiques	symboles ISO	observations et formules usuelles
vitesse angulaire	ω	$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \approx 0,1 n$ (unités : rad/s)
nombre de tours par minute	n	n_1 (roue 1) et n_2 (roue 2)
module	m	valeurs normalisées (tableau des modules)
pas primitif	p	$p = \pi m = 3,14159 m$ ($p = p_1 = p_2$)
nombre de dents	Z	Z_1 (roue 1) et Z_2 (roue 2)
rayon primitif	r	r_1 (roue 1) et r_2 (roue 2) ; $r = d/2$
diamètre primitif	d	$d_1 = mZ_1$ et $d_2 = mZ_2$
entraxe entre les 2 roues	a	$a = r_1 + r_2 = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m(Z_1 + Z_2)}{2}$
largeur de la dent	b	$b = k \cdot m$ ($7 \leq k \leq 12$)
saillie	h_a	$h_a = m$
creux	h_f	$h_f = 1,25m$
hauteur de dent	h	$h = h_a + h_f = 2,25m$
diamètre de tête	d_a	$d_a = d + 2m$
rayon de tête	r_a	$r_a = r + m = d_a/2$
diamètre de pied	d_f	$d_f = d - 2,5m$
rayon de pied	r_f	$r_f = r - 1,25m = d_f/2$
épaisseur de la dent	s	$s_1 = e_2 = s_2 = e_1 = \pi m/2$ (avec jeu nul)
intervalle	e	$s_1 + e_1 = s_2 + e_2 = p$
intervalle	e	$s_1 + e_1 = s_2 + e_2 = p$
angle de pression	α	valeur usuelle : $\alpha = 20^\circ$
rayon de base	r_b	$r_b = d_b/2$
diamètre de base	d_b	$d_b = d \cdot \cos \alpha$
pas de base	p_b	$p_b = p \cdot \cos \alpha$

Exemple 1 : pour l'engrenage dessiné (Fig.7) $Z_1=17$ dents, $Z_2= 20$ dents, module $m= 4$ mm, déterminons les principales caractéristiques.

Solution :

4.2. Étude cinématique

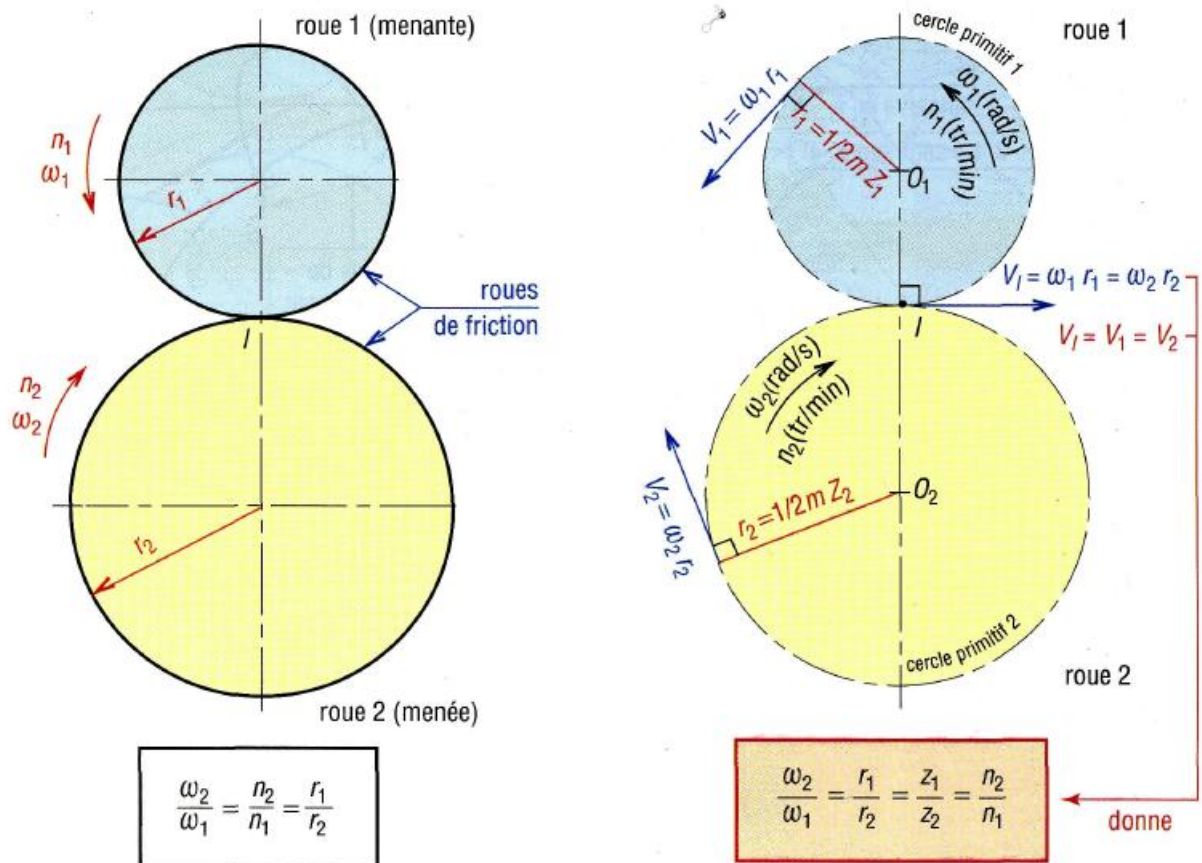


Figure.8 a). Roues de friction. b). Cas des engrenages.

