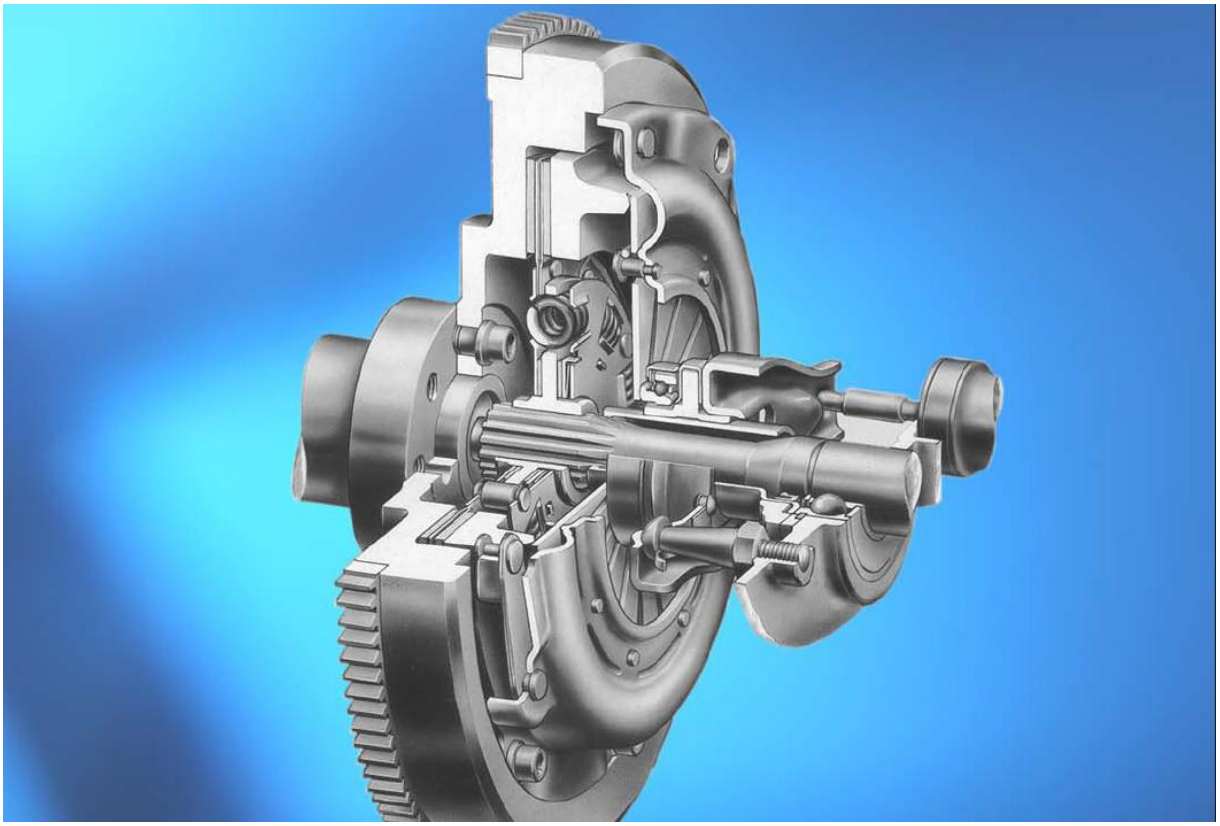
Faculté de génie mécanique et génie des procédés

3ème année génie mécanique

EXPOSÉ SUR LES EMBRAYAGES

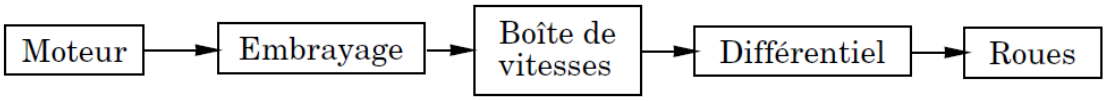


ETUDIANTS : -CHABANE OMAR ISLAM -LADOUL SOFIANE

-HALOUANE ABDELOUAHAB -CHERIEF MONCEF

I. FONCTION D'UN EMBRAYAGE :

L'embrayage est un dispositif d'accouplement temporaire entre un arbre dit moteur et un autre dit récepteur. Du fait de sa transmission par adhérence, il offre une mise en charge progressive de l'accouplement qui évite les à-coups qui pourraient provoquer la rupture d'éléments de transmission ou calage dans le cas d'une transmission depuis un moteur thermique .
Entre le moteur et le changement de vitesse se trouve placé l'embrayage, organe destine à relier ou séparer presque instantanément, et à volonté, l'arbre moteur et le mécanisme de transmission il permet de:



1) Arrêter le véhicule tout en laissant le moteur en marche .

2) Effectuer des changements de vitesses et de marche en désaccouplant la liaison .

3) Démarrer en douceur par un entrainement progressif.

4) Assurer une transmission complète du couple moteur pendant le roulage du véhicule (sans glissement) .

5) Contribuer au confort en filtrant les vibrations venant du moteur.

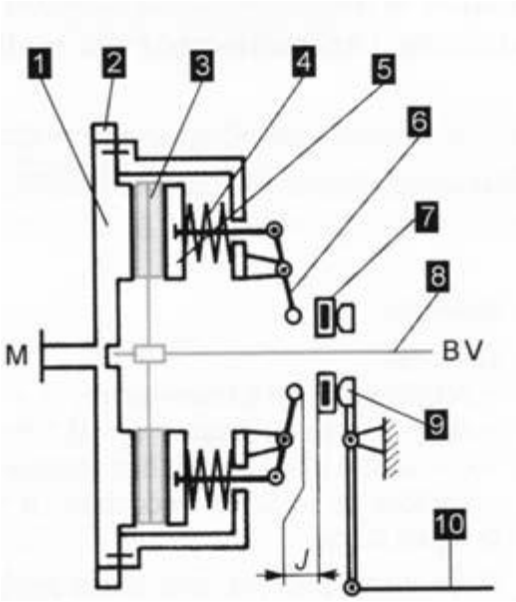
6) Protéger le moteur lors d'anomalies au niveau des éléments de transmission (glissement).

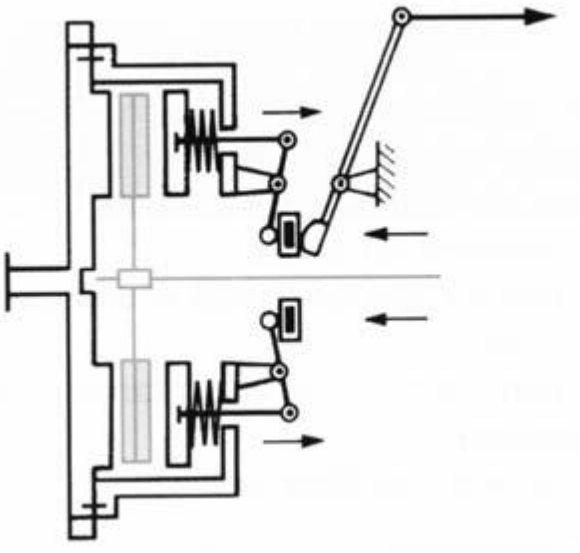
***Remarque* :**

Etat d'un embrayage :

-Un embrayage est dit normalement embrayé lorsque celui-ci est en position embrayée au repos.

-Un embrayage est dit normalement débrayé lorsque celui-ci est en position normalement débrayée au repos.





