

GUIDAGE EN ROTATION PAR GLISSEMENT

La solution constructive qui réalise une liaison pivot est appelée guidage en rotation.

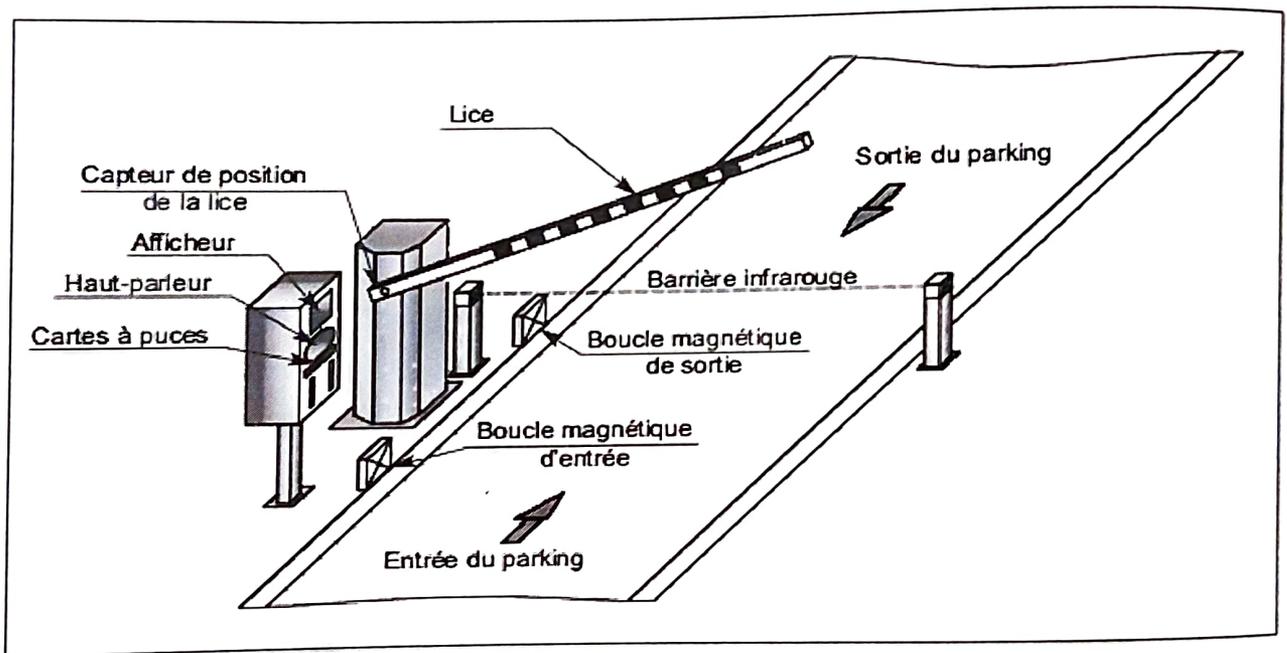
A. Fonction à assurer

Pour établir un guidage en rotation entre deux pièces d'un mécanisme, la solution constructive adoptée doit assurer les fonctions suivantes :

- Positionner les deux pièces entre elles,
- Permettre un mouvement relatif de rotation autour d'un axe,
- Transmettre les efforts,
- Résister au milieu environnant.

