

Chapitre V Construction et éléments Auxiliaires

I. Les Ressorts

I.1 Introduction

Un ressort est un élément qui emmagasine l'énergie quand on le fait comprimer, tendre ou tordre, il restitue en suite cette énergie quand il est relâché en permettant d'exercer une force ou un couple de torsion, autres types de ressorts permettent de dissiper l'énergie et amortir les vibrations comme les ressorts utilisés dans les amortisseurs d'automobiles, ils permettent aussi de rattraper le jeu.

I.2 Les différents types des ressorts

La Figure I.1 montre quelques types de ressorts à compression, les spires de ces ressorts ne sont pas jointives, la largeur maximale du ressort hélicoïdal à compression (Figure I.1 (a)) après sa compression qui peut atteindre ne dépasse jamais la moitié de sa largeur initiale, ce qui rend ces ressorts plus encombrants, pour éviter cet inconvénient, des ressorts en volute sont utilisés (Figure I.1 (b)).

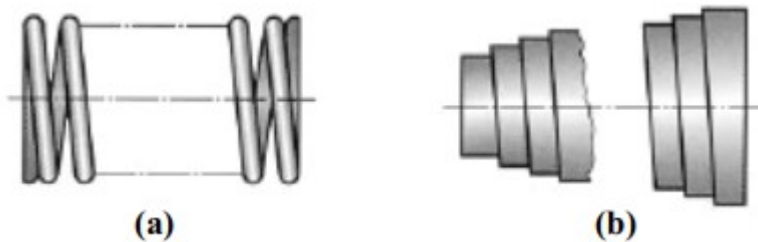


Fig I.1 Ressorts à compression

La Figure I.2 présente un ressort à traction c'est-à-dire il travaille qu'en traction, les spires de ce ressort sont jointives ou en contact au repos, ces ressorts sont préchargés par une tension initiale de traction qui provient d'une déformation élastique de flexion imposée au fil au moment de leurs fabrications. Le métal du ressort subi des déformations de flexion et de torsion. Les deux bouts du ressort ont la forme d'un crochet afin de faciliter leur montage, l'inconvénient est que les concentrations de contraintes sont élevées au niveau du crochet.

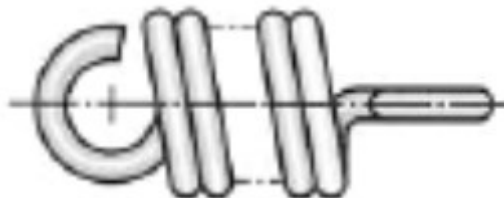


Fig I.2 Ressort à traction

Les ressorts de torsion sont montés sur un axe qui les traverse, les spires de ces ressorts subissent des déformations de flexion. On peut trouver des ressorts cylindriques de torsion (Figure I.3 (a)) ou des ressorts spirales à lame de section rectangulaire (Figure I.3 (b)).

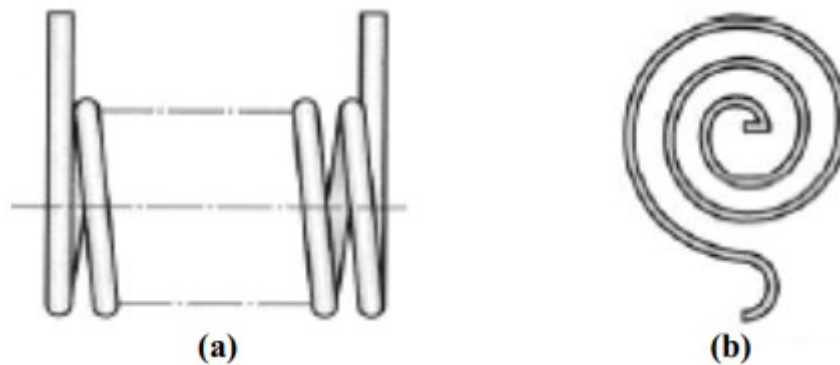


Fig I.3 : Ressorts de torsion

Les rondelles de type Belleville agissent comme un fort ressort axial qui applique une pression sur les pièces d'appui. Les rondelles peuvent être empilées en opposition (addition des flèches), en parallèle (addition des charges) ou en combinaison des deux (Figure I.4). La raideur et les déformations dépendent du nombre des rondelles et de leur façon d'empilement.

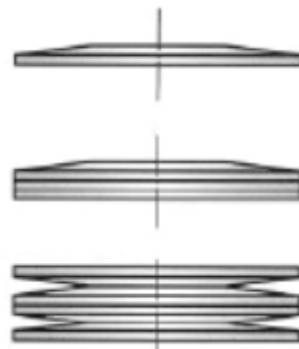


Fig I.4 : Rondelles de Belleville

I.3 Matériaux des ressorts

La résistance mécanique du matériau de ressort dépend du diamètre du fil de ce ressort et de son procédé d'obtention, la plupart des matériaux des ressorts sont :

- Les aciers aux carbones trempés (C70, C95, etc), la limite d'élasticité R_e peut atteindre 2000 MPa
- Les aciers au nickel trempés après tréfilage, la résistance à la rupture R_r pour ces aciers peut atteindre 2600 MPa pour un fil de diamètre 0,05 mm et 1100 MPa pour un fil de diamètre de 13 mm.
- Les aciers au chrome vanadium 51CrV4 ($R_e=1080$ MPa), aciers inoxydables X7CrNiAl17-7 ($R_e=1300$ MPa)
- Les maillechorts : exemple CuBe2 ($R_r=1200$ MPa).