Lorsque la roue 1 engrène avec la roue 2, les cercles primitifs des deux roues roulent l'un sur l'autre sans glisser au point I (pas de patinage, analogie avec deux roues de friction roulant l'une sur l'autre sans glisser).

Si V_1 est la vitesse linéaire des points du cercle primitif 1 et V_2 celle des points du cercle primitif 2, le non glissement en I, point de contact des deux cercles, se traduit par $V_1 = V_2 = V_I$.

Remarque : pour la tangente au point repère 8, le segment 88" est égal à l'arc 8A lui-même égal au segment 8'A. La remarque est la même pour les autres points.

5.2. Angle de pression (α) : autre caractéristique importante, il définit l'inclinaison de la droite de pression T_1T_2 de la forme de la dent.

$\alpha = 20^\circ$ est la valeur la plus utilisée, $\alpha = 14^\circ 30'$ est utilisé en remplacement d'engrenages anciens, $\alpha = 25^\circ$ est un standard aux USA.

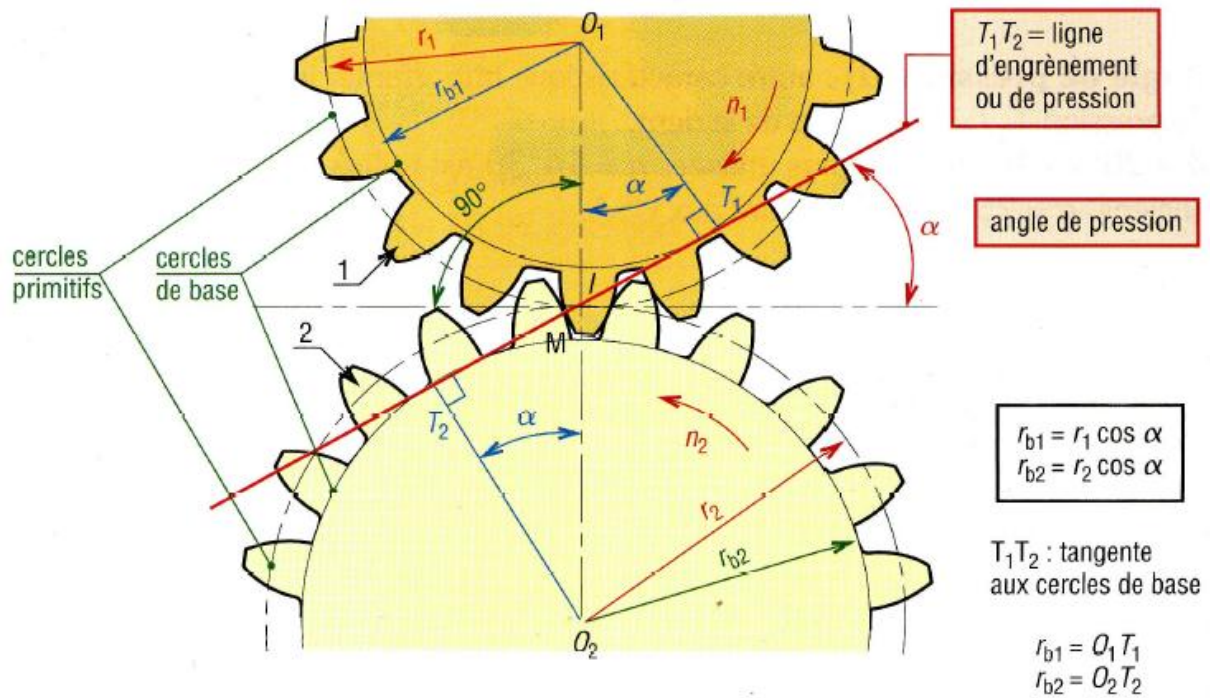


Figure.11 Angle de pression et ligne d'engrènement.