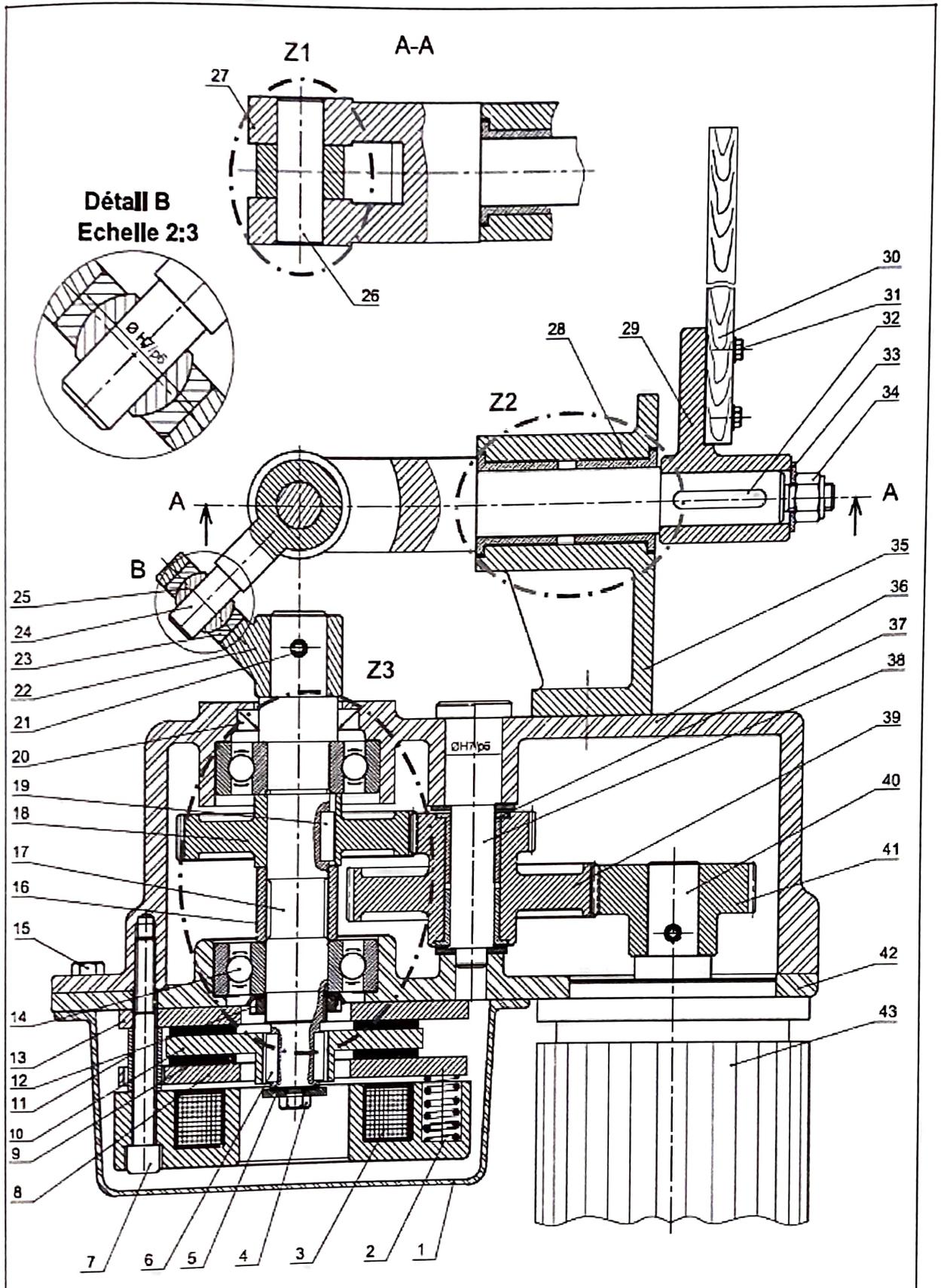
B. Moyens de mise en œuvre d'un guidage en rotation

La figure ci-dessous représente le système d'accès d'un parc de stationnement dont le contrôle est assuré automatiquement. Le dessin d'ensemble de la page suivante représente le mécanisme de commande de la lice.



La lice effectue une rotation alternative d'amplitude 90° . Le mécanisme assurant ce mouvement est constitué :

- D'un moteur à courant continu (43),
- D'un réducteur à engrenages (18, 39, 41),
- D'un renvoie d'angle spécifique (21, 22, 23, 24, 25),
- D'un frein électromagnétique qui assure le maintien de la lice en position haute pendant le passage d'un véhicule (2, 3, 8, 9, 10).



Les solutions constructives permettant d'établir un guidage en rotation entre deux pièces mettent en œuvre des technologies diverses. Elles sont illustrées par le dessin d'ensemble du mécanisme de commande de la lice d'un contrôleur d'accès de parking sur lequel on peut observer un :

- Guidage en rotation par contact direct (zone **Z1**),
- Guidage en rotation par contact indirect :
 - par interposition de bague de frottement (zone **Z2**),
 - par interposition d'éléments roulants (zone **Z3**) → **non étudié dans cette ressource**

