

## Ch. 2.2- Freins et Embrayages

Les freins et les embrayages sont utilisés pour relier deux machines entre elles ou deux parties d'une même machine, qui tournent à des vitesses différentes pendant une fraction de temps que dure le cycle d'opération.

Les freins servent à réduire la vitesse de la machine ou la mettre à l'arrêt. L'énergie que possède le corps en mouvement est transformée en chaleur qui est absorbée par les surfaces en contact (garnitures) et dissipée dans l'ambiance.

L'embrayage est utilisé pour amener un moteur et un récepteur à une même vitesse ou reprendre la liaison entre eux.

**Il existe plusieurs types de freins :**

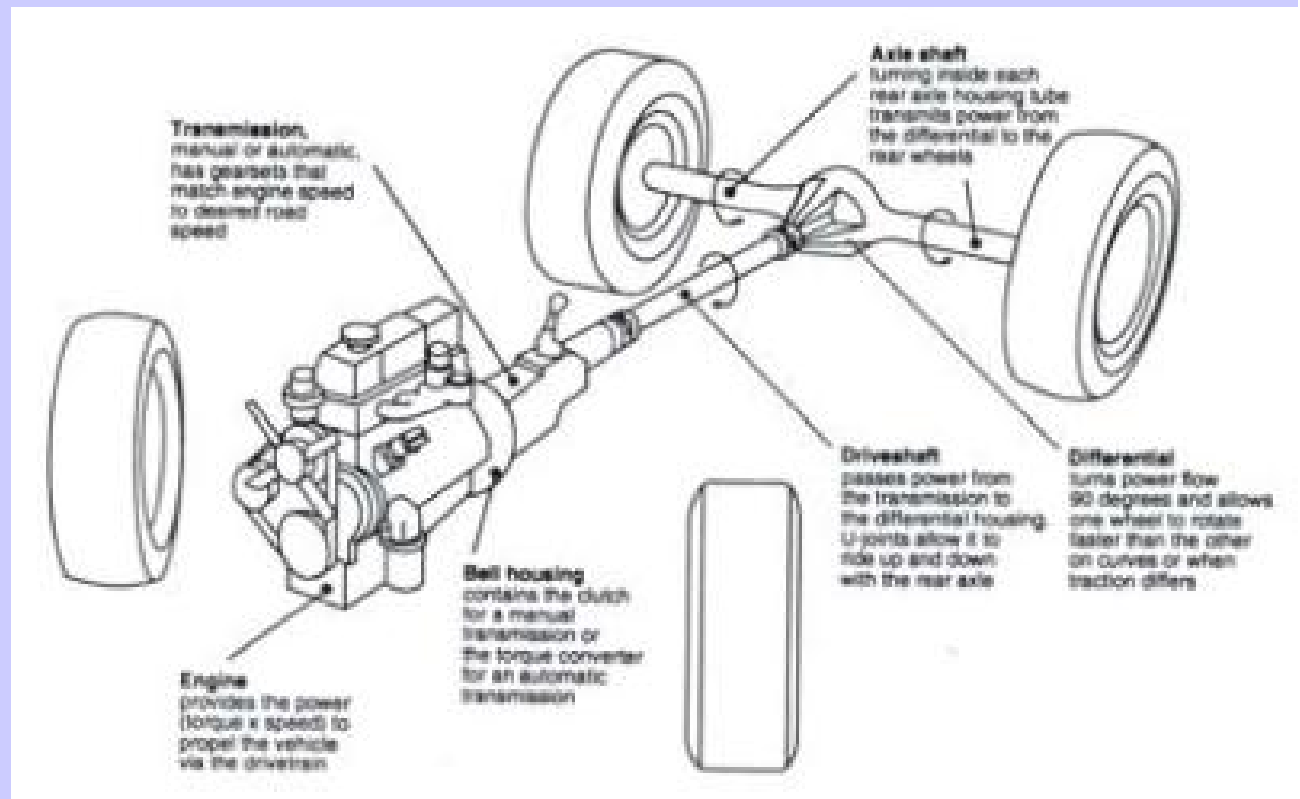
- les freins et les embrayages électriques ou magnétiques
- les freins et les embrayages hydrodynamiques ou hydrauliques
- les freins et les embrayages mécaniques qui utilisent différents mécanismes : bande ou courroie, bloc ou sabot, disque, À

Exemple :

Freinages des voitures, des camions poids lourds, des avions, des trains, ...