Lorsque le ressort est exposé à la corrosion, on emploie des matériaux zingués, étamés ou des aciers revêtus.

I.4 Calcul des ressorts

Le fil des ressorts possède soit une section transversale carrée, rectangulaire ou ronde, le ressort doit résister aux différentes sollicitations : Compression, traction, torsion ; le ressort doit se déformer aussi sous l'application de ces sollicitations.

Figure I.5 montre un ressort hélicoïdal de compression, le fil de ce ressort possède la forme ronde. Le ressort est sollicité par une force de compression F , le fil de ce ressort est exposé à un cisaillement d'origine direct et d'origine de torsion.

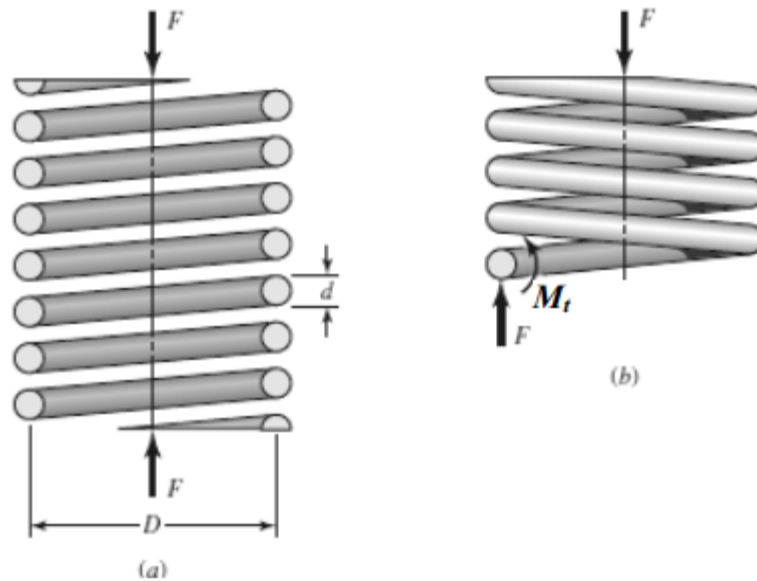


Fig I.5 : (a) Ressort hélicoïdal chargé axialement (b) Fil du ressort exposé à un cisaillement direct et de torsion

Le calcul de la contrainte maximale de cisaillement pour ce ressort est donné comme suit :

$$\tau_{Max} = \tau_{torsion} + \tau_{direct} = \frac{M_t \cdot (d/2)}{I_p} + \frac{F}{S} \quad (I.1)$$

I_p est le moment d'inertie polaire, il est égal à :

$$I_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \quad (I.2)$$

$$S \text{ est la section du fil du ressort : } S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (I.3)$$

$$\text{Le moment de torsion } M_t \text{ généré au niveau fil: } M_t = F \cdot \frac{D}{2} \quad (I.4)$$

d est le diamètre du fil du ressort, D est le diamètre moyen du ressort.

$$\text{Pour éviter un cisaillement du fil du ressort, il faut que : } \tau_{Max} < \tau_{adm} \quad (I.5)$$

La déflexion ou l'allongement f du ressort est déterminé par le théorème de Castigliano, ce théorème indique que la déflexion f est égale à : $f = \frac{\partial E_{déf}}{\partial F}$ (I.6)

L'énergie de déformation emmagasinée dans un ressort fabriqué avec un fil d'une longueur l est égale à :

$$E_{déf} = E_{déf \text{ de torsion}} + E_{déf \text{ de cisail}} = \frac{1}{2} K_{tors} \cdot \theta^2 + \frac{1}{2} K_{cisail} \cdot y^2 \quad (I.7)$$

Sachant que: $M_t = K_{tors} \cdot \theta$ et $F = K_{cisail} \cdot y$; θ est l'angle de torsion en radian et y est le déplacement suivant la direction de l'application de la force F .

La rigidité en torsion K_{tors} est égale: $K_{tors} = \frac{G I_p}{l} \text{ (N.m)}$ (I.8)

La rigidité en cisaillement K_{cisail} est égale : $K_{cisail} = \frac{GS}{l} \text{ (N.m)}$ (I.9)

La longueur l du fil du ressort est égale : $l = \pi DN$ (I.10)

N est le nombre des spires.