Position embrayée
Embrayage fermé

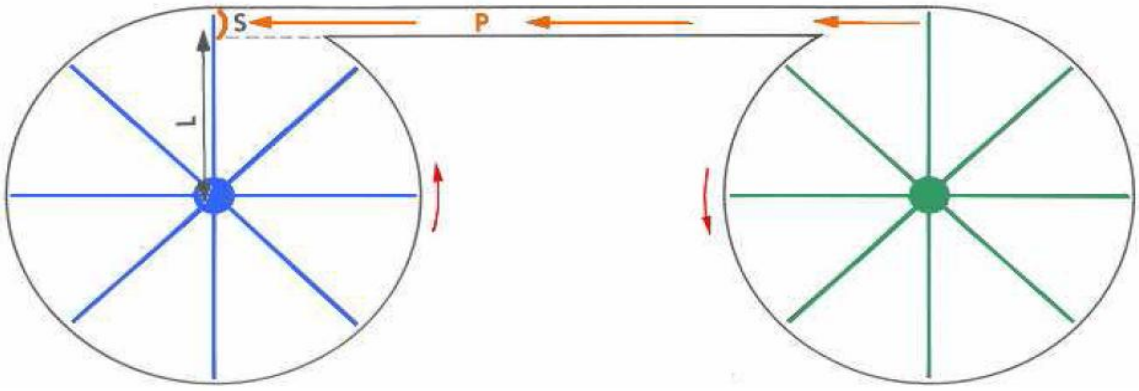
Position débrayée
Embrayage ouvert

II. TYPES D'EMBRAYAGES :

1) Embrayage hydrocinétique :

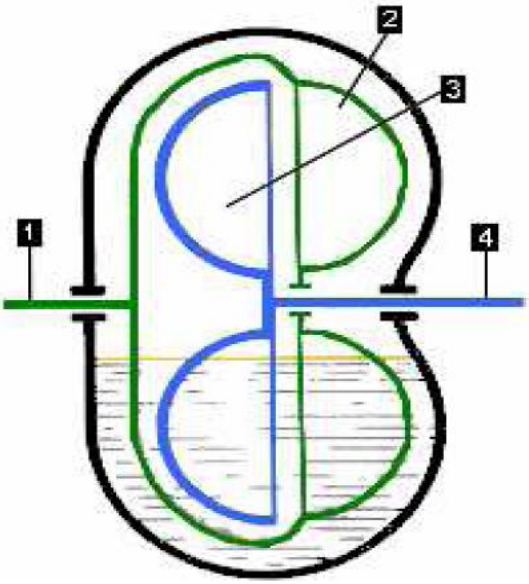
Principe :

Un fluide hydraulique est mis en mouvement par l'action d'une roue à aube appelée POMPE. L'énergie cinétique acquise par le fluide exerce une pression plus ou moins élevée sue les ailettes d'une roue a aube réceptrice appelée TURBINE.
Les facteurs prédominants sont donc la masse spécifique et la vitesse de l'huile.
Pour bien comprendre le fonctionnement on fait une comparaison avec deux ventilateurs face à face.



la turbine
(récepteur)

l'impulseur
(moteur)



1 - Arbre moteur
2 - Impulseur ou Pompe
3 - Turbine
4 - Arbre récepteur
(coté transmission)

Lorsque le moteur tourne , la rotation combinée à la force centrifuge communique au fluide un mouvement hélicoïdale. Apres avoir frappé les aubes de la turbine, le fluide, qui a perdu de sa vitesse, revient vers la pompe.

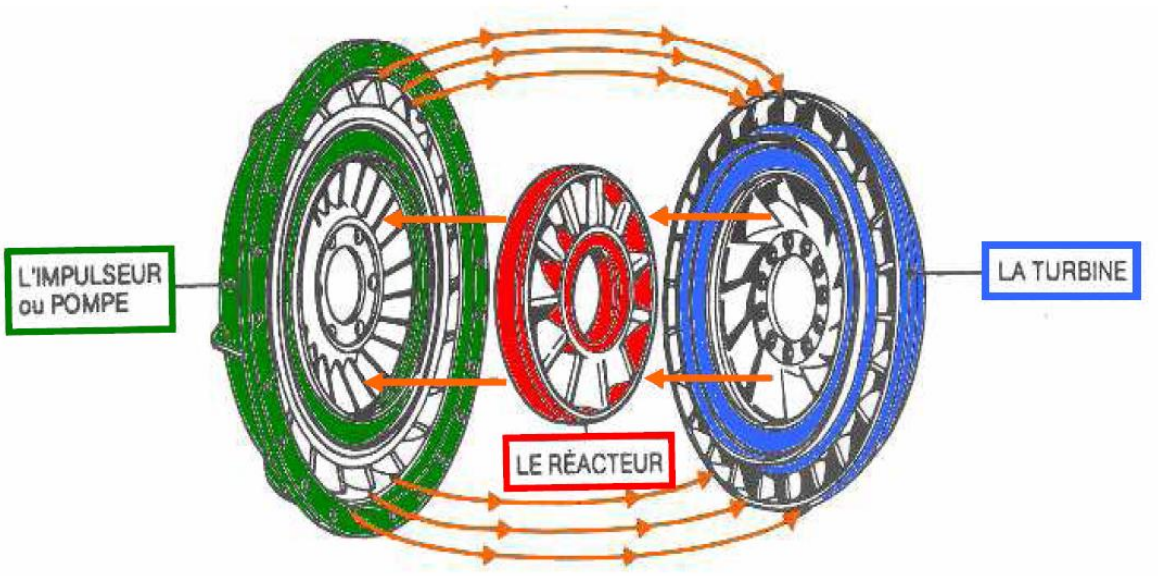
La vitesse de circulation de l'huile et l'énergie cinétique produite augmente proportionnellement à la vitesse de la pompe et de la turbine.

A haut régime, les deux éléments se trouvent en frottement accouplés.

Il subsiste toutefois un léger glissement. Le rendement du coupleur est donc légèrement inferieur à 100% (proche de 95%)

Son fonctionnement est satisfait dans la phase d'accouplement (vitesse constante), mais son rendement est faible dans la phase de glissement, lorsque la turbine offre une grande résistance (au démarrage). Dans cette phase, on constate que les jets d'huile va frapper les aubes de la turbine sans le déplacer, ce qui produit un échauffement exagéré de l'huile par frottement et une perte d'énergie.

La solution → le convertisseur de couple



II comporte 3 éléments, munis d'aubages, regroupés dans un carter et solidaire du bloc moteur :

-L'impulseur : par sa rotation il communique aux filets d'huile force, vitesse et direction.

-**La turbine :** réceptrice, elle tourne sous l'effort des filets d'huile qui la frappent à sa périphérie et ressortent en son centre.

-**le réacteur :** est un déflecteur pour les filets d'huile sortant de la turbine et retournant vers l'impulseur. Il réoriente les filets d'huile. Il est monté sur une roue libre.

2) Embrayage à denture :

C'est un embrayage compact, sans glissement, avec denture plane pour la transmission de couples importants sous encombrement réduit. Une bonne solution si l'engagement se fait à l'arrêt. Il est possible d'embrayer à faibles vitesses à condition de prévoir des dispositifs électriques spéciaux.

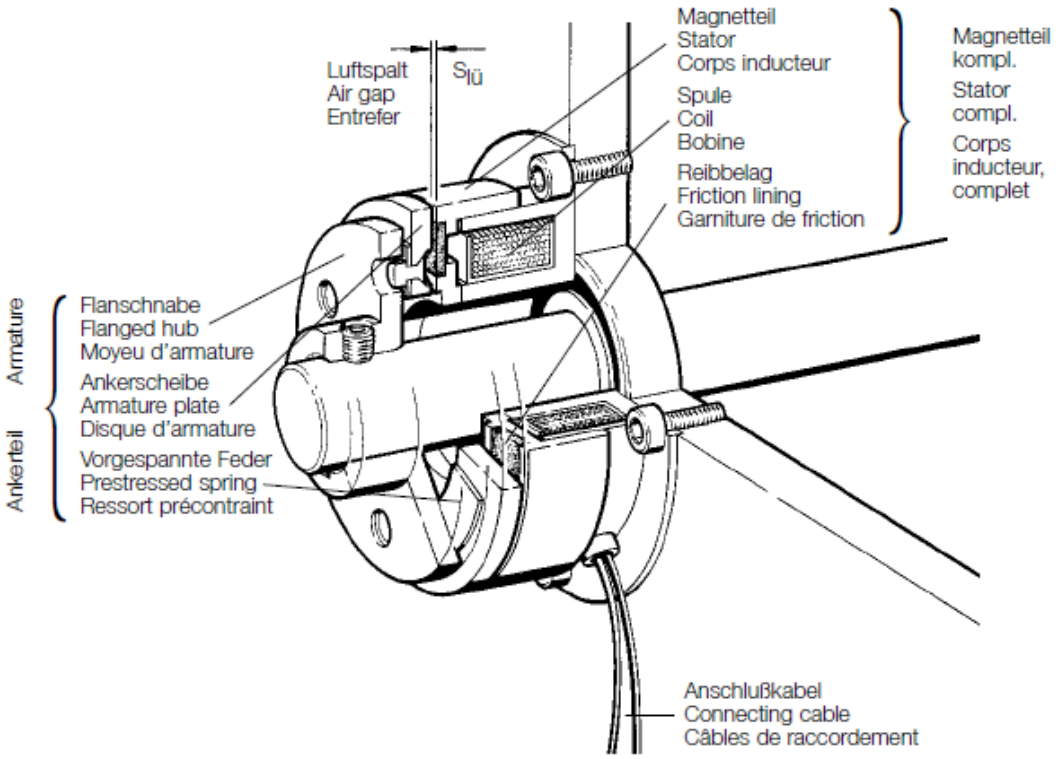
Il est engagé de manière permanente, cette condition maintenu par pression de ressort. Il peut transmettre le couple jusqu'à un détail, niveau de préréglage, après quoi dans le cas d'une surcharge dans la transmission, il est conçu pour glisser pendant une période limitée. Il peut être employé ainsi pour sauvegarder tous les types de lignes de transmission dans les machines et l'équipement de la surcharge et de la destruction.