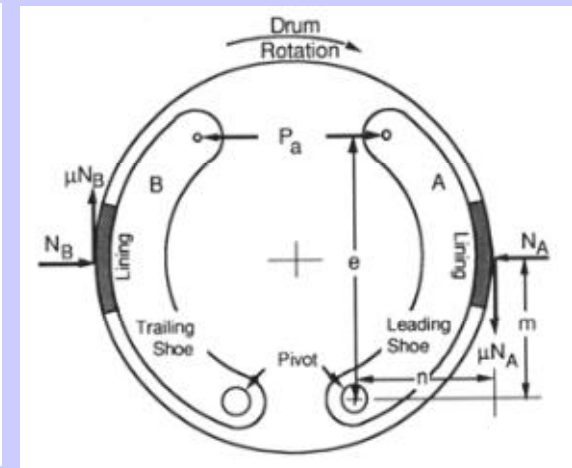
Un système de transmission se compose généralement de:

- Un volant moteur
- Un embrayage
- Une boîte de vitesse
- Un arbre de transmission
- Un différentiel
- Essieux

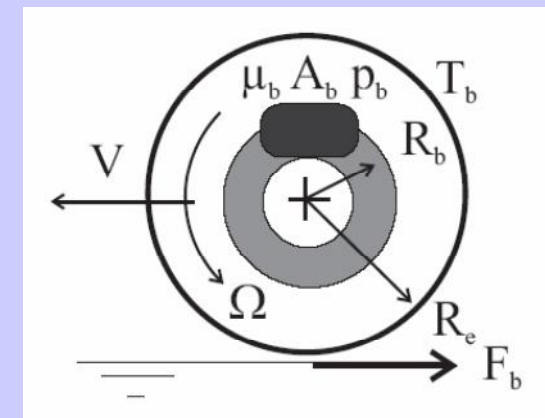


# LES FREINS

1- Les freins à tambour :  
Ils étaient initialement d'usage courant à cause de leur haut facteur de freinage et de la facilité d'incorporer un dispositif de frein de parking



2- Les freins à disque  
- Ils ont un facteur de freinage plus faible et demandent une force d'actuation plus importante.  
- Ils demandaient également des développements supplémentaires pour introduire des freins de parking

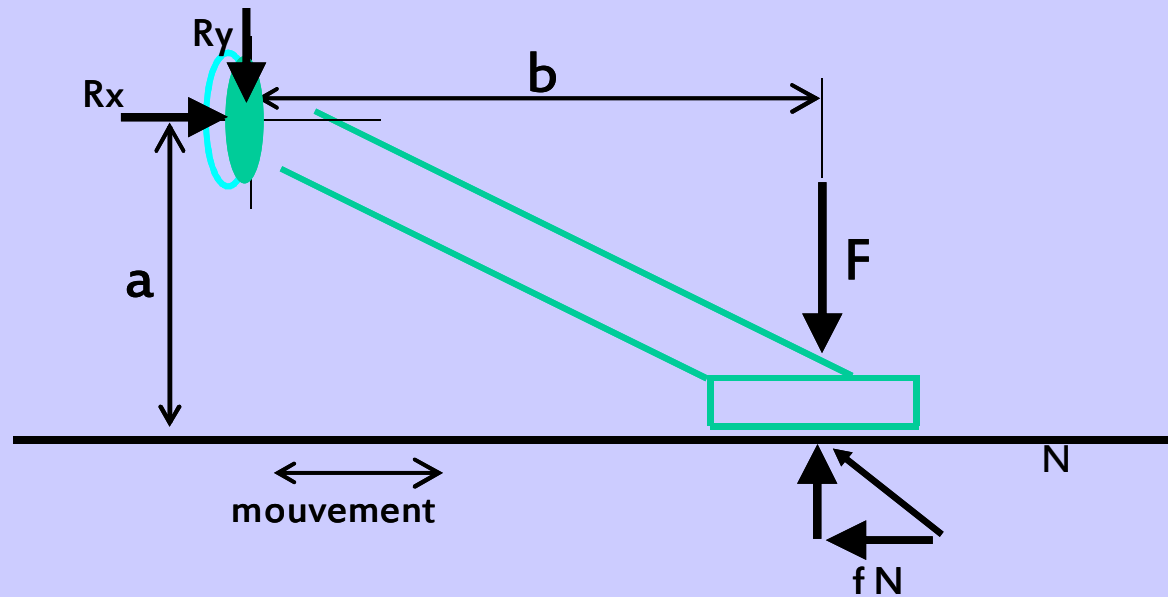


L'analyse d'un frein ou d'un embrayage consiste principalement à effectuer la recherche du couple développé entre les surfaces :