C. Les solutions constructives

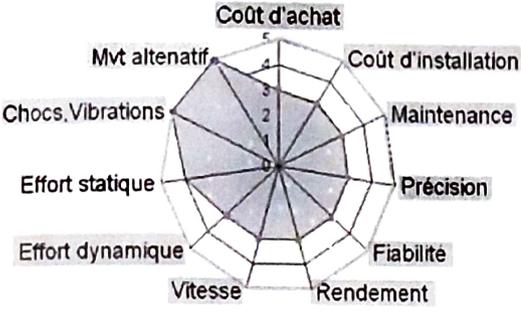
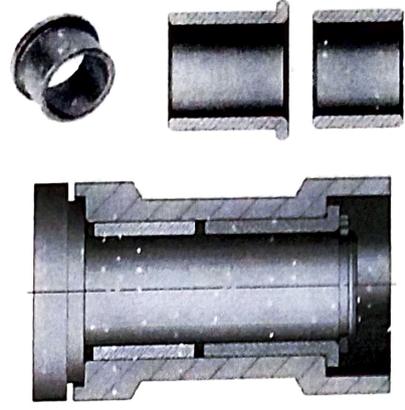
Guidage en rotation par contact direct :

Le guidage en rotation peut être obtenu à partir du contact entre deux surfaces cylindriques complémentaires et de deux arrêts qui suppriment le degré de liberté en translation suivant l'axe des cylindres.

<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mvt alternatif - Coût d'achat - Coût d'installation - Maintenance <p>Gros inconvénients :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vitesse - Rendement 	

Guidage en rotation par contact indirect :

Le principe du contact direct est amélioré en interposant des bagues qui vont diminuer les frottements. Parmi les bagues de frottement, on retrouve principalement les coussinets. Les coussinets sont des bagues cylindriques en bronze ou en matières plastiques, épaulée ou non.

<p><i>Indicateurs</i></p>  <p>Coût d'achat</p> <p>Coût d'installation</p> <p>Maintenance</p> <p>Précision</p> <p>Fiabilité</p> <p>Rendement</p> <p>Vitesse</p> <p>Effort dynamique</p> <p>Effort statique</p> <p>Chocs.Vibrations</p> <p>Mvt alternatif</p>	
<p><u>Avantages :</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Mvt alternatif- Chocs, vibrations <p><u>Gros inconvénients :</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Aucun <i>(pas de guides en contact direct)</i>	

D. Calcul de dimensionnement des coussinets

Principes de dimensionnement :

La figure ci-dessous représente les caractéristiques de fonctionnement d'un coussinet « GLYCODUR », et le coefficient de frottement associé. Quel que soit le palier utilisé, le concepteur doit procéder à la validation de trois critères en procédant de la façon suivante :

1. Déterminer la pression diamétrale maximum et la comparer avec la pression admissible du coussinet.
2. Déterminer la vitesse de glissement maximum et la comparer avec la vitesse admissible du coussinet.
3. Déterminer le facteur « pV » et le comparer avec celui du coussinet.

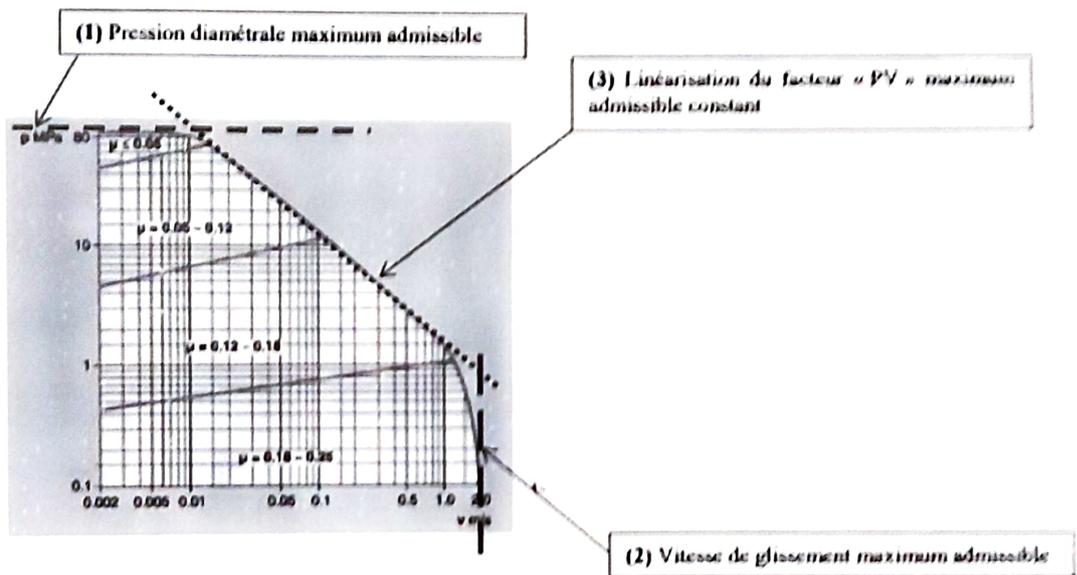
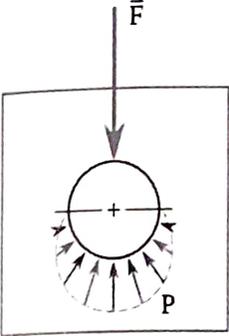
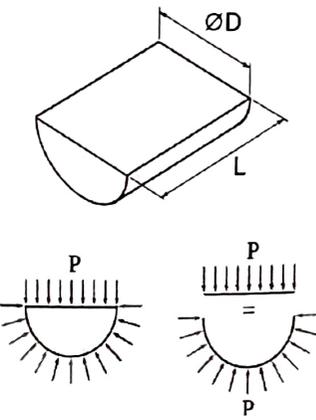


