

EXERCICES SUR LES ENGRENAGES

DOCUMENT TRAVAIL DEMANDE

1. Engrenages droits à denture droite

Exercice 1

Soit un engrenage droit à denture droite (réducteur) avec les caractéristiques suivantes :

- pas primitif 6.28 mm ;
- angle de pression 20° ;
- nombre de dents de la roue 80 ;
- rapport de transmission 0.25

Dessiner le schéma cinématique de l'engrenage.

Déterminer le nombre de dents du pignon, le module et l'entraxe.

Exercice 2

Soit un engrenage droit à denture droite (réducteur) avec les caractéristiques suivantes :

- Module $m=3\text{mm}$;
- Entraxe $=150\text{mm}$;
- $N_R/N_P=0.25$.

Déterminer le nombre de dents du pignon et de la roue.

Exercice 3

Soit un engrenage droit à denture droite (réducteur) avec les caractéristiques suivantes :

- Un pignon de 17 dents ;
- Module $m=4\text{mm}$;
- Vitesse de rotation du pignon $=1000\text{ tr/min}$;
- Une roue de 68 dents.

Calculer la vitesse de la roue, le pas et l'entraxe.

Exercice 4

Une roue droite à denture droite a 30 dents, un module de 4 mm, un angle de pression de 20° .

Déterminer le diamètre primitif, le diamètre de pied, la hauteur d'une dent, les hauteurs de saillie et de creux.

Exercice 5

Une puissance de 100 kW à 1500 tr/min est transmise d'une roue 1 ($Z_1=20$) à une roue 2 ($Z_2=40$), le module est de 8 mm et l'angle de pression de 20° .

Déterminer complètement les composantes de l'action mécanique $\vec{F}_{2/1}$.

Exercice 6

Retrouver le résultat précédent en appliquant la démarche de calcul du document ressources (3.1.Cas des engrenages droits)

2. Engrenages droits à denture hélicoïdale

Exercice 7

Un pignon droit à denture hélicoïdale de 18 dents engrène avec une roue de 36 dents, l'angle d'hélice de la denture est de 30° (hélice à droite), l'angle de pression normal de 20° et le module normal de 4 mm.

Déterminer le pas réel, le pas apparent, les diamètres primitifs, l'angle de pression apparent, les hauteurs de saillie et de creux.

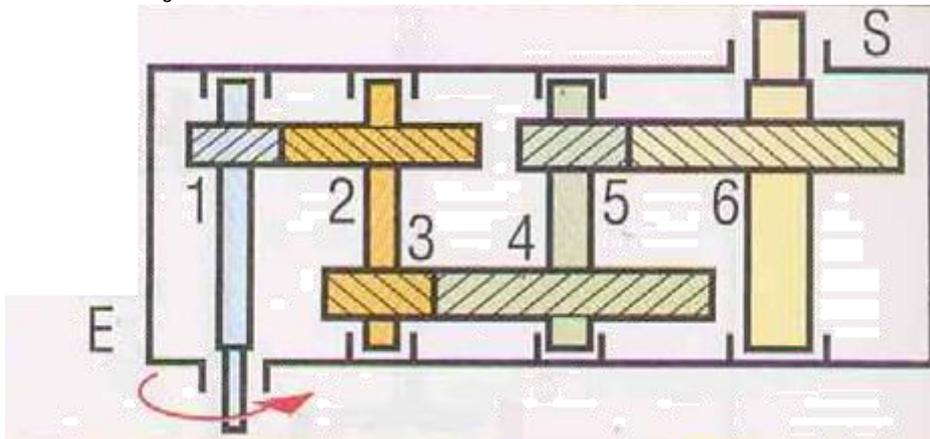
Exercice 8

Un pignon droit à denture hélicoïdale de 18 dents engrène avec une roue de 54 dents. Le module normal est de 5 mm. Déterminer les valeurs possibles de l'entraxe a si l'angle d'inclinaison β de la denture varie entre 0 et 40°

Tracer le graphe $a=f(\beta)$

Exercice 9

Le réducteur représenté schématiquement se compose de trois trains d'engrenages à toutes hélicoïdales ($Z_1=32$, $Z_2=64$, $Z_3=25$, $Z_4=80$, $Z_5=18$, $Z_6=50$ dents). Si $N_1=1500\text{tr/min}$, déterminer la vitesse de sortie N_6 et le sens de rotation.