3) Embrayage électromagnétique (à friction) :

L'embrayage électromagnétique transmet le couple de rotation en marche et à sec par friction. Lors de la mise sous tension continue, le couple est transmit sans jeu circonférentiel. Le ressort précontraint de l'armature permet, lorsque l'ensemble est hors tension, un déblocage sans couple résiduel. Il peut être monté dans toutes les positions et travaille quasiment sans entretien. Selon le

travail de friction à fournir, il suffit de contrôler l'entrefer à intervalles réguliers et de le corriger.

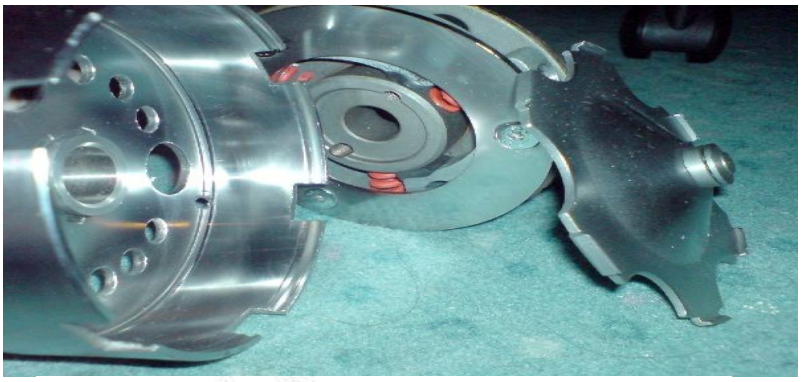
Les différentes formes du corps inducteur et des modèles d'armature permettent une adaptation optimale aux conditions d'utilisation locales.

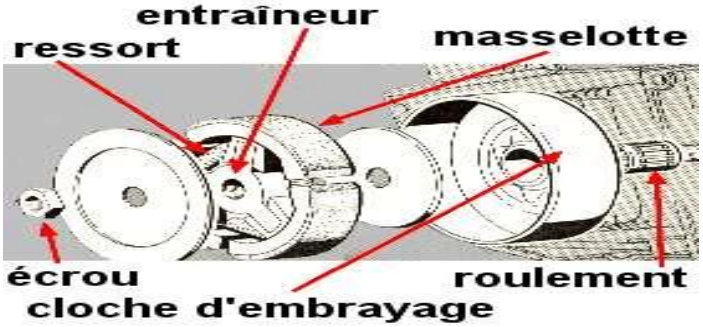


Afin de creer le couple de rotation, une tension continue est appliquée a la bobine par l'intermédiaire du câble de raccordement. Le champ magnétique qui en résulte agit via l'entrefer de travail sur le disque d'armature et plaque celui-ci, malgré la force de rappel du ressort précontraint, contre la garniture de friction du rotor. La transmission du couple se fait donc par friction.
La coupure de l'alimentation électrique libère l'embrayage/le coupleur. En raison de la disparition du champ magnétique, le ressort précontraint repousse le disque d'armature dans sa position originale de sorte que l'accouplement est ventile sans couple résiduel.

4) Embrayage centrifuge (à friction) :

- *Dans ces dispositifs, l'embrayage est commandé par la vitesse de rotation de l'un des deux arbres : Sous l'effet de la force centrifuge, des éléments (billes, ailettes) ont tendance à s'éloigner de l'axe de rotation et c'est ce mouvement qui assure l'embrayement, soit directement, soit par l'intermédiaire de bielles.*





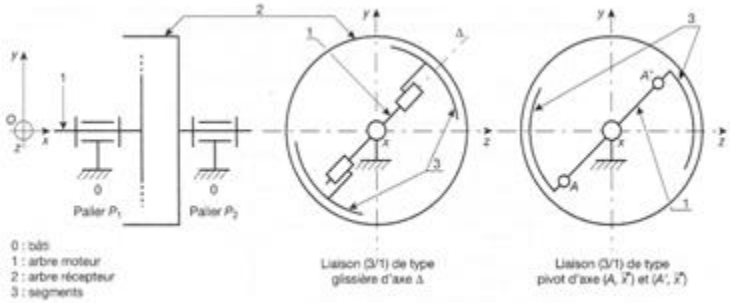
Principe d'embrayage :

Sous l'action de la force centrifuge, les garnitures de friction liées aux segments 3 viennent s'appliquer sur la surface intérieure d'un tambour solidaire de l'arbre récepteur 2. La résultante des actions de contact de 3 sur 2 a une composante tangentielle, due au facteur de frottement, qui permet la transmission du couple.

Ce type d'embrayage ne possède pas de commande extérieure. L'intensité de la fréquence angulaire de l'arbre moteur est le seul paramètre déterminant dans l'accouplement des parties motrice et réceptrice.

Remarque *: L'arbre 2 ,solidaire du tambour ,ne peut-être motter.*

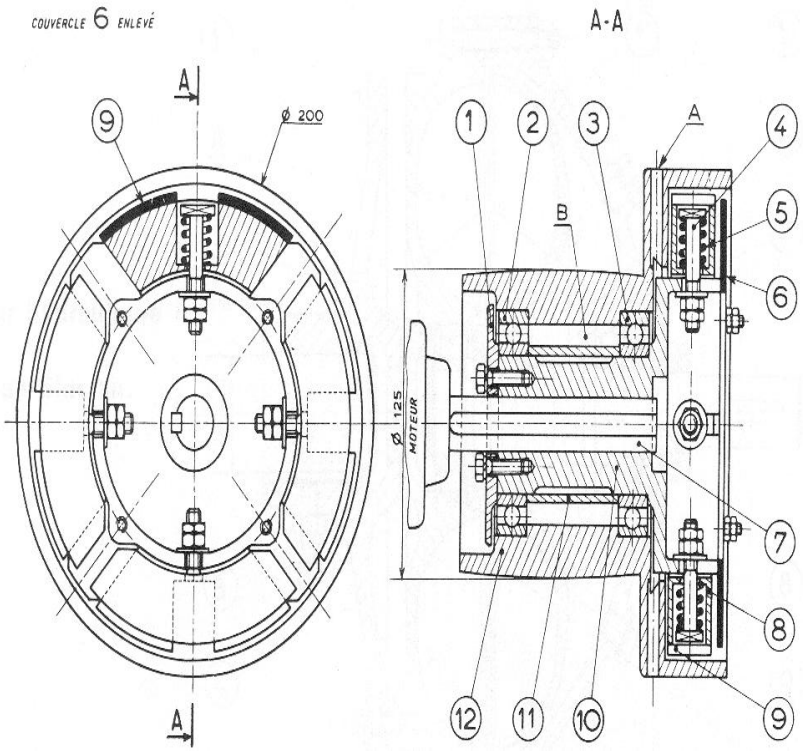
Ce système est donc irréversible.



Réalisations industrielles :

La figure représente un type d'embrayage centrifuge simple et peu perfectionné. Il est combiné avec la poulie du moteur électrique sur lequel il est monté.

Le moteur ***10 claveté sur l'arbre 7 entraîne 4, masselottes 8 portant extérieurement une garniture 9. Ces masselottes logées dans des alvéoles sont maintenues en position par les boulons 4 et les ressorts 5 de tension*** *réglable*.