Figure 10 - Caractéristiques de fonctionnement des coussinets GLYCODUR

Pression diamétrale admissible :

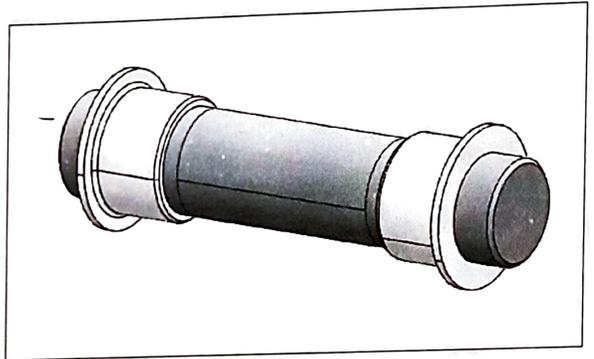
La pression utilisée pour la vérification de la pression admissible est la **pression diamétrale**.
C'est une simplification de la pression sinusoïdale.

Pression sinusoïdale	Pression diamétrale
	 <p>On considère un demi-cylindre plongé dans un fluide exerçant une pression hydrostatique uniforme. L'équilibre impose que la résultante de la pression sur la partie plate est égale en intensité à la résultante de la pression sur la partie cylindrique. La partie plate étant un rectangle de dimensions $\varnothing D \times L$, nous en déduisons que :</p> $P = \frac{F}{\varnothing D \times L}$

Nous allons comparer les résultats des 2 pressions en réalisant une simulation pour la pression sinusoïdale et un calcul pour la pression diamétrale.

Nous allons choisir le type de montage ci-contre :

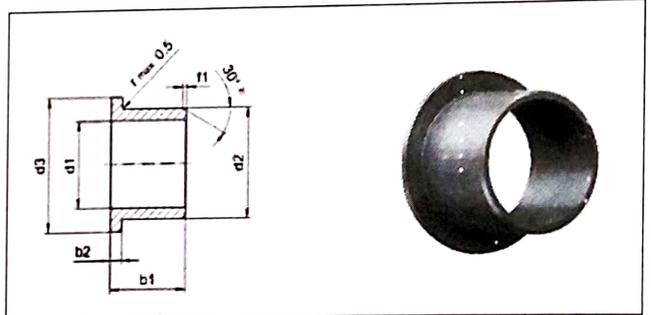
Axe + 2 coussinets à collerette



Coussinet type **Iglidur G** de chez **IGUS**

- $d_1 = 12 \text{ mm}$
- $b_1 = 10 \text{ mm}$

On prendra un effort de 1000 N appliqué sur l'arbre et réparti uniformément sur les 2 paliers.



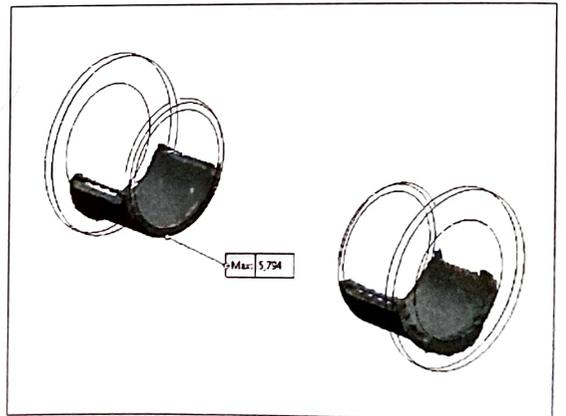
Pression sinusoïdale :

La simulation a été réalisée avec SolidWorks Simulation. L'arbre a été rendu rigide pour ne pas influencer les résultats de l'étude.

Un chargement vertical est appliqué sur l'axe. On génère des contacts sans pénétration entre les paliers et l'axe.

Un contrôle de maillage a été mis en place sur les paliers afin d'affiner au maximum les résultats de l'étude.