A l'aide des relations précédentes, on peut écrire l'énergie de déformation $E_{déf}$ en fonction de

la force F comme suit : $E_{déf} = \frac{1}{2} \frac{M_t^2 l}{GI_p} + \frac{1}{2} \frac{F^2 l}{GS}$ (I.11)

Remplaçons M_t , S , l , I_p dans l'équation précédente, nous trouvons alors :

$$E_{déf} = \frac{4 F^2 D^3 N}{d^4 G} + \frac{2 F^2 DN}{d^2 G} \quad (I.12)$$

Appliquons maintenant le théorème de Castigliano, la déflexion f est égale alors à :

$$f = \frac{8F \cdot D^3 N}{d^4 G} + \frac{4F \cdot D \cdot N}{d^2 G} \quad (I.13)$$

Si $C=D/d$, alors la déflexion f peut être écrite sous la forme :

$$f = \frac{8F \cdot D^3 N}{d^4 G} \left(1 + \frac{1}{2C^2} \right) \approx \frac{8F \cdot D^3 N}{d^4 G} \quad (I.14)$$

La raideur du ressort à compression est égale alors:

$$K_{compr} = \frac{F}{f} = \frac{d^4 G}{8D^3 N} \quad (I.15)$$

Cette raideur est égale pour un ressort à traction :

$$K_{tract} = \frac{F - F_0}{f} = \frac{d^4 G}{8D^3 N} \quad (I.16)$$

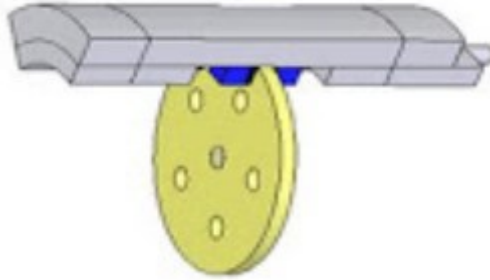
F_0 est la tension initiale de précharge appliquée sur le ressort.

II. Les Freins et Les Embrayages

1. Les Freins

I.1 Définition :

Un frein est un transformateur d'énergie mécanique en énergie calorifique, destinée à réduire, réguler ou annuler la vitesse d'un solide.



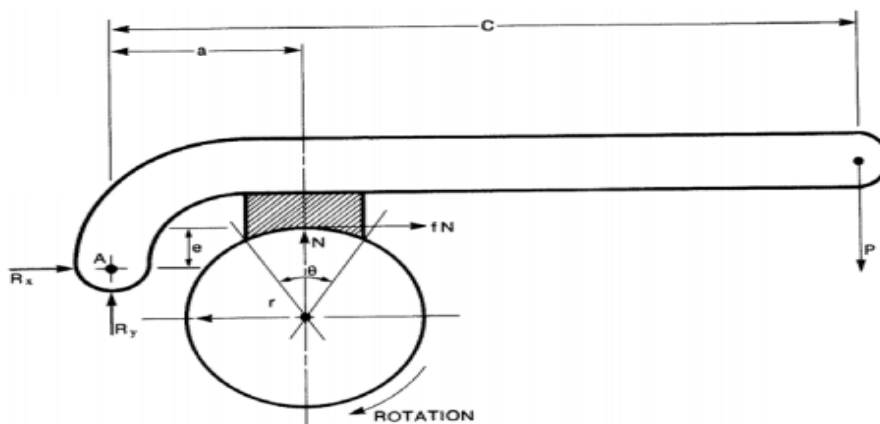
Les propriétés d'un frein sont caractérisées par les grandeurs suivantes:

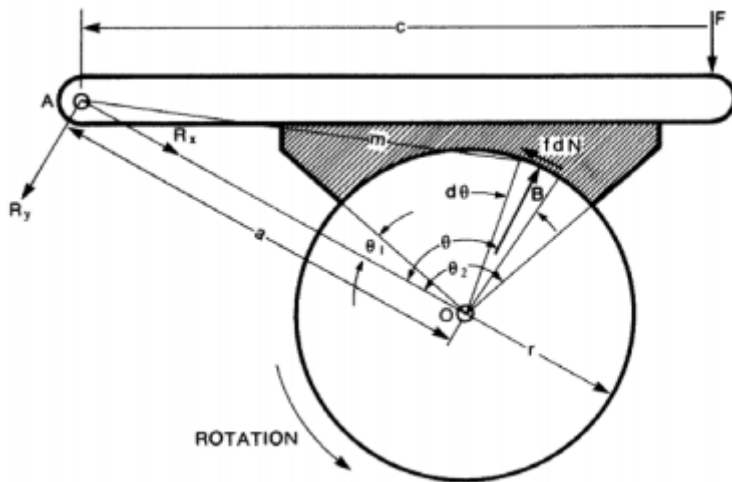
- L'effort de commande est la force maximale constante exercée par l'opérateur sur l'organe de commande du frein au cours du freinage.
- La course de commande est le déplacement de l'organe de commande du frein, de la position de repos à la position de freinage.
- L'indice de commande d'une installation de freinage est le produit de l'effort par la course de commande.
- L'efficacité d'un frein (souvent appelée puissance d'un frein) est le rapport du couple de freinage à l'indice de commande.
- La régularité d'un frein est caractérisée par son indice de régularité, rapport de la variation relative du couple de freinage à la variation relative du coefficient de frottement.