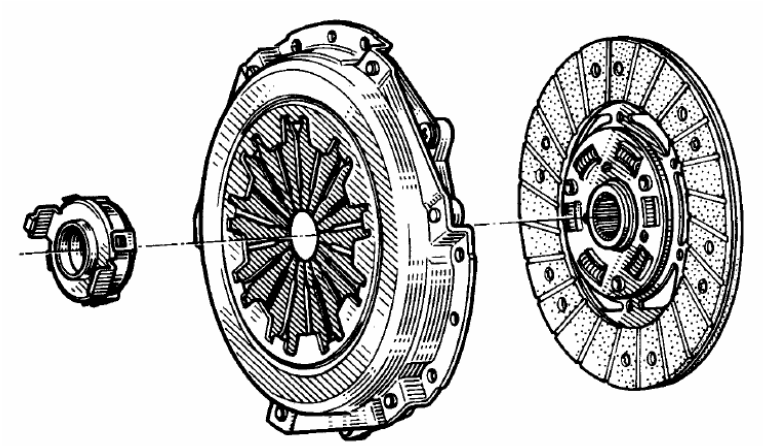
III. EMBRAYAGE POUR AUTOMOBILE :

Sur les véhicules automobiles on distingue deux sortes d'embrayages :

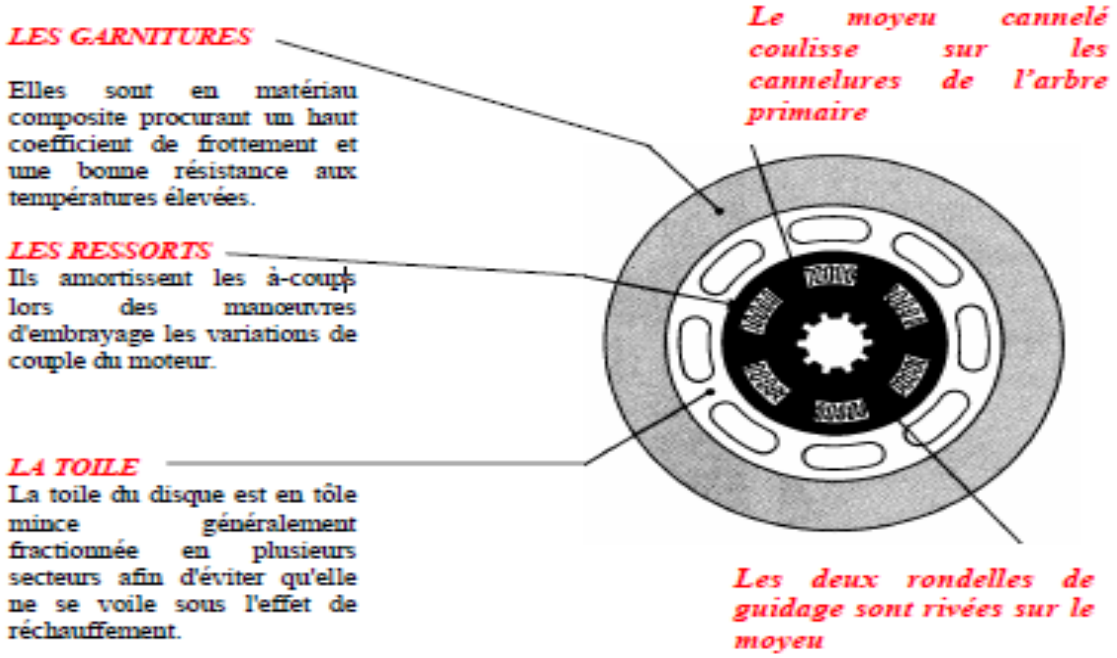
- Le classique dit à doigts.
- Le plus répandu dit à diaphragme.

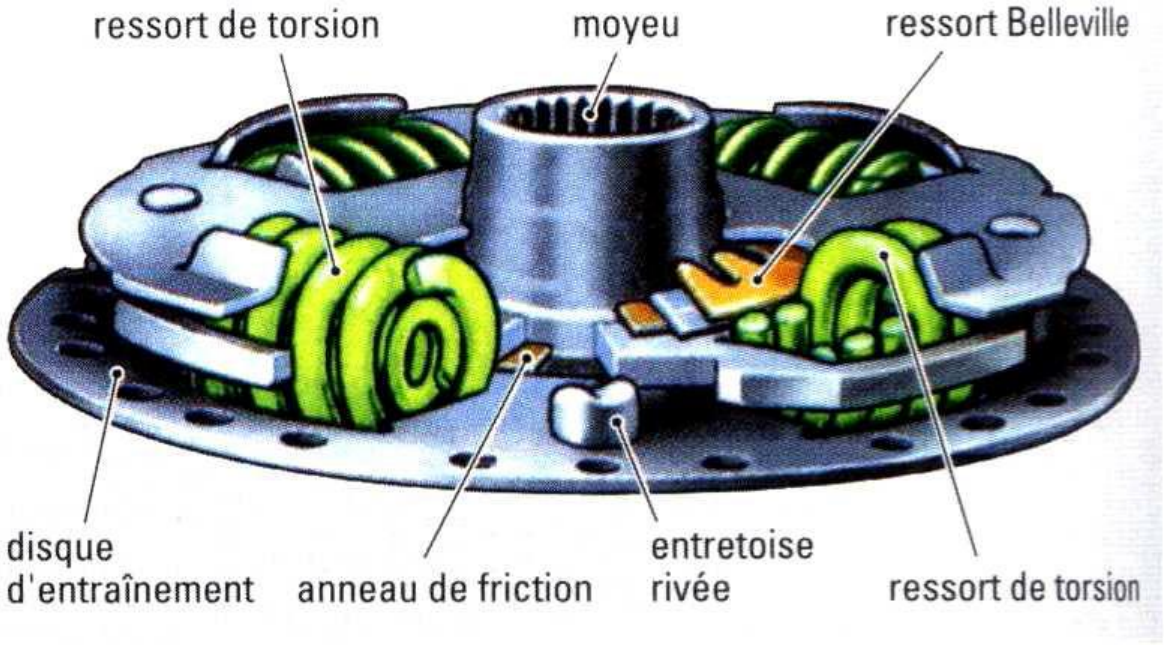
1) Embrayage à diaphragme :

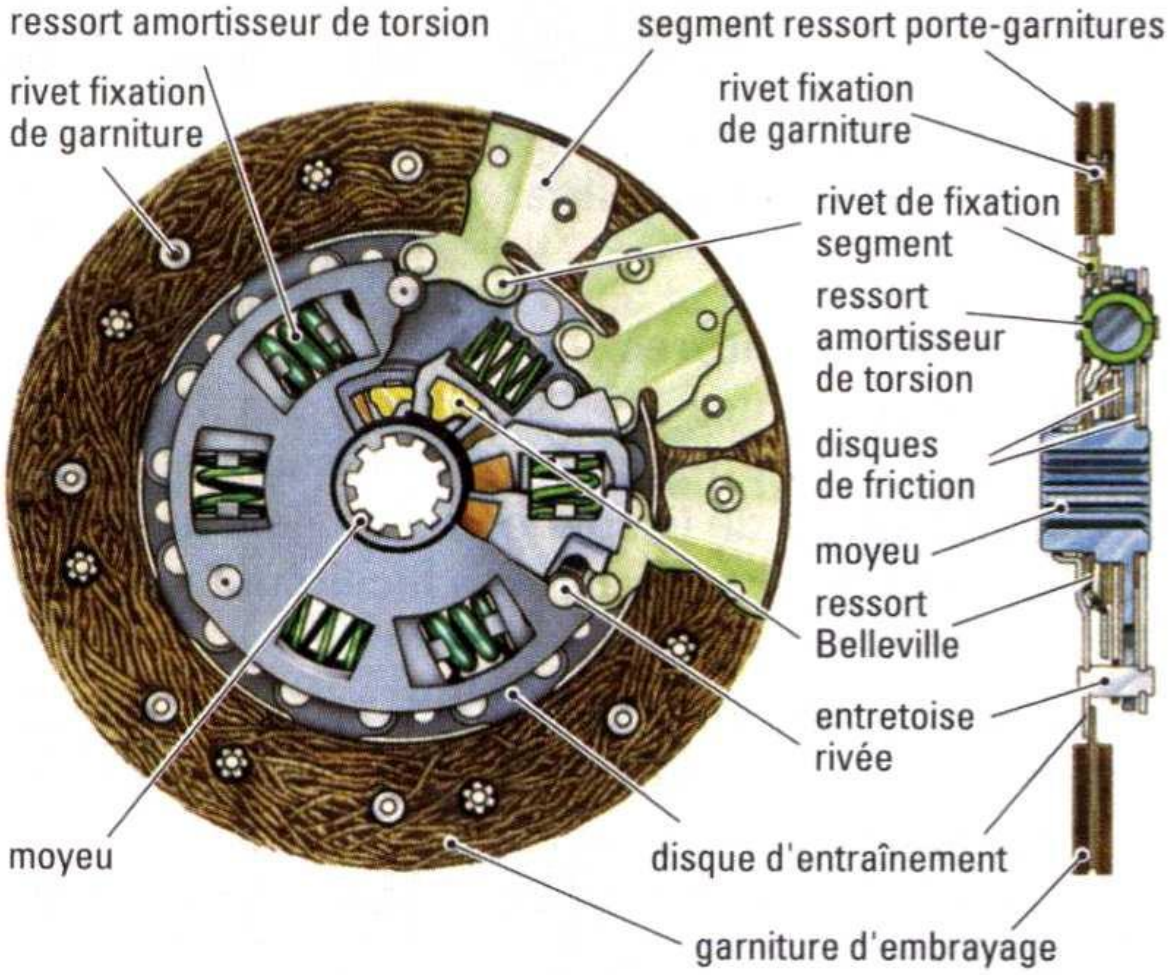
Description : il se compose essentiellement d'un disque, un mécanisme et d'une butée comme représenté sur le schéma si dessous respectivement de droite à gauche.