La contrainte maximale obtenue est de **5,794 MPa**.



Pression diamétrale :

On réalise le calcul en fonction des données et dimensions :

On prend un effort de 1000N et on prend 2x la surface puisque l'on utilise 2 paliers.

La contrainte maximale obtenues est de **4,2 MPa**.

Conclusion :

On s'aperçoit que l'on a une incertitude d'environ 25% sur nos résultats. Néanmoins, si on modifie l'iso sur SolidWorks à 4,2, nous obtenons la figure ci-contre.

Les contraintes sont très localisées. On peut donc en conclure que le calcul par pression diamétrale est un moyen rapide et fiable de vérifier les résultats.

Condition de résistance :

La pression admissible par le palier doit être strictement supérieur au calcul de la pression diamétrale.

Dans le cas où la pression diamétrale est très proche de la pression admissible, il sera judicieux de modifier les dimensions du palier ou de passer sur un palier plus résistant.

Facteur pV maximum admissible :

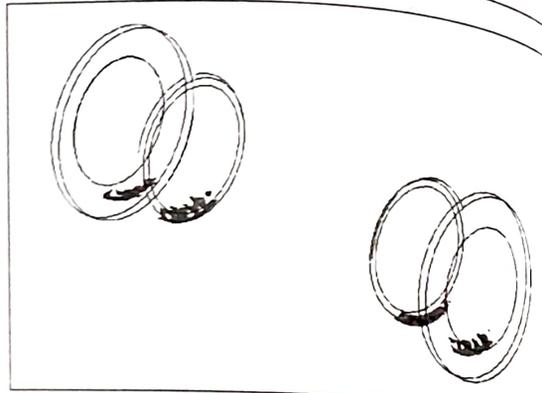
Ce facteur **pV** est le produit de la pression diamétrale **p** (N/mm²) par la vitesse circonférentielle **V** (m/s).

Il est déterminant pour le dimensionnement des coussinets. La valeur de pV permet de s'assurer, en fonction du matériau utilisé pour la fabrication du coussinet, s'il sera capable de supporter et dissiper l'énergie engendrée par le frottement.

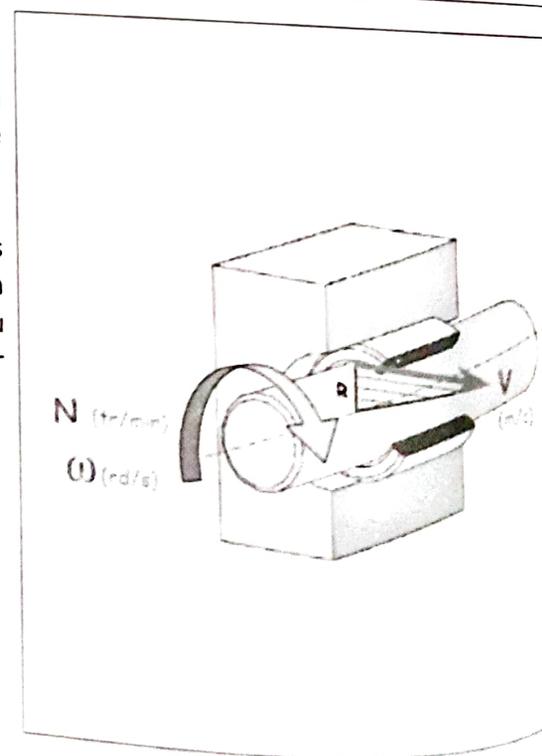
- F** : charge radiale en (N)
- ∅D** : diamètre intérieur du coussinet (mm)
- L** : longueur du coussinet (mm)
- p** : pression diamétrale (MPa)
- N** : fréquence de rotation (tr/min)
- ω** : fréquence de rotation en (rad/s)
- pV** est exprimé en watt/mm²

calcul de la pression diamétrale en fonction de la pression admissible

$$p = \frac{F}{2 \times \emptyset D \times L} = \frac{1000}{2 \times 12 \times 10} = 4,2 \text{ MPa}$$