I.2 Type de freins

1-Freins à Sabots:

Sont formés essentiellement d'un bloc en bois ou en amiante, d'un levier et d'un tambour. Le bloc peut être court ou long., rigidement fixe ou articulé.

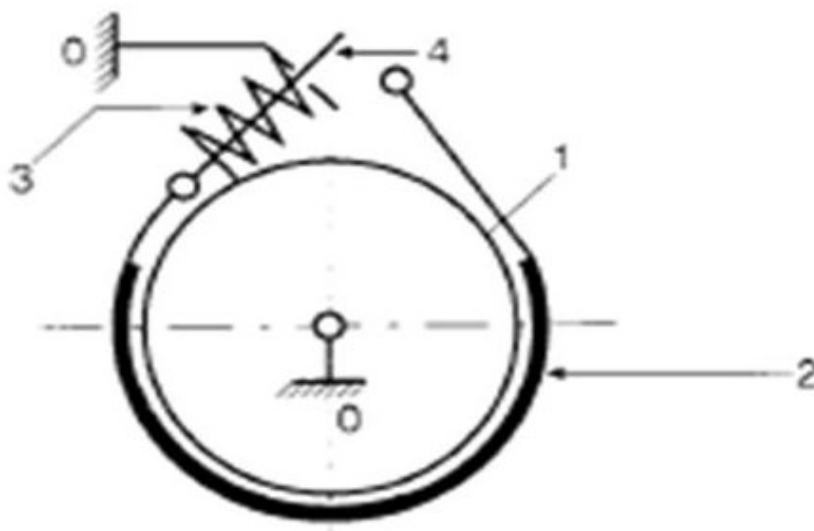




Les surfaces cylindriques du tambour et du bloc qui sont en contact sont le plus souvent lisses, quelquefois, une rainure en V est pratiquée dans le tambour dans le but d'accroître la force normale.

2-Frien à sangle:

C'est le plus simple de tous les types de freins, il est formé d'un cylindre (tambour) autour duquel est enroulé une courroie, une sangle ou une bande de toile, de cuir ou d'acier qui porte une garniture.



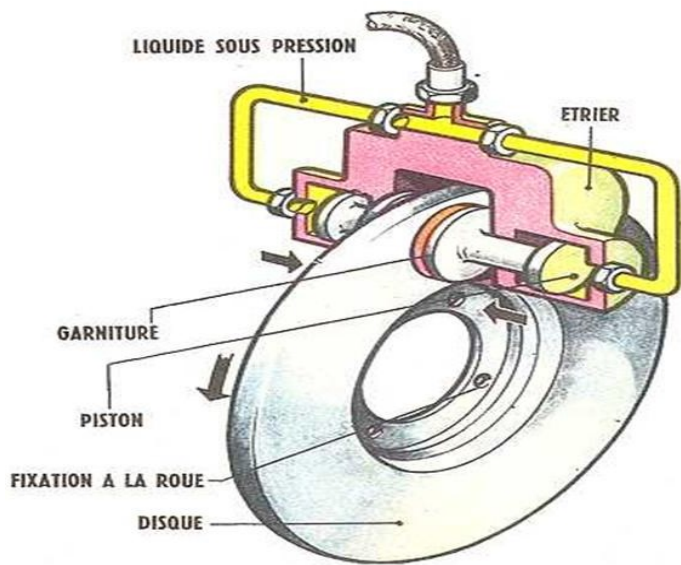
- 0: bâti
- 1:tambour
- 2: sangle
- 3: ressort de rappel
- 4: tirant

3- Freins à disques:

Surfaces de frottement planes et perpendiculaires à l'axe. Le disque est un cylindre de faible épaisseur et de grand diamètre. Le rapport entre D et d est au maximum de 0,7. Il est admis, pour le calcul des garnitures, dans des conditions normales d'utilisation, une usure de 1 mm pour un couple de $15 \cdot 10^6$ daNm/cm² de garniture.