- Supposer ou déterminer la distribution de pression sur les surfaces de frottement
- Exprimer cette distribution de pression en fonction de la pression maximale qui dépend du matériau
- Écrire les équations d'équilibre statique pour Déterminer :

les forces appliquées  
le couple de freinage  
les réactions aux supports

## Exemple 1 : Frein linéaire



Hypothèse :

On suppose une plaque horizontale qui se déplace à une certaine vitesse.  
Une force  $F$  est appliquée sur le frein et elle génère une force de frottement.

**La force F appliquée par l'utilisateur sur le frein génère une force de frottement.**

**Étape 1 :**

**- Puisque le bloc de freinage est court, nous allons supposer que la pression est répartie uniformément sur les surfaces de contact.**

**Étape 2 :**

**-Donc la pression en tout point de la surface de contact est :**

$$p = p_a \text{ avec } p_a \text{ la pression maximale}$$

**Étape 3 :**

**-La force normale appliquée sur la surface A du frein s'écrit :**

$$N = p_a A$$

**-On obtient l'équation d'équilibre du levier en faisant une somme de moments des forces par rapport au point pivot B :**

$$N b - F b - f N a = 0$$

En utilisant les deux équations précédentes on obtient :

$$F = p_a ( A(b-f a) / b ) \quad (3)$$

Les réactions  $R_x$  et  $R_y$  au pivot B s'obtiennent comme suit :

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 &\Rightarrow R_x = f p_a A \\ \sum F_y = 0 &\Rightarrow R_y = p_a A - F \end{aligned}$$

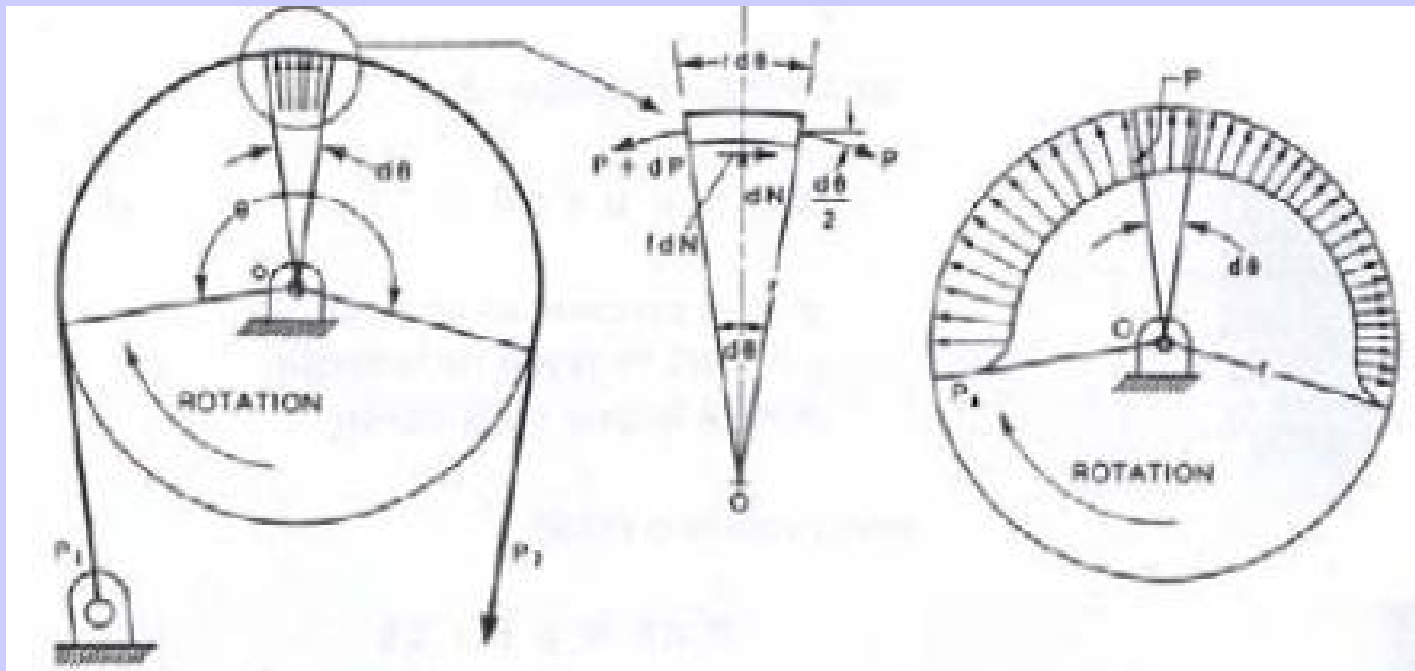
L'équation (3) contient un terme au numérateur dont la valeur peut être positive ou négative.