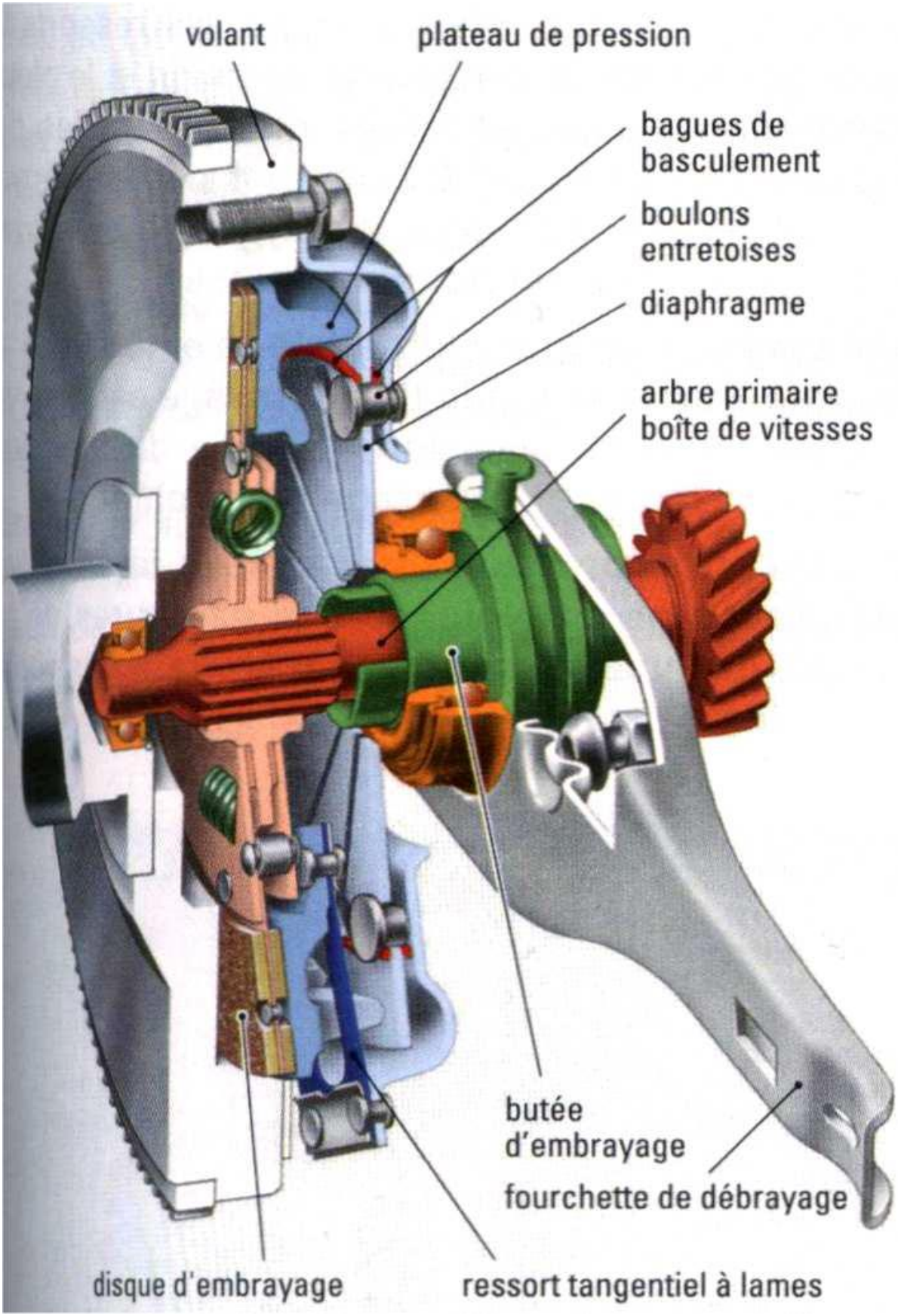


➢ Le disque :




ressort de torsion
moyeu
ressort Belleville
disque d'entraînement
anneau de friction
entretoise rivée
ressort de torsion


ressort amortisseur de torsion
segment ressort porte-garnitures
rivet fixation de garniture
rivet fixation de garniture
rivet de fixation segment
ressort amortisseur de torsion
disques de friction
moyeu
ressort Belleville
entretoise rivée
moyeu
disque d'entraînement
garniture d'embrayage

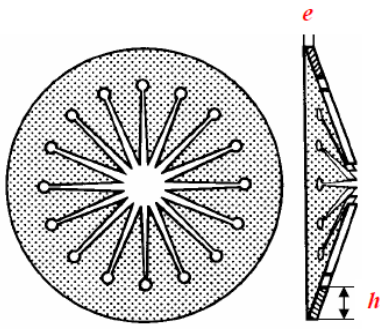

volant
plateau de pression
bagues de basculement
boulons entretoises
diaphragme
arbre primaire boîte de vitesses
butée d'embrayage
fourchette de débrayage
disque d'embrayage
ressort tangentiel à lames

- **Le mécanisme :** constitué d'un **diaphragme** et un **plateau de pression** fixés sur un **carter** à l'aide de boulons entretoise

  Le diaphragme

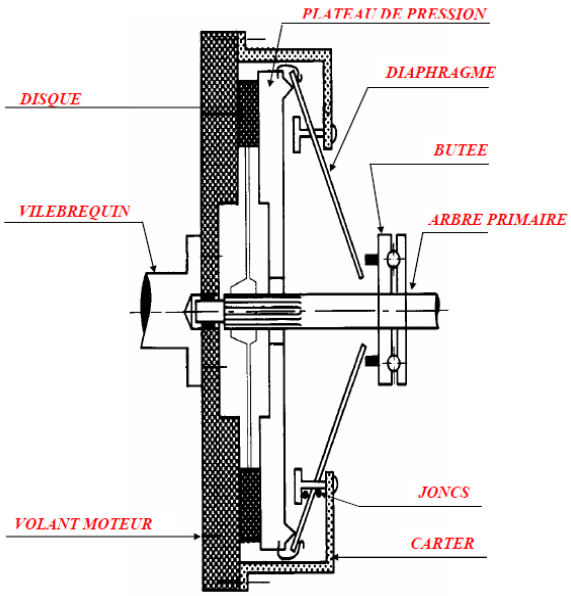
  Un diaphragme est une sorte de rondelle Belleville. Il se présente sous la forme d'un disque conique en acier avec des fentes radiales. Ses caractéristiques de pression dépendent essentiellement de :

  - ***son épaisseur "e"***
  - ***sa conicité***
  - ***la longueur de sa partie active "h"***

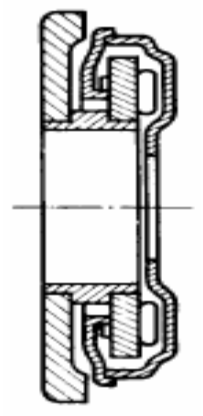


Remarque :

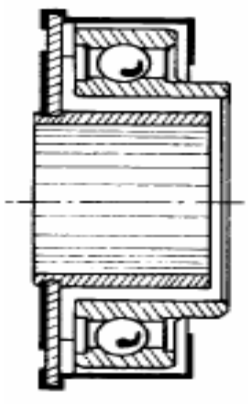
- la partie active « h » du diaphragme est comprimée entre le plateau mobile et le couvercle
- des joncs maintenus en place par des rivets servent d'appui et d'articulation
- A l'état neuf, en position serrage, le diaphragme est presque plat



- **La butée :** A chaque changement de rapport, elle transmet l'effort de débrayage d'environ 100 à 150daN sur le diaphragme.