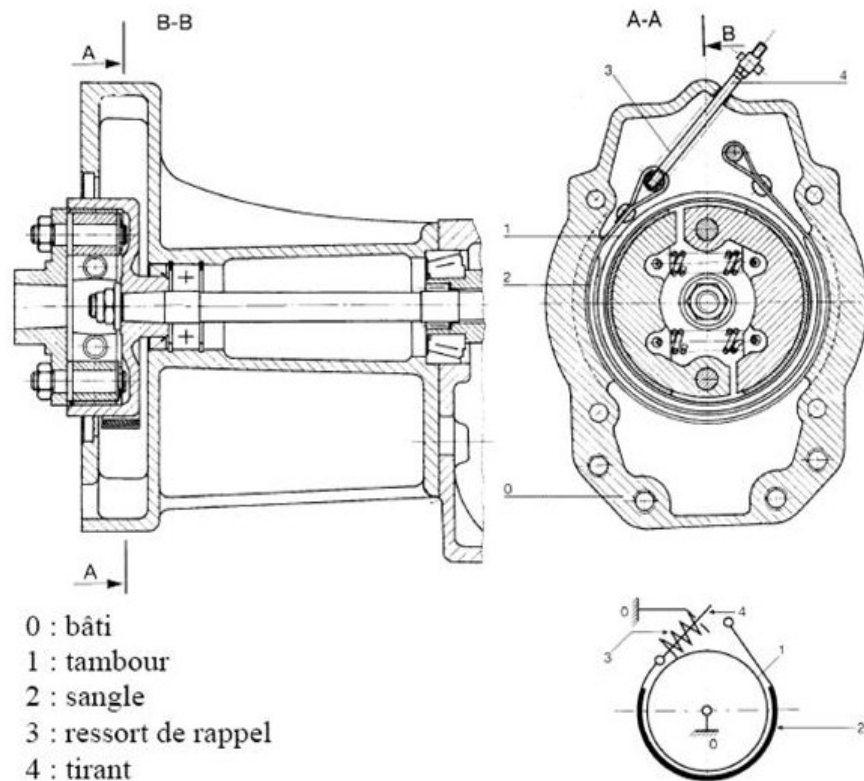
Les garniture se présente sous forme:

- patins complets ou partiels.



Les Commandes :

Frein à sangle - commande mécanique :

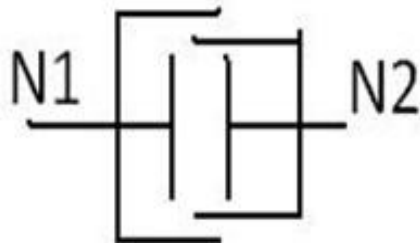


Frein mono disque – commande pneumatique

2. Les embrayages

II.1 Définition :

Un embrayage est un accouplement temporaire permettant d'accoupler ou de désaccoupler à volonté deux arbres en rotation.



Symbole générale

II.2 Rôle :

L'embrayage a pour but de transmettre temporairement le mouvement de rotation et le couple d'une partie motrice à une partie réceptrice. Il doit permettre :

- d'assurer un démarrage progressif ou rapide de la machine pour l'amener à sa vitesse de régime,
- de transmettre intégralement et sans glissement en régime de travail le couple total du moteur à la machine réceptrice,
- de faire cesser instantanément ces transmissions de couples par une manœuvre simple et facile exigeant le minimum d'effort.

Classification des embrayages:

Les embrayages peuvent être classés soit par leur mode d'entraînement ou soit par leur mode de commande.

II.3 Classification par mode d'entraînement

II.3.1 Embrayages instantanés

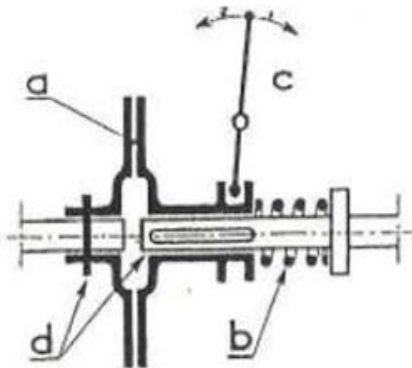
Ce sont des embrayages dont l'entraînement se fait par obstacle (embrayages à denture : carré, trapézoïdale, triangulaire). De conception simple et économique, sa manœuvre se fait obligatoirement à l'arrêt.

II.3.2 Embrayages progressifs

Ce sont des embrayages dont le mode d'entraînement peut être par friction, par poudre ou hydraulique. la manœuvre peut être effectuer en marche.

A – Les embrayages à friction

1. Constitution



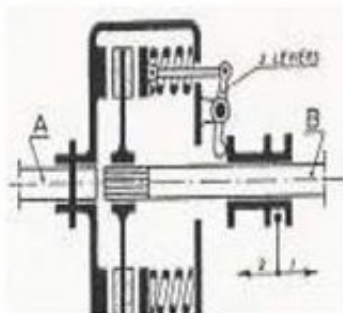
Un embrayage progressif est composé généralement :

- a- Des surfaces de contact.
- b- Un système presseur.
- c- Un dispositif de commande.
- d- Des liaisons manchons-arbres.

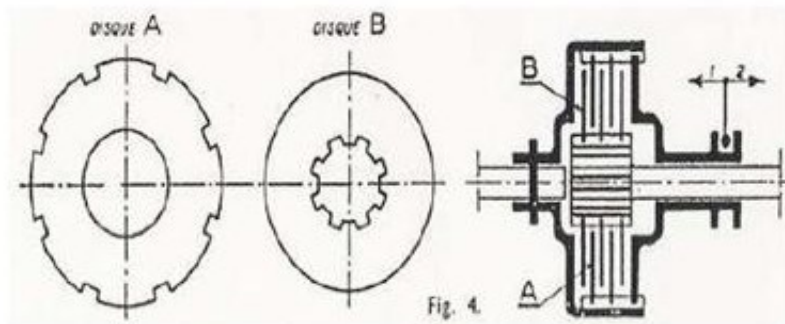
2. Formes des surfaces

Les surfaces de contact peuvent être planes, cylindriques ou coniques.