Si  $b = f a$  : la force  $F = 0$  donc le frein a tendance à l'auto serrage

## Exemple 2 : Frein à bande ou à courroie

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

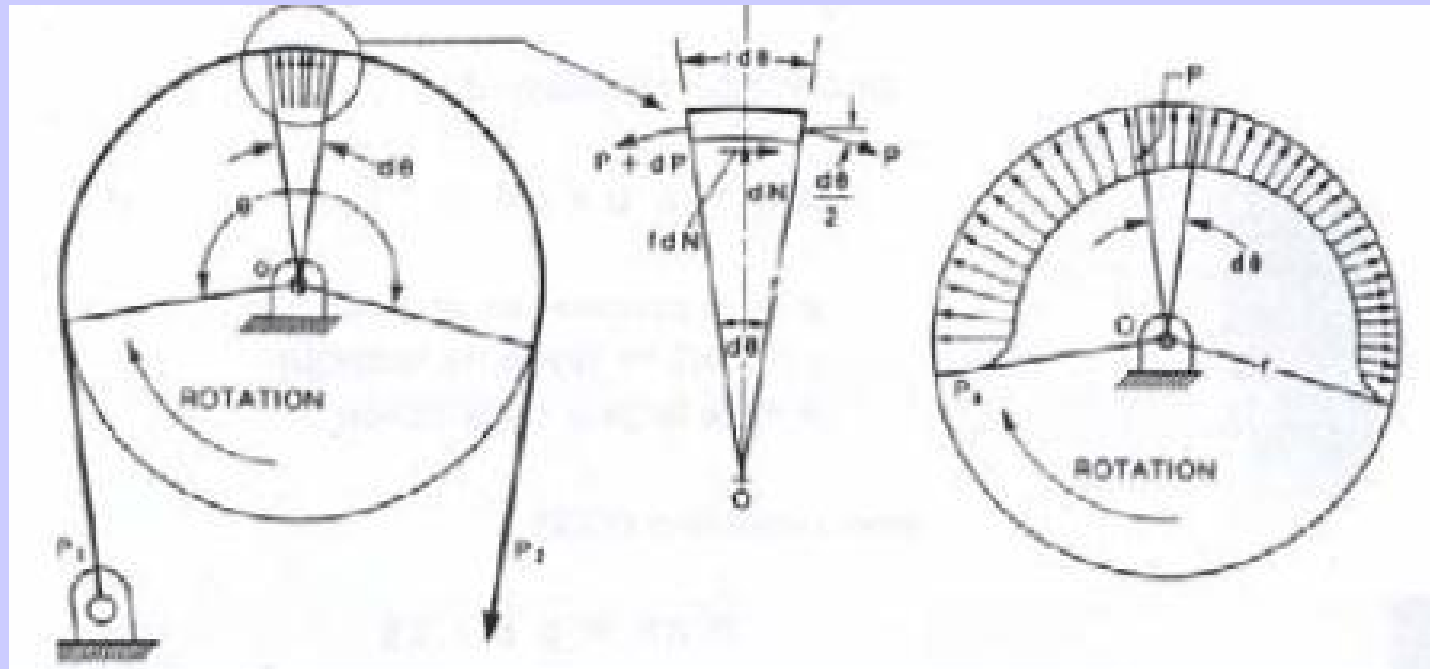
On trouve ce frein principalement dans les grues, les treuils et les ascenseurs.