Exercice 10

Reprendre les données de l'exercice 5 (100 kW à 1500 tr/min, $Z_1=20$ et $Z_2=40$, module 8mm) avec un angle de pression normal $\alpha_n=20^\circ$.

Déterminer les actions si l'angle d'inclinaison de la denture est de 30°

(Voir document ressources – 3.2. Cas des engrenages droits à denture hélicoïdale)

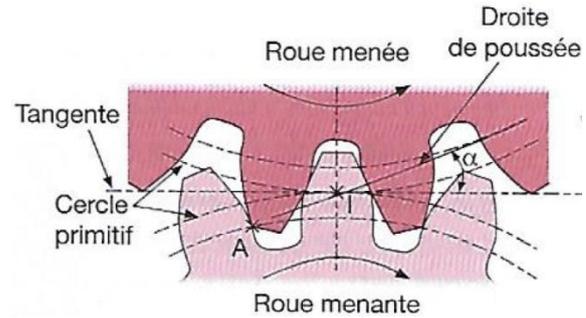
3. Ressources

3.1. Cas des engrenages droits

3.1.1. Action mécanique transmissible

- Droite de poussée

Au cours du mouvement, un point I de contact entre deux dents se déplace suivant une droite appelée « droite de poussée ». Elle représente la direction (ou support) de l'action mécanique transmissible entre les deux roues dentées. Dans un engrenage, l'angle de pression est l'angle entre la tangente des deux cercles primitifs et la droite de poussée en I. Pour une denture normalisée, l'angle de pression est de 20°.



- Engrenage parallèle à denture droite

Au point de contact I entre deux dents, on peut modéliser les actions mécaniques transmissibles par une force $\vec{F}_{1/2}$. On peut l'exprimer avec une composante radiale \vec{F}_R et une composante tangentielle \vec{F}_T par projection dans les différentes bases, tel que :

$$\vec{F}_{1/2} = \vec{F}_T + \vec{F}_R$$

Pour calculer les composantes, on néglige les pertes dues au frottement entre les dents. On considère ainsi que la puissance motrice est égale à la puissance réceptrice.

Remarque : En réalité le glissement entre les dents génère une perte énergétique sous forme de chaleur en raison des frottements. Un engrenage a un rendement énergétique de l'ordre de 95% à 98%.

Notations :

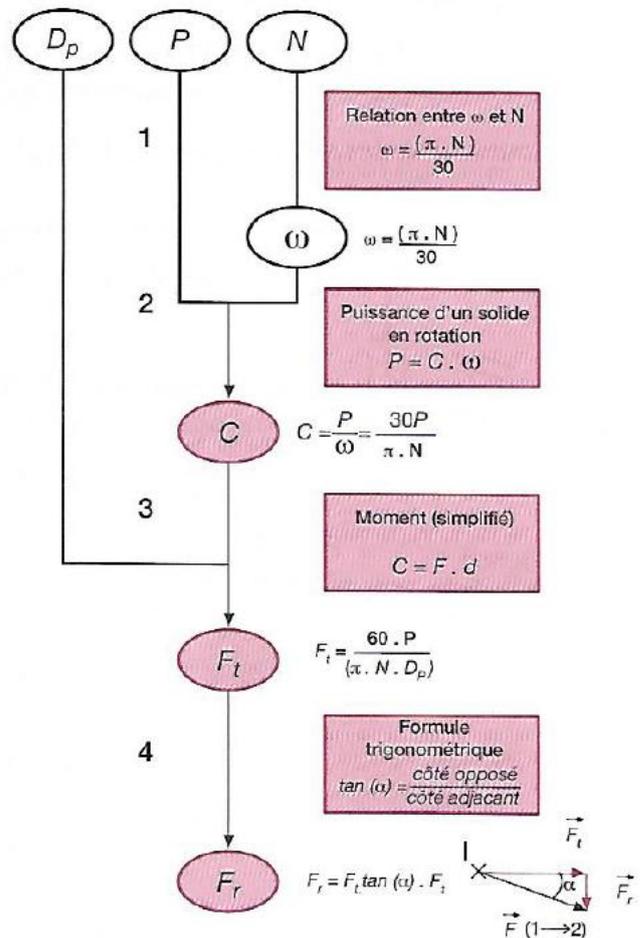
P : puissance à transmettre (W)

C : couple à transmettre (N.m)

N : Fréquence de rotation (tr/min)