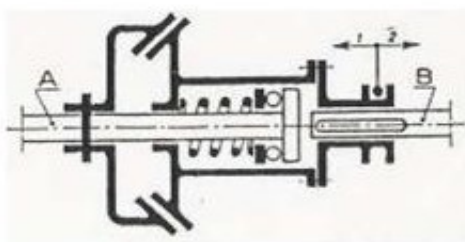
- Embrayage à friction plane monodisque



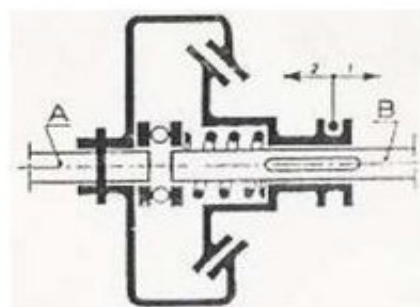
- Embrayage à friction plane multidisque



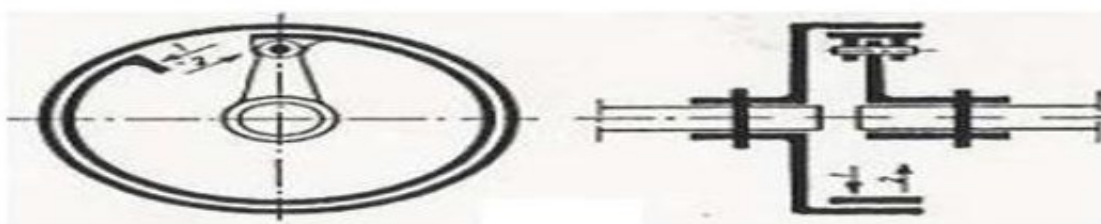
- Embrayage à friction conique - cône direct



- Embrayage à friction conique - cône inverse



- Embrayage à friction cylindrique



3. Les garnitures de friction

Elles doivent satisfaire aux conditions suivantes :

- important coefficient de frottement.
- grande résistance à l'usure et à l'échauffement.

Matériaux:

Le matériau le plus utilisé est le Ferrodo : tissu d'amiante armé de fil de cuivre, de laiton ou de plomb fixé sur les éléments de l'embrayage par rivetage ou collage. On trouve également des garnitures métalliques (Fonte, Acier, Bronze) travaillant dans l'huile ou à sec.

4. Le système presseur

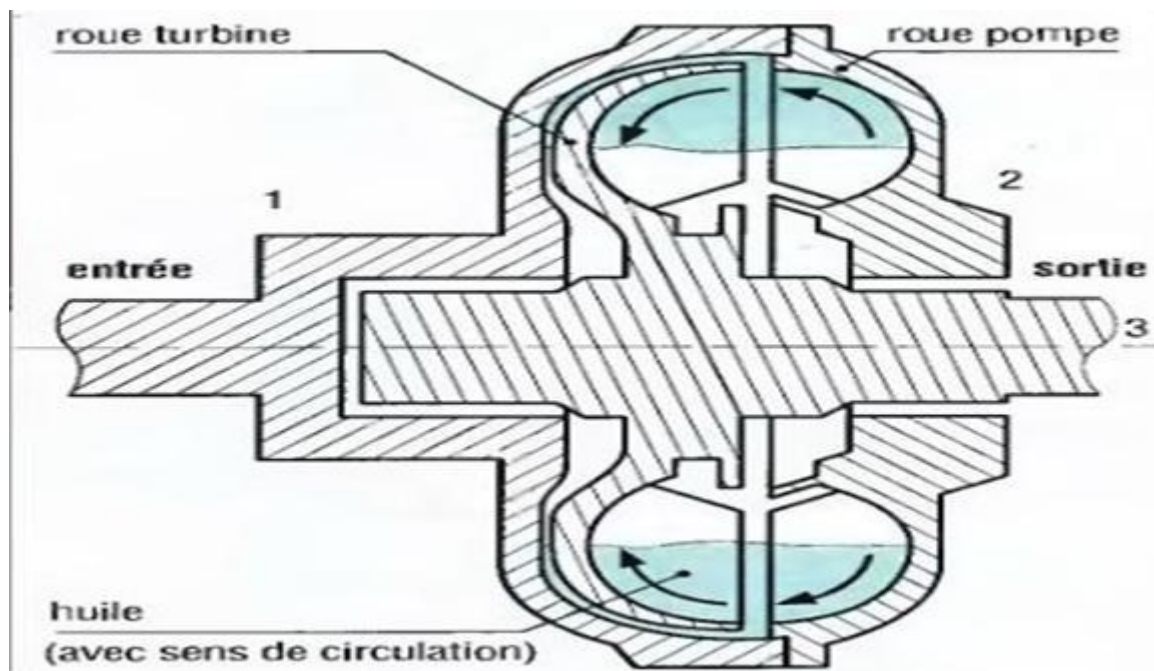
C'est en général un ressort à boudin en acier au carbone dur trempé; il peut être unique dans ce et est disposé de manière concentrique à l'axe des deux arbres.