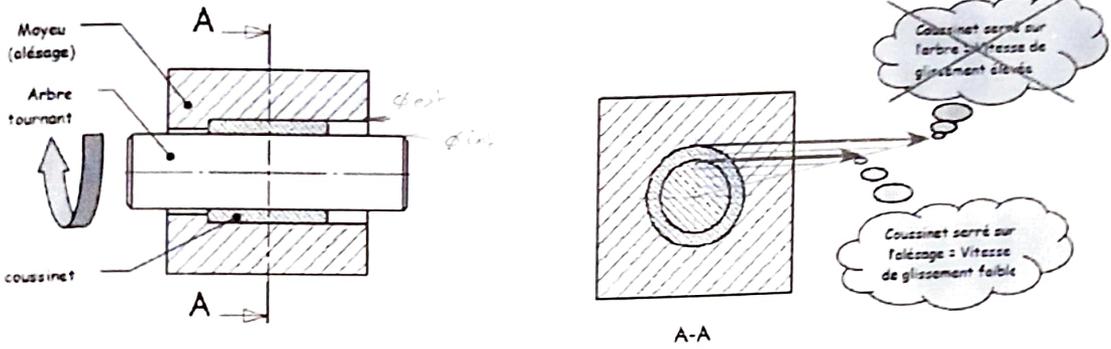
$$p_{adm} > p = \frac{F}{\emptyset D \times L}$$



Montage des coussinets :

Afin de limiter les frottements, le coussinet doit être monté serré sur l'alésage, et glissant sur l'arbre, et non l'inverse. De cette façon la vitesse de glissement est la plus faible (voir ci-dessous).

Les spécifications dimensionnelles de l'arbre et du logement du moyeu (tolérances) sont définies par chaque constructeur.



montage serré sur l'arbre
vitesse de glissement élevée

montage serré sur l'alésage
vitesse de glissement faible

TRANSMISSIONS PAR ENGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS

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

Les engrenages sont des composants essentiels lors de la transmission de puissance. C'est le système le plus utilisé lorsqu'on souhaite une transmission résistante et durable.

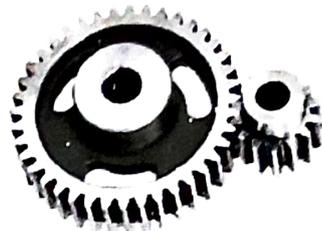
A. Généralités

• Vocabulaire

Un engrenage est une association de deux roues dentées complémentaires, chacune en liaison (souvent pivot) par rapport à un support (souvent le bâti mais pas toujours).

La plus petite roue dentée s'appelle **PIGNON**.

La plus grande roue se nomme **COURONNE**.

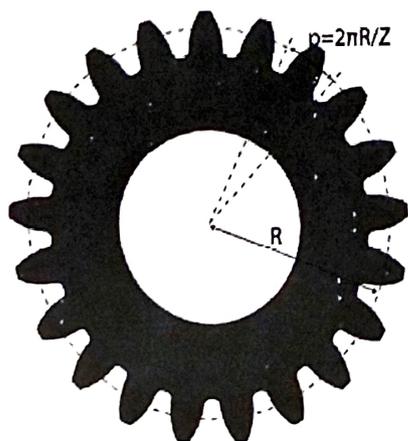


• Caractéristiques

Excellent rendement, encombrement plutôt faible, transmission d'actions mécaniques importantes, bonne durée de vie, moyennement onéreux en version standard.

• Module, épaisseur de dent et diamètre primitif

Au point d'engrènement entre deux roues dentées, on peut dire que les deux roues dentées se comportent comme deux cylindres **roulant sans glisser** l'un sur l'autre. On définit alors le diamètre de chacun des « cylindres » comme étant le **diamètre primitif** de la roue dentée correspondante.



Dessin

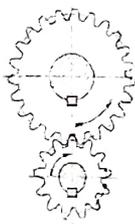
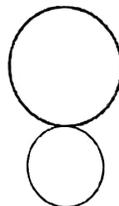


Schéma cinématique



Dessin

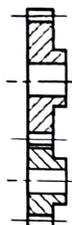
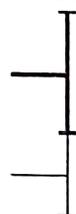


Schéma cinématique



On définit le module d'une dent comme vérifiant la relation :

$$\phi_{\text{primitif}} = m \cdot Z$$

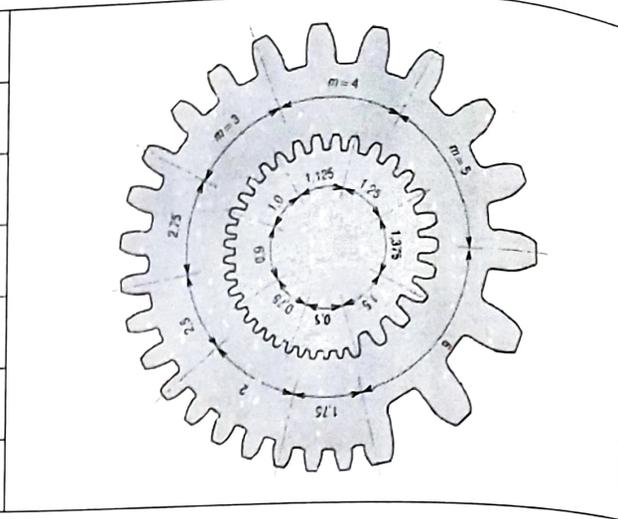
- ϕ_p : diamètre primitif de la roue dentée (en mm)
- m : module de la roue dentée (en mm)
- Z : nombre de dents de la roue dentée