Butée à aiguille



Butée à billes

Les butées les plus anciennes sont en graphite allié à 25% de cuivre et imprégné d'huile. Elles sont économiques et silencieuses, mais peuvent subir une usure très rapide dans certains cas d'utilisation. Au repos, la butée graphitée ne doit pas être au contact de l'embrayage pour éviter une usure inutile, mais elle ne doit pas en être trop éloignée pour ne pas augmenter la course de débrayage. La distance entre la butée et l'embrayage est appelée : GARDE D'EMBRAYAGE. La garde est d'environ 1 à 2 mm.
Actuellement, les butées à aiguilles ou à billes sont seules utilisées sur les véhicules de tourisme.
Les butées à aiguilles ou à billes ne réclament aucun entretien. Leur usure négligeable ne modifie pas en service le réglage de la garde.
Sur certains montages, la butées est laissée en
appui constant sur le mécanisme d'embrayage, diminuant ainsi la course à la pédale. Améliorant ainsi, la progressivité, la fiabilité
tout en diminuant les bruits

Nota :

Dans les nouvelles techniques on distingue deux types d'action de la butée :

- ✓ Mécanisme du type poussé avec articulation à entretoise.
- ✓ Mécanisme du type tiré avec articulation périphérique.

Fonctionnement :

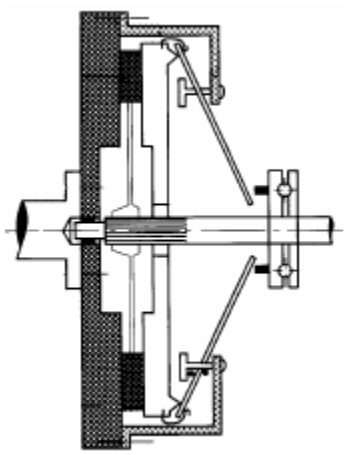
- **Position embrayée**

Le disque, élément lié à la transmission, est fortement comprimé entre le plateau de serrage et le volant moteur, par le diaphragme. Le couple transmis dépend :

- ***du coefficient de frottement***
- ***de la pression de contact***
- ***de la surface de contact***
- ***du diamètre du disque***

Remarque :

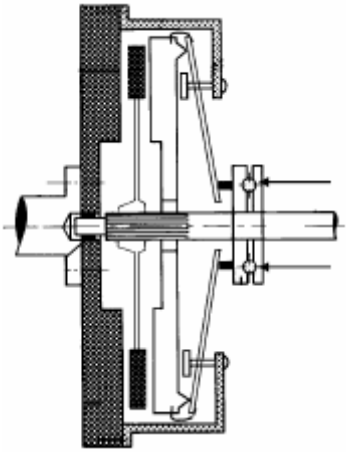
- Ainsi constitué, l'ensemble n'exerce aucun effort axial sur le vilebrequin ou sur l'arbre d'embrayage: le système est dit «***équilibré***».



- **Position débrayée**

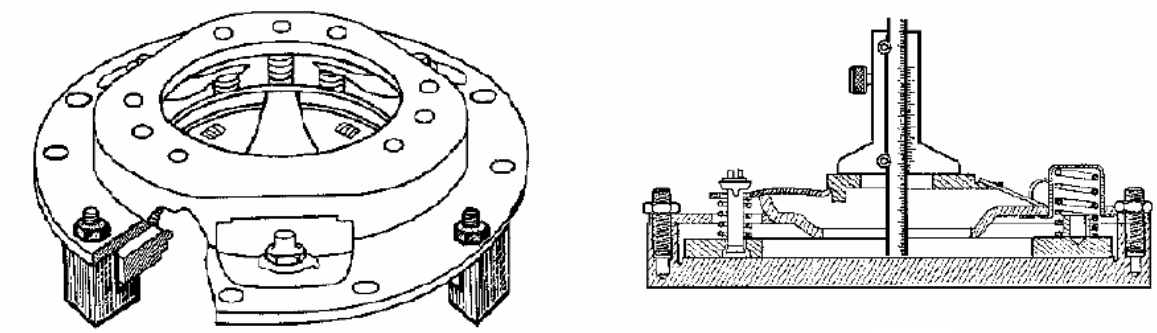
Par action sur la pédale d'embrayage (non représentée)
- La butée se déplace vers la gauche et appuie au centre du ***diaphragme***.
- Celui-ci n'est plus en pression sur le plateau de serrage.
- Le disque est libéré, il y a débrayage.

Remarques :
- Pour que le débrayage soit complet, le disque coulisse sur l'arbre d'embrayage grâce aux cannelures
- L'action de débrayage provoque un effort ***axial*** sur le vilebrequin.



2) Embrayage à doigts :

Description : Il se comporte des mêmes éléments mis à part le diaphragme. Il est remplacé par un levier et un ressort de pression monté sur un doigt d'où le nom de l'embrayage.



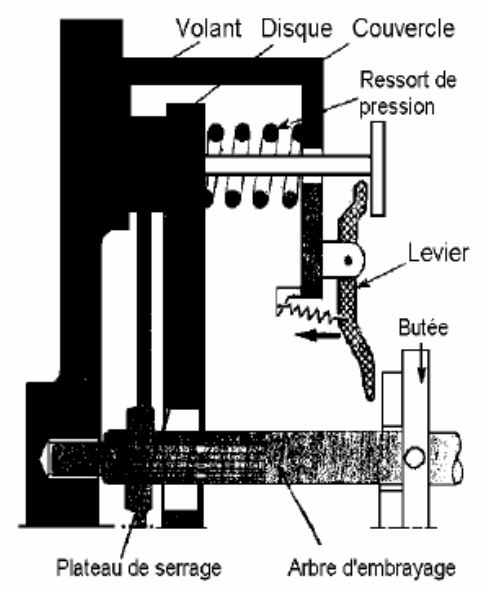
- **Position embrayée :**

Le disque, élément lié à la transmission, est fortement comprimé entre le plateau de serrage et le volant moteur, par **les ressorts de pression**. Le couple transmis dépend :

-du coefficient de frottement
-de la pression de contact
-de la surface de contact
-du diamètre du disque.

Remarque :

Ainsi constitué, l'ensemble n'exerce aucun effort axial sur le vilebrequin ou sur l'arbre d'embrayage : le système est dit «**équilibré** ».



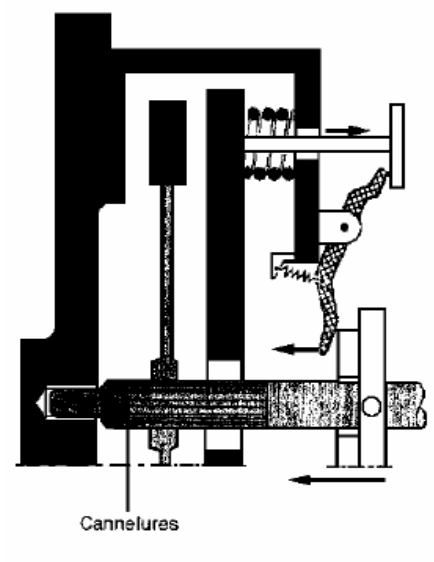
- **Position débrayée :**

Par action sur la pédale d'embrayage (non représentée) :
La butée se déplace vers la gauche et fait basculer les leviers, les leviers tirent sur le plateau de serrage et s'opposent à l'action des ressorts, le disque est libéré, il y a débrayage.