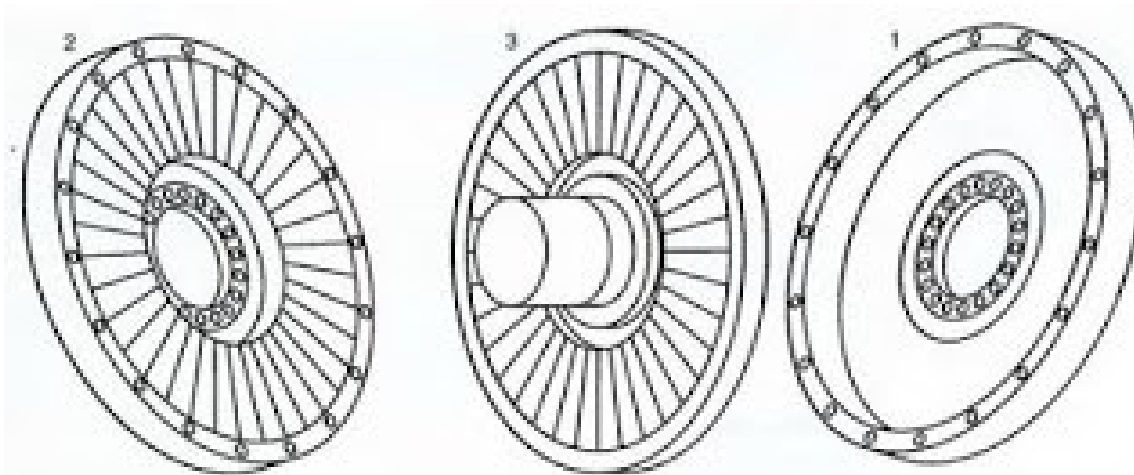
Certains embrayages comportent plusieurs ressorts identiques repartis sur le cercle moyen de la surface de contact. Une telle disposition assure une meilleure régularité de la pression.

B- Les embrayages hydrauliques

Le fonctionnement est basé sur la mise en mouvement d'une certaine masse de fluide au moyen d'une turbine menante (volant moteur). L'énergie de cette masse de fluide est reçue par une turbine menée (volant récepteur).

En tournant le volant moteur entraîne l'huile qui, par la force centrifuge se trouve projetée contre les ailettes du volant récepteur entraînant celui-ci en rotation.



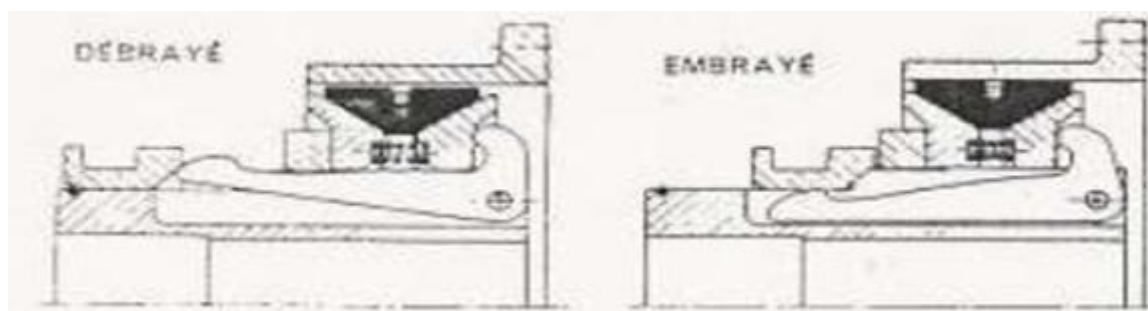


II.4 Classification par mode de commande

Le rôle d'un système de commande d'embrayage est de transmettre aux plateaux en la multipliant la force exercée sur la pédale d'embrayage.

1. Embrayages à commande mécanique

Ils sont utilisés en général lorsqu'on ne dispose pas d'énergie. On utilise des leviers, des fourchettes, des cames, etc.