Le module est proportionnel à l'épaisseur d'une dent. C'est-à-dire que plus le module est important, plus les dents sont épaisses et résistantes.

Pour que deux roues dentées puissent engrener ensemble, il faut donc qu'elles aient le même module.

Valeurs normalisées du module

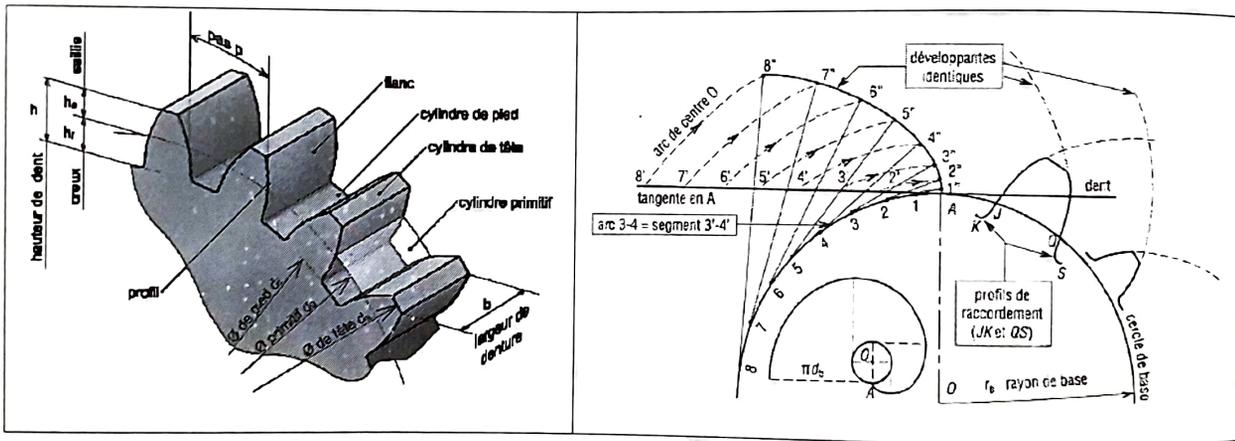
Série principale en mm				
0,06	0,25	1,25	5	20
0,08	0,30	1,75	6	25
0,10	0,40	2	8	32
0,12	0,50	2,5	10	40
0,15	0,75	3	12	50
0,20	1	4	16	60