Remarque :

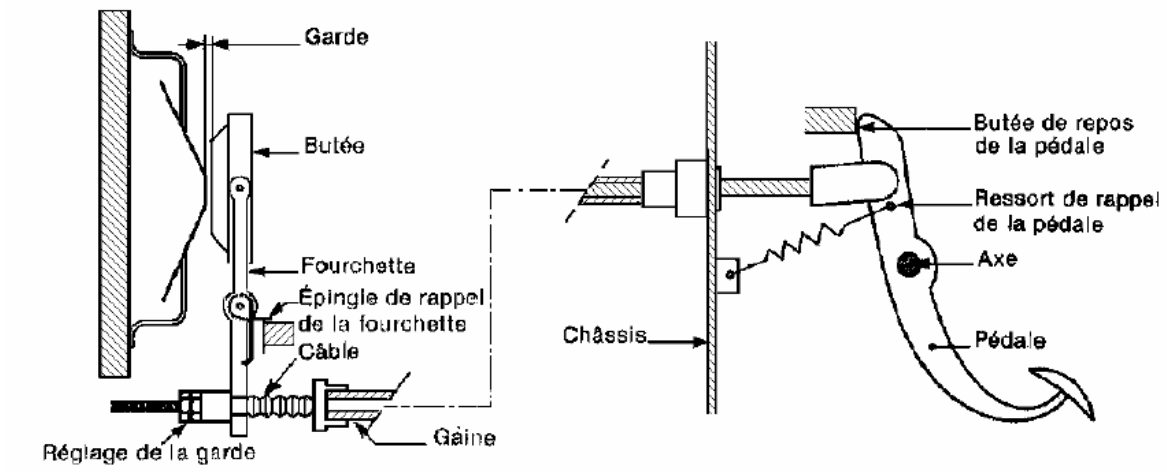
Pour que le débrayage soit complet, le disque coulisse sur l'arbre d'embrayage

grâce aux cannelures. L'action de débrayage provoque un effort axial sur le vilebrequin.

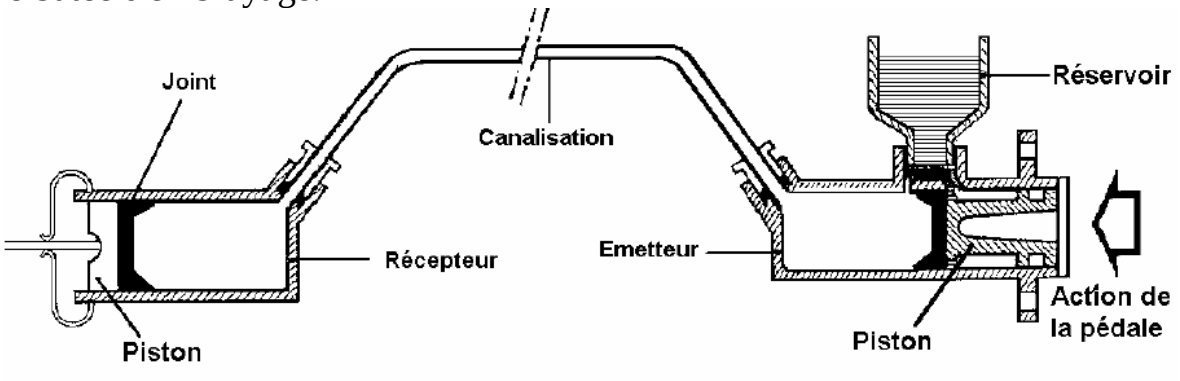


Dispositifs de commande :

Commande par câble :
En appuyant sur la pédale le câble coulisse dans la gaine à l'aide d'une graisse pour tirer la fourchette qui tourne autour d'un axe passant par son milieu, cette dernière met en appui la butée sur le diaphragme engendrant la liberation du disque du volant moteur (débrayage).
Pour embrayer, la pédale tirée par le ressort de rappel revient à ça position initiale en laissant le câble coulisser vers la fourchette sous l'effet de l'épingle de rappel se qui va dégager la butée du diaphragme qui engagera le disque.

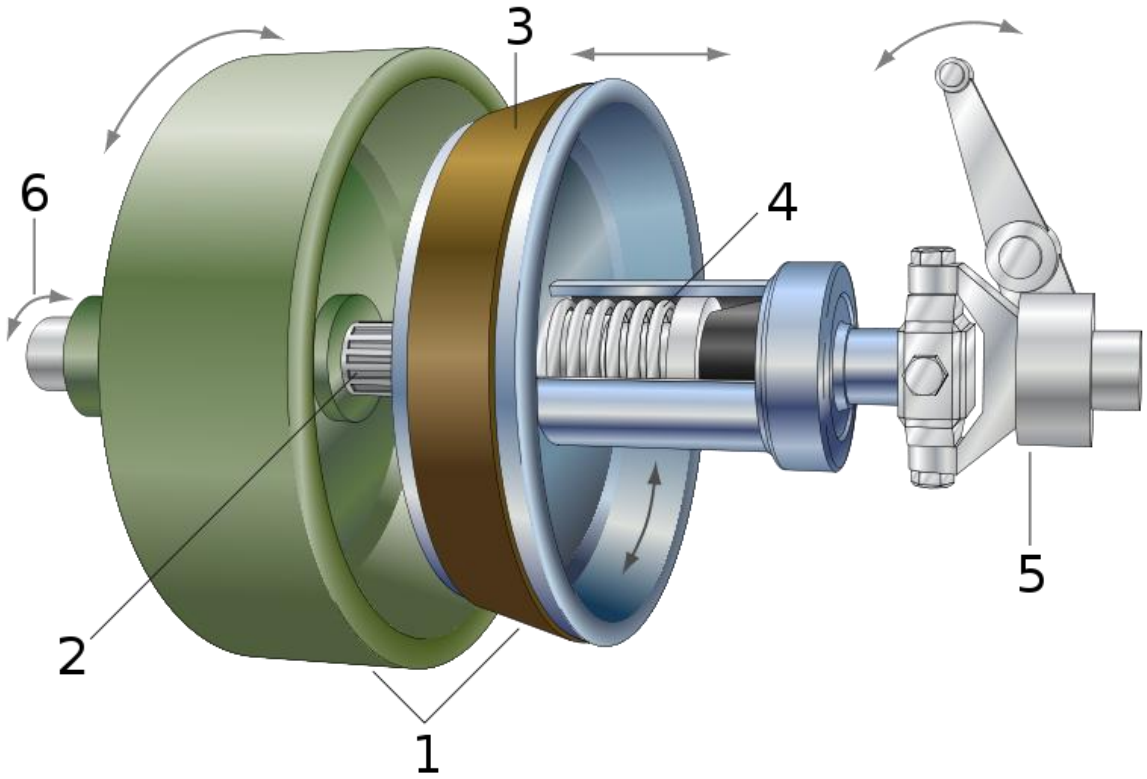


Commande hydraulique :
La commande hydraulique de l'embrayage est une adaptation de la commande hydraulique des freins : la pédale actionne un piston dans un maître-cylindre, alimenté en huile spéciale provenant d'un réservoir en charge ; une tuyauterie envoie le liquide dans un cylindre récepteur dont le piston actionne la fourchette de butée d'embrayage.

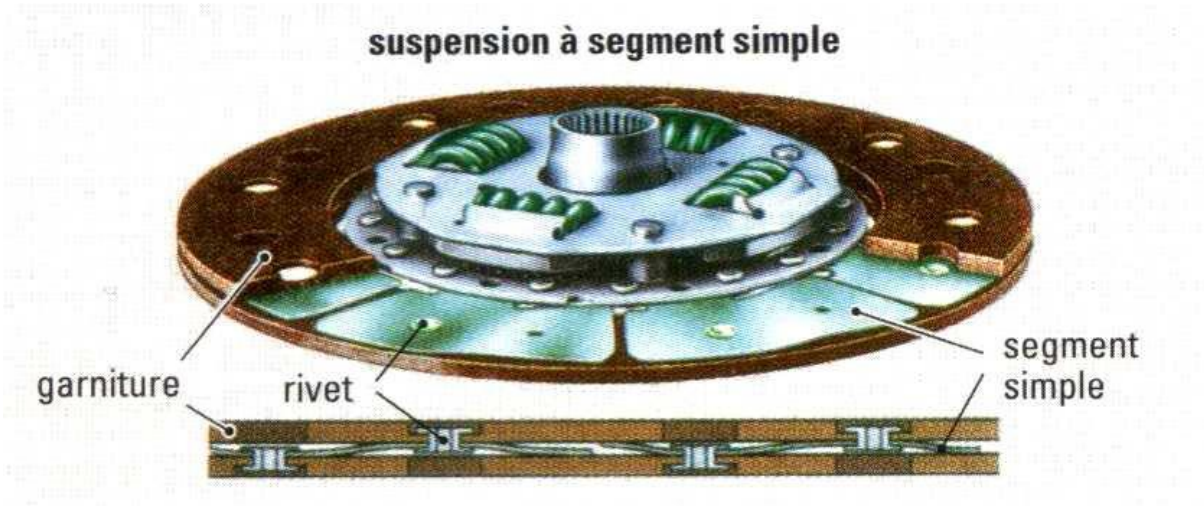


Formes de surfaces de contact :

Conique :



Disque :



A denture :

Centrifuge (segments) :

Conditions à remplir par un embrayage :

. Un accouplement progressif par friction (sans usure rapide des surfaces).