ω : vitesse angulaire (rad/s)

D_p : diamètre primitif de la roue dentée (mm)



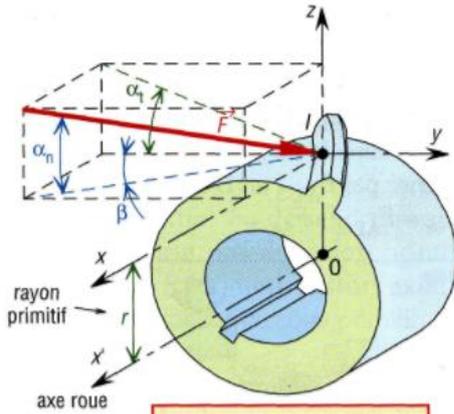
Démarche de calcul

3.2. Cas des engrenages droits à denture hélicoïdale

L'action \vec{F} ($\vec{F}_{2/1}$ ou $\vec{F}_{1/2}$) exercée entre les dents en contact présente, par rapport au cas précédent, une composante axiale \vec{F}_A supplémentaire due à l'inclinaison β de la denture.

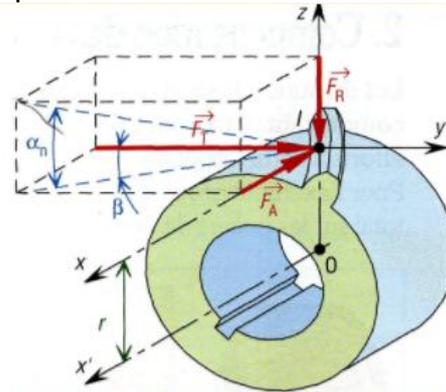
\vec{F}_A est parallèle à l'axe de la roue et se transmet aux paliers par l'intermédiaire des arbres.

\vec{F}_R , effort radial passant par le centre de la roue, et \vec{F}_T , effort tangentiel transmettant le couple et la puissance, sont analogues au cas précédent des dentures droites. Ni \vec{F}_R , ni \vec{F}_A ne participent à la transmission du couple.



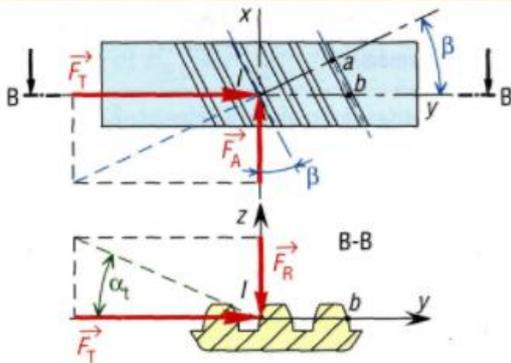
$F =$ effort total sur la dent
 $\tan \alpha_n = \tan \alpha_t \cdot \cos \beta$

Action \vec{F} résultante sur une dent hélicoïdale

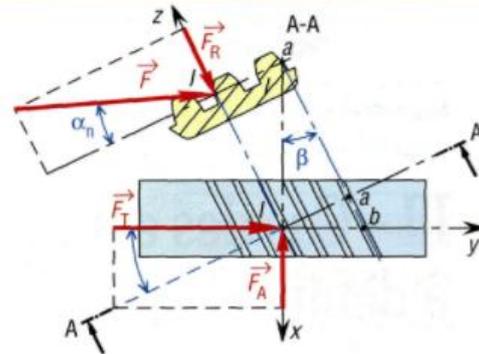


$F_R = F \cdot \sin \alpha_n =$ effort radial (sur z)
 $F_T = F \cdot \cos \alpha_n \cdot \cos \beta =$ effort tangentiel (sur y)
 $F_A = F \cdot \cos \alpha_n \cdot \sin \beta =$ effort axial (sur x)

Composantes $\vec{F}_T, \vec{F}_A, \vec{F}_R$, de \vec{F}



Vues de \vec{F}_A et \vec{F}_T dans le plan (I, \vec{x}, \vec{y})



Mise en évidence de \vec{F} et \vec{F}_R , dans le plan AA

Calcul de $\vec{F}_T, \vec{F}_A, \vec{F}_R$

L'organigramme proposé, ci-contre, indique la procédure à suivre, connaissant la puissance d'entrée, la vitesse de rotation, l'angle de pression normal α_n (α_t angle de pression apparent) et l'angle d'inclinaison β .