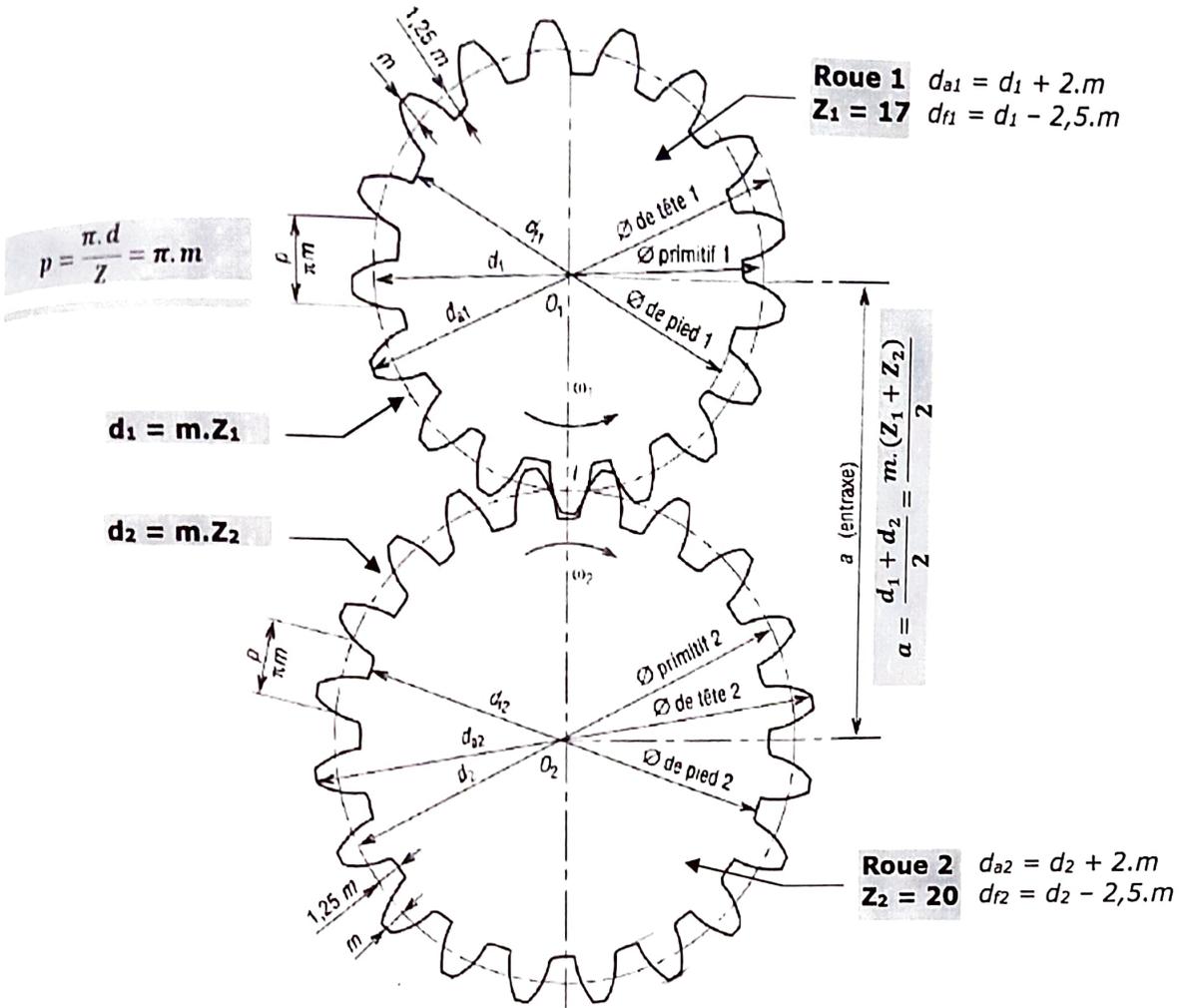
• Géométrie des dentures

Une dent a généralement un profil en **développante de cercle**, ce qui lui donne les avantages suivants :

- Transmission homocinéétique, c'est-à-dire que si la vitesse angulaire d'entrée est constante, la vitesse angulaire instantanée de sortie sera constante aussi (donc pas de vibrations),
- Angle de pression α constant (direction de la force transmise).

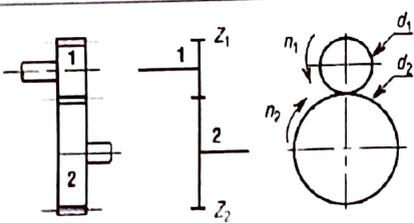


B. Engrenages droits (les axes de rotation sont parallèles)



Engrenage denture extérieur

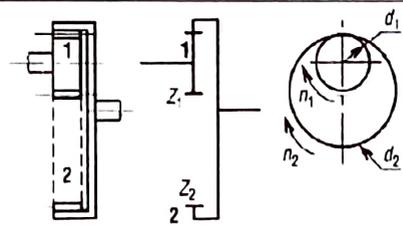
Sens de rotation inversé (signe -)



$$r = -\frac{\omega_s}{\omega_e} = -\frac{\omega_2}{\omega_1} = -\frac{Z_1}{Z_2} = -\frac{\phi_{p1}}{\phi_{p2}}$$

Engrenage denture intérieur

Même sens de rotation (signe +)



$$r = +\frac{\omega_s}{\omega_e} = +\frac{\omega_2}{\omega_1} = +\frac{Z_1}{Z_2} = +\frac{\phi_{p1}}{\phi_{p2}}$$

Petite précision de vocabulaire

$r = \frac{\omega_s}{\omega_e}$ est appelé rapport de transmission
 (vocabulaire que l'on utilise dans votre formation)

$r = \frac{\omega_e}{\omega_s}$ est appelé rapport de réduction ou multiplication en fonction de la configuration

Train d'engrenages

$$r = \frac{\omega_s}{\omega_p} = (-1)^y \frac{\text{produit des } Z \text{ roues menantes}}{\text{produit des } Z \text{ roues menées}}$$

avec y : nbr de contact extérieur