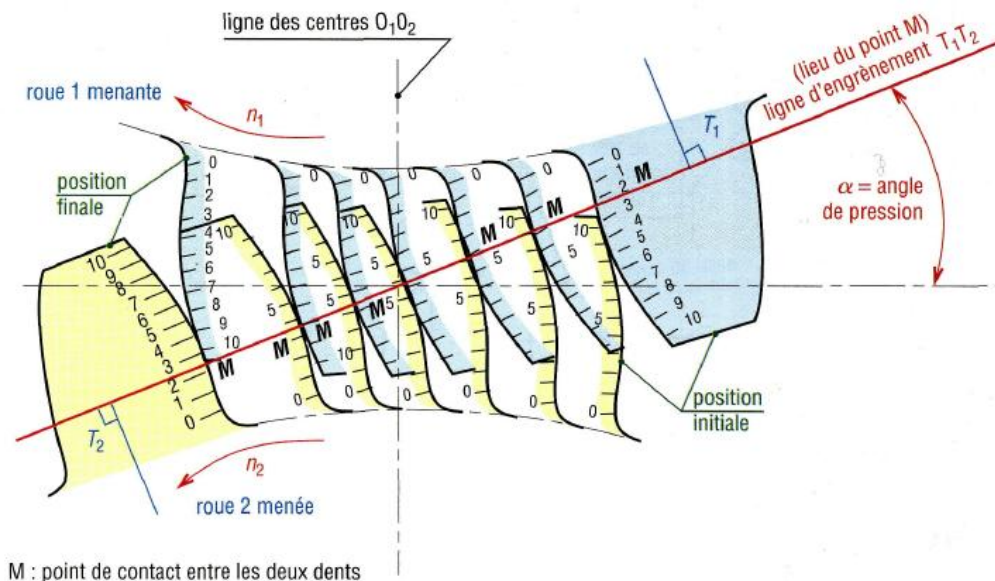


Figure.12 Positions successives de deux dents en contact au cours de l'engrènement ; Glissement entre les dents.

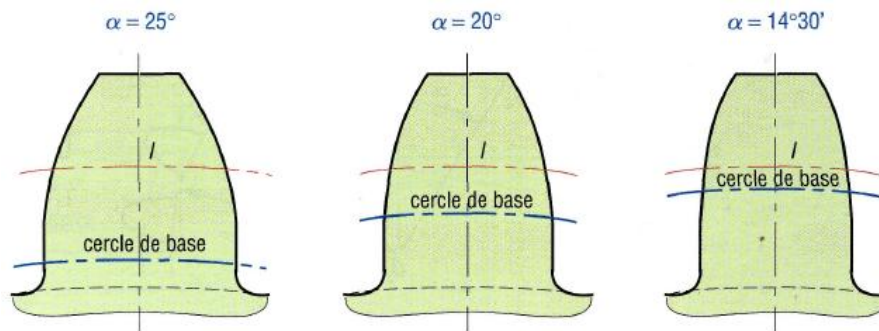


Figure.12 Forme de la dent en fonction de l'angle de pression

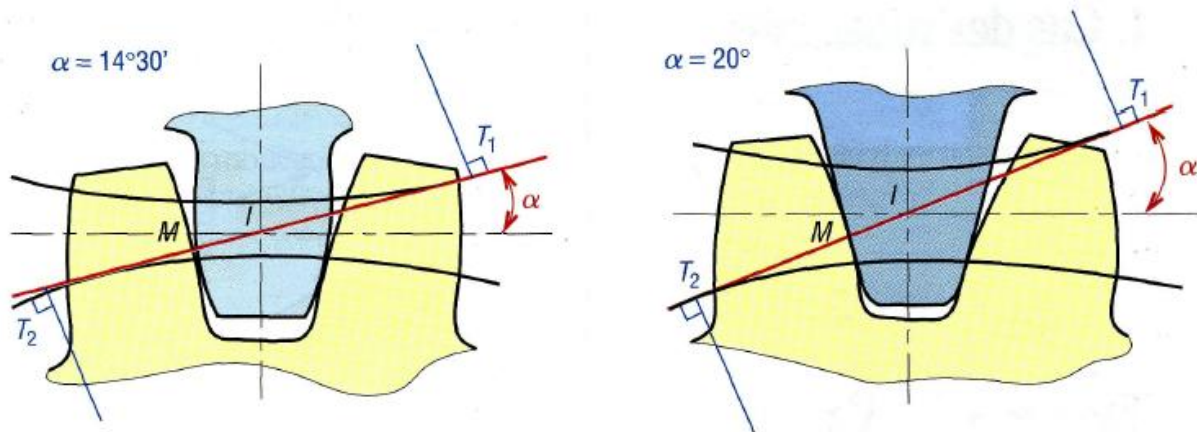


Figure.13 a) Contact dans le cas d'un angle de pression de 14°30'. b) Contact dans le cas d'un angle de pression de 20°.

Exemple 2 : Un engrenage se compose d'un pignon de 17 dents et d'une roue de 51 dents ; le module est de 2 mm et l'angle de pression de 20°.

1- Déterminons l'entraxe, les rayons de base et le pas de base?

Solution :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2- A l'assemblage on constate qu'il manque 2 mm d'entraxe pour monter les roues. Si les rayons de base restent inchangés, quelle nouvelle valeur de l'angle de pression permettrait le montage ?