## Étape 1 :

Puisque la longueur de déroulement de la courroie est importante, on doit déterminer la distribution de la pression sur les surfaces de contact.



Somme des forces verticales et horizontales :

$$\sum F_v = (P + dP) \sin \frac{d\theta}{2} + P \sin \frac{d\theta}{2} - dN = 0$$

$$\sum F_H = (P + dP) \cos \frac{d\theta}{2} - P \cos \frac{d\theta}{2} - f dN = 0$$

**Admettant que :**

$$\sin \frac{d\theta}{2} \approx \frac{d\theta}{2} \quad \text{et} \quad \cos \frac{d\theta}{2} \approx 1$$

**On obtient :**

$$dP - f dN = 0 \quad \text{et} \quad dN = P d\theta$$

**En remplaçant dN par sa valeur et en intégrant entre les limites de P, on obtient :**

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{P} = f \int_0^\theta d\theta \quad \Rightarrow \quad \ln \frac{P_1}{P_2} = f\theta \quad \text{soit} \quad \frac{P_1}{P_2} = e^{f\theta} \quad ( P_1 > P_2 )$$

**On calcule le couple de freinage en faisant la somme des moments par rapport au centre du tambour.**

**On obtient :**

$$\mathbf{T = P_1 r - P_2 r \Rightarrow T = \frac{(P_1 - P_2)}{2} D}$$

## L'EMBRAYAGE

Fonction:

- Un embrayage est nécessaire pour connecter / déconnecter la puissance
- Dans un véhicule, l'embrayage est utilisé pour transmettre la puissance du moteur et désengager le moteur et la boîte de vitesses lorsque qu'on change de rapport
- L'embrayage permet également au moteur de tourner lorsque le véhicule est à l'arrêt sans placer la boîte sur le neutre

On distingue :

- Embrayages à sec ou à friction
- à commande manuelle / à commande automatique
- à sec / à bain d'huile
- Coupleur centrifuge
- Convertisseur de couple (hydraulique)