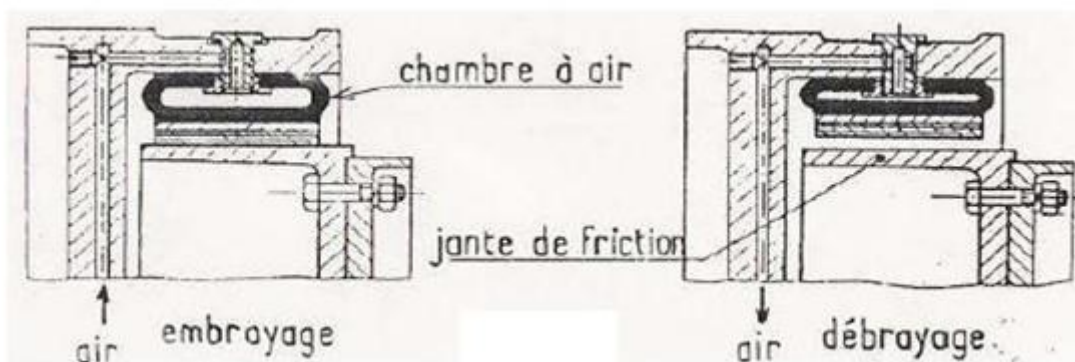


2. Embrayages à commande hydraulique

La force pressante F est obtenue lorsque le fluide est sous pression. Ce système permet d'avoir une très bonne progressivité de l'embrayage avec une pression facilement réglable. étanchéité difficile à réaliser.

3. Embrayages à commande pneumatique

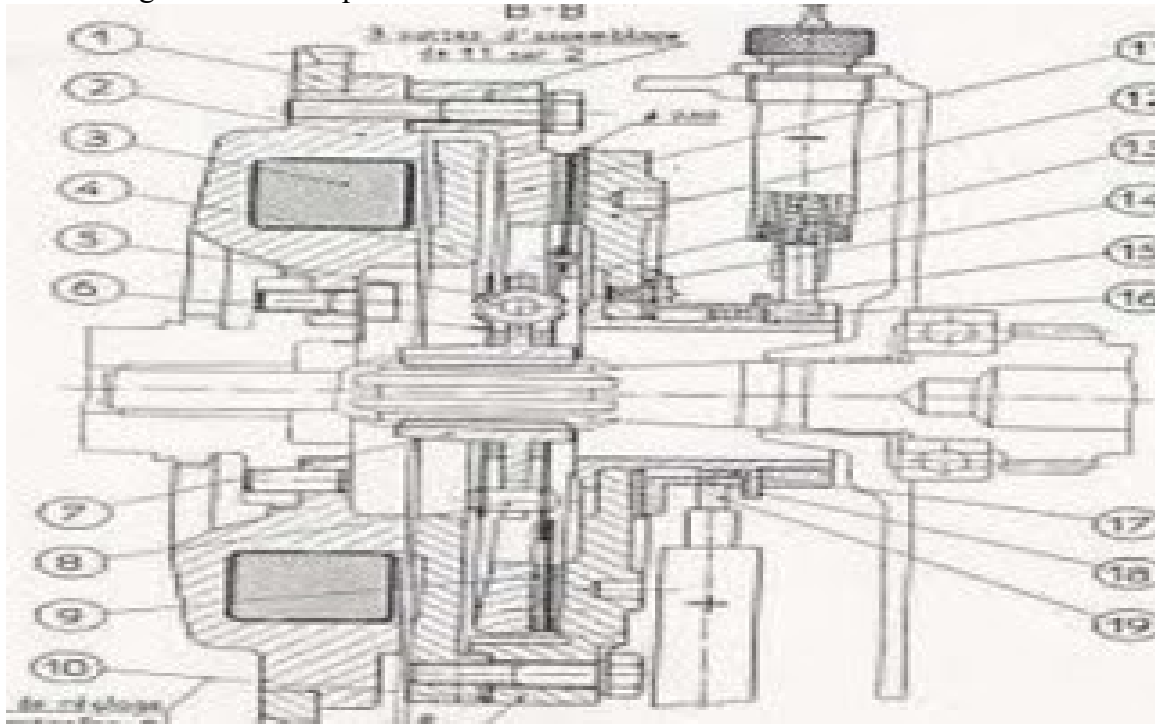
La force pression est obtenue par du gaz sous pression. Les appareils à commande hydraulique et pneumatique transmettent un couple en fonction de la pression. Il est impératif donc de maintenir la pression durant toute la durée de manœuvre.



4. Embrayages à commande électromagnétique

Un courant électrique continu traverse une bobine, les plateaux d'embrayage sont attirés par un électro-aimant. La progressivité est obtenue en faisant varier l'intensité à l'aide d'un rhéostat.

Avantage : commande possible à distance.



5. Embrayages centrifuges

Embrayages dont la liaison entre moteur et récepteur se fait progressivement au fur et à mesure que la vitesse du moteur s'approche de la vitesse de régime. Le principe de la commande de ces embrayages utilise une force centrifuge comme effort presseur. Il permet un accouplement programmé fonction de la partie motrice.

a. Coupleur hydraulique (Voir Les embrayages hydrauliques)

b. Embrayage à mâchoires (Voir Les embrayages à friction cylindrique)

A faible vitesse les ressorts tarés rappellent les mâchoires vers le centre (débrayage)