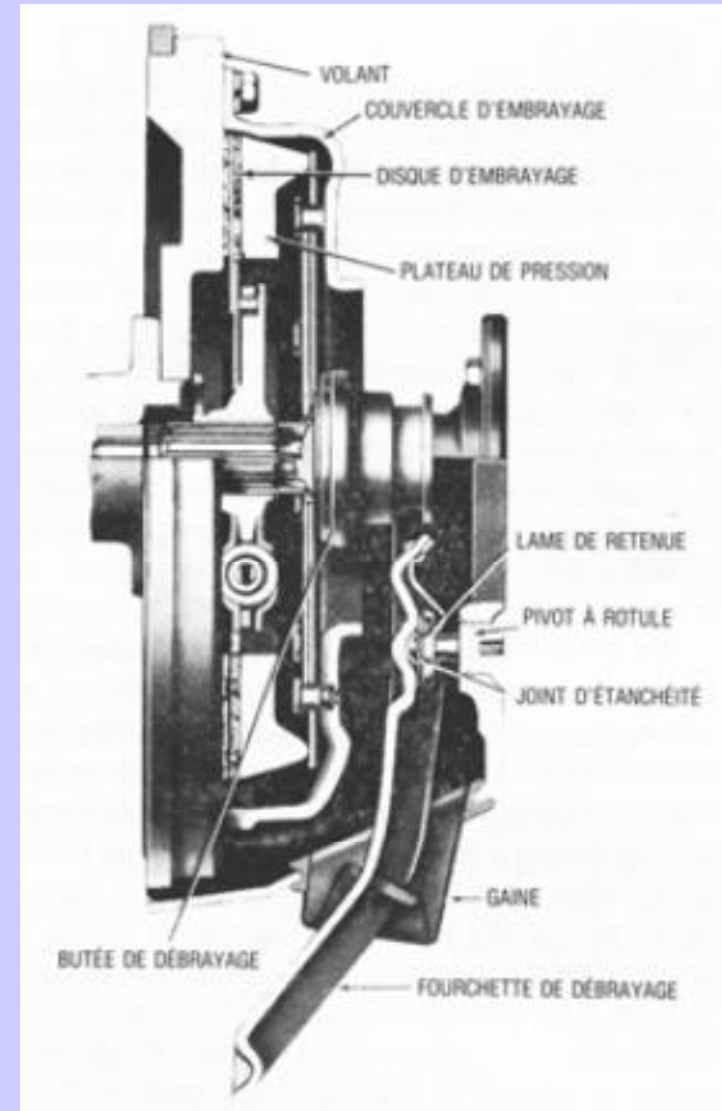
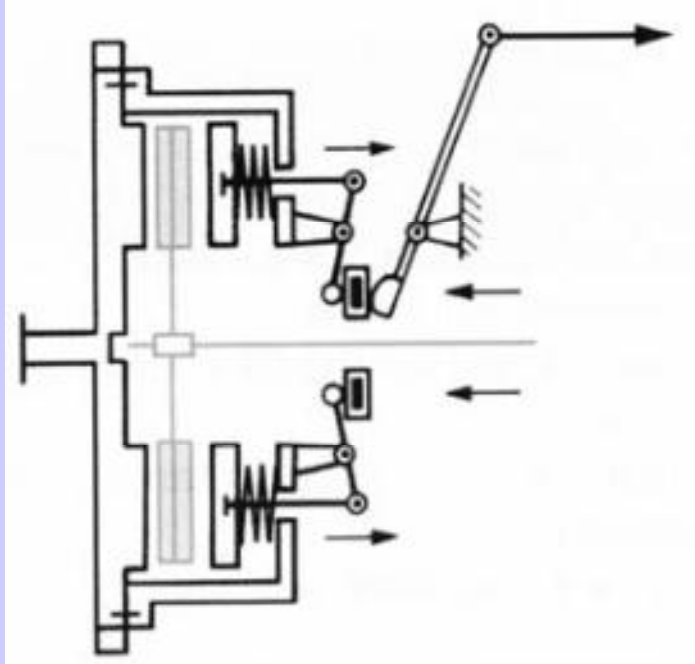
## Embrayage à sec – commande manuelle

- Construction: volant moteur, disque d'embrayage, système de plaque de pression, de timonerie

Avantage:

+ simplicité

+ rendement = 100% lorsque totalement fermé

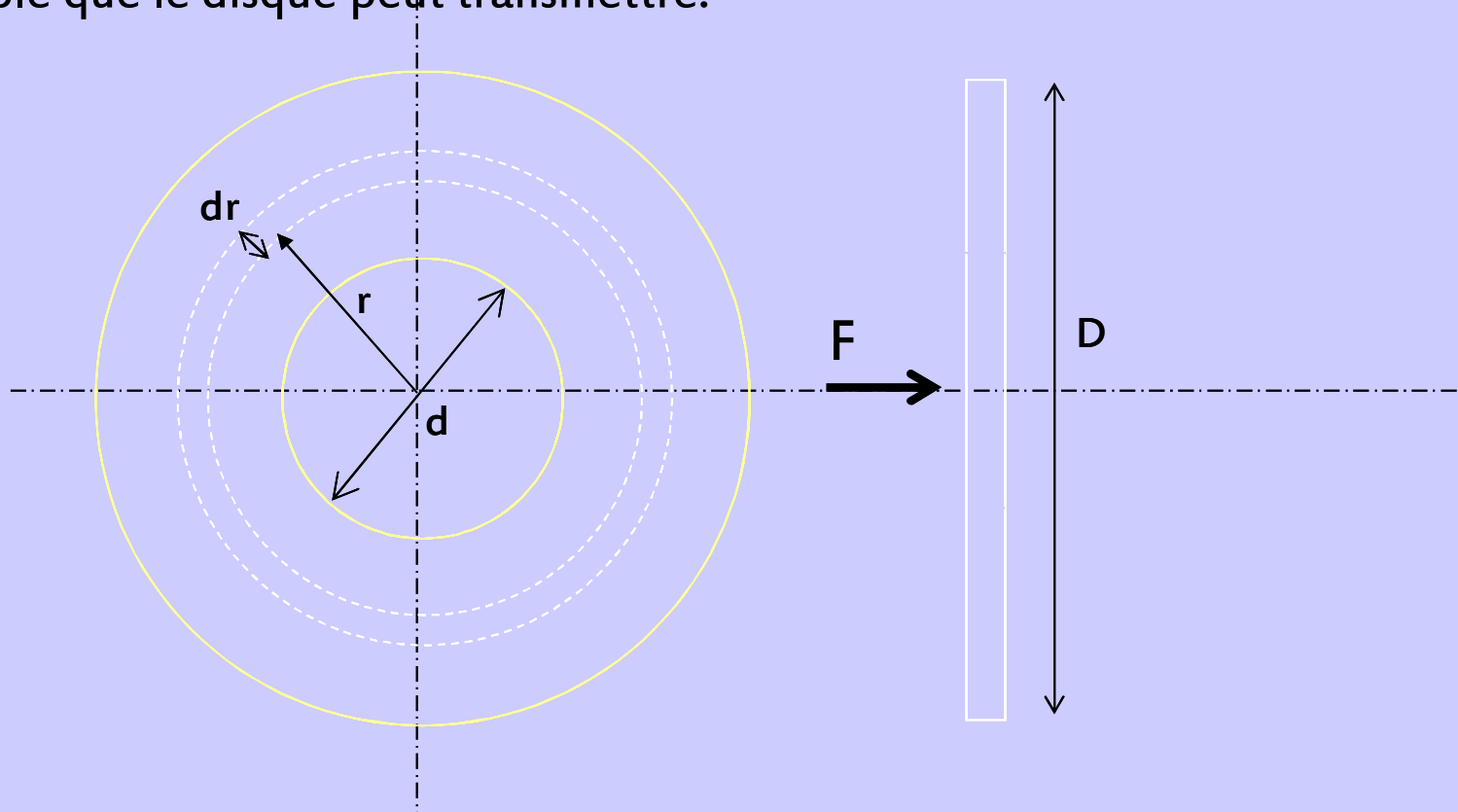


## Distribution des pressions:

La distribution des pressions sur le disque n'est pas fixe dans le temps => elle dépend de l'hypothèse qui est émise

- Étude du cas à pression uniforme (non rodé)

Le couple que le disque peut transmettre:



La force axiale  $F$  peut s'exprimer comme suit :

$$F = \int p dA \qquad dA = r d\theta dr$$

Le couple que le disque peut transmettre est donné par :

$$T = \int r f p dA$$

Ce qui donne comme résultat :

$$F = \frac{\pi p_a}{4} (D^2 - d^2)$$

$$T = \frac{\pi p f}{12} (D^3 - d^3)$$

## Matériaux de garnitures

Le fonctionnement du frein et de l'embrayage repose sur les forces de frottement qui sont engendrées entre une surface mobile (tambour ou disque) et une surface de garniture (portée par un sabot ou une bande).

La garniture doit satisfaire à des conditions de frottement (dépend du matériau en contact, de son état) de température (dépend du matériau utilisé) de pression maximale d'opération (dépend du matériau utilisé)

Les matériaux utilisés le plus fréquemment sont des composites (mélange de carbone, de soufre, de fibres de carbone + particules de métal)



## Propriétés idéales d'une garniture:

**un coefficient de frottement élevé (invariable à la température)**

**une bonne résistance à la t° et un bon coefficient de conduction**

**une bonne résilience**

**une excellente résistance à l'usure, à la striation et aux piqûres**

## Caractéristiques des matériaux de garnitures

Matière	Surface	CF f (à sec)	Tmax °C	Pmax MPa
Fonte	Fonte ou acier	<b>0.15 ó 0.20</b>	<b>280</b>	<b>1.5</b>
Acier	Acier	-	<b>250</b>	<b>0.75</b>
Bois	Fonte ou acier	<b>0.20 ó 0.35</b>	<b>150</b>	<b>0.5</b>
Cuir	Fonte ou acier	<b>0.3 ó 0.5</b>	<b>100</b>	<b>0.25</b>
Feutre	Fonte ou acier	<b>0.22</b>	<b>140</b>	<b>0.1</b>
Amiante moulée	Fonte ou acier	<b>0.2 ó 0.5</b>	<b>250</b>	<b>1</b>