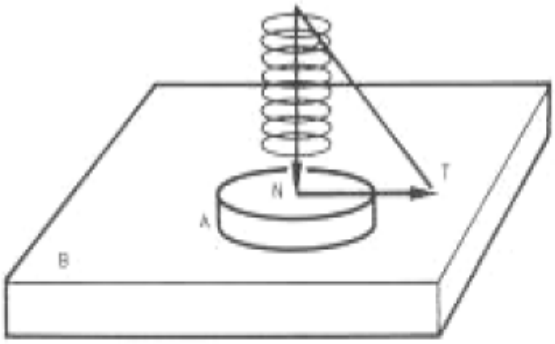
.Une évacuation rapide de l'énergie calorifique dégager pendent l'accouplement.

.Une transmission complète sans glissement quel que soit le couple transmis.

.Une manœuvre facile et un effort réduit de la part du conducteur.

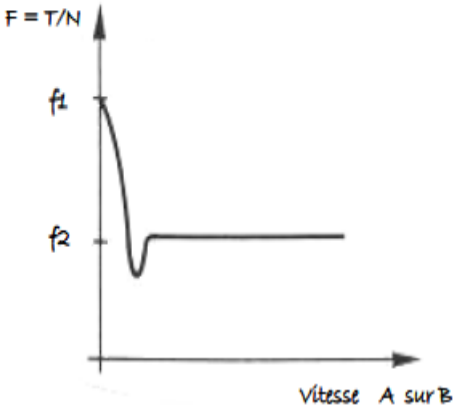
Principe :

- Ce type d'accouplement est fondé sur les principes de la friction mécanique.



f1 ➔ coef. de frottement

f2 ➔ coef. de glissement



Coefficient de frottement $f = \frac{T}{N}$ $\frac{\text{force tangentielle}}{\text{force normal ressort}}$

Condition pour transmettre un couple élevé :

Exemple :

Donnes : -couple maximale à transmettre, $\mathscr{C} = 96\ \text{N} \cdot \text{m}$

- rayon moyen du disque, $r_m = 0{,}1\ \text{m}$

- coefficient d'adhérence, des garnitures, $f = 0{,}4\ ;$

- nombre de surfaces de contact, $n = 2$

Nous cherchons F, la force totale des ressorts à appliquer.

Appliquons la formule $\mathscr{C} = r_m f n F$

De laquelle on tire $F = \frac{\mathscr{C}}{r_m f n}$, donc : $F = \frac{96}{0{,}1 \times 0{,}4 \times 2} = 1\,200\ \text{N}.$

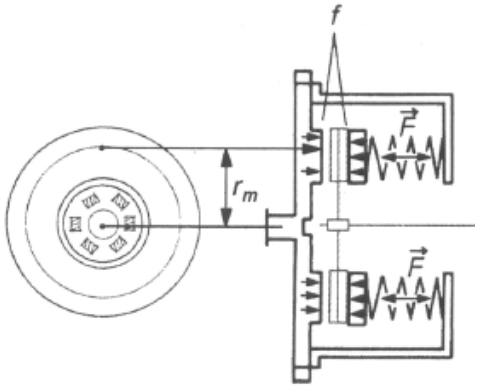
Cette valeur est l'intensité théorique de la force à appliquer.

Pour tenir compte être légèrement supérieure. Par exemple, F=1420 N. Si le mécanisme comporte six ressortes, l'intensité de la force de chacun d'eux sera de : $\frac{1\,420}{6} = 240\ \text{N}.$

$$\text{Force ressorts} = \frac{C}{r_m \cdot f \cdot n}$$

-Pour un couple à transmettre, si est supérieure, l'intention.

de la somme des forces peut être inferieure.



-En conclusion, pour permettre une transmission totale du couple moteur, on peut agir en fabrication, sur les éléments suivants :

. Le diamètre du disque.

. La matière et la conception des garnitures (sec ou à bain d'huile).

. Le nombre de surfaces frottantes (mono ou multi-disques).

. La force pressante du ou des ressorts.

Avantage d'un ressort à diaphragme :

.Force pressante peu variable (malgré l'usure des garnitures).

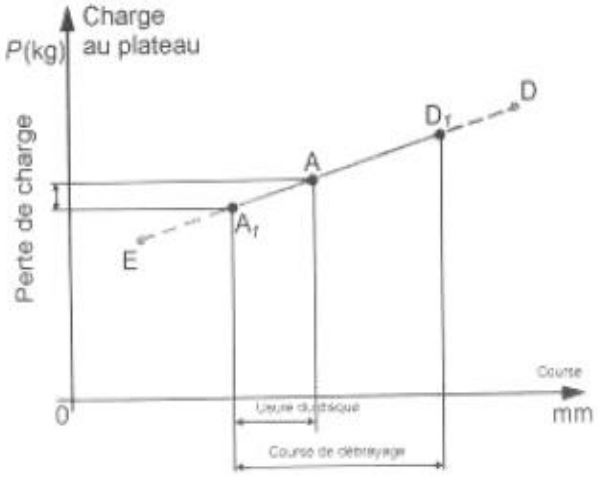
. Faible effort à exercer sur la pédale.

.Grande progressivité ou démarrage.

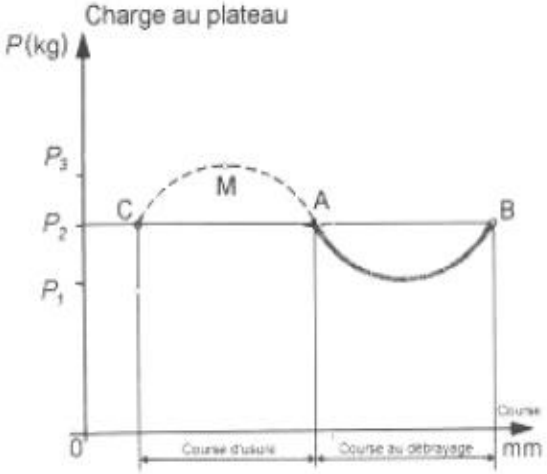
.Meilleur ventilation et bon équilibrage dynamique de l'ensemble.

A).Comparaison de la force pressante exercée sur le disque :

* Avec un ressort *

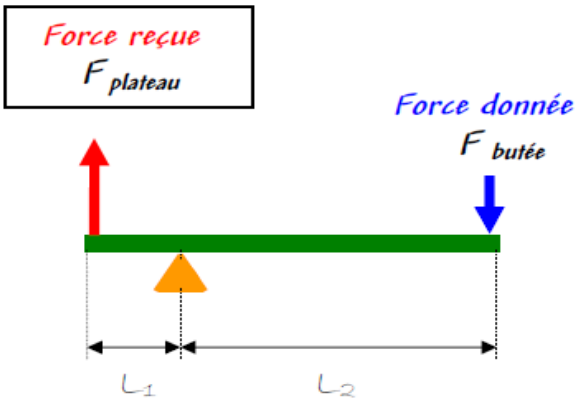


* Avec un diaphragme*



Avantage d'un embrayage tiré :

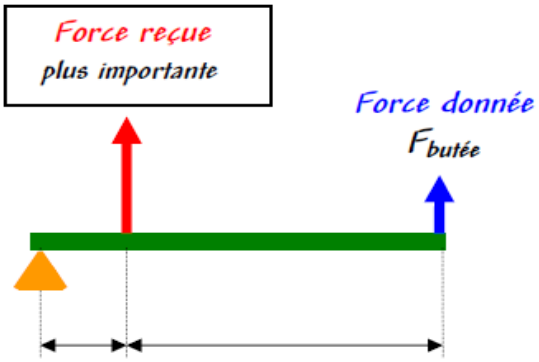
Embrayage * poussé *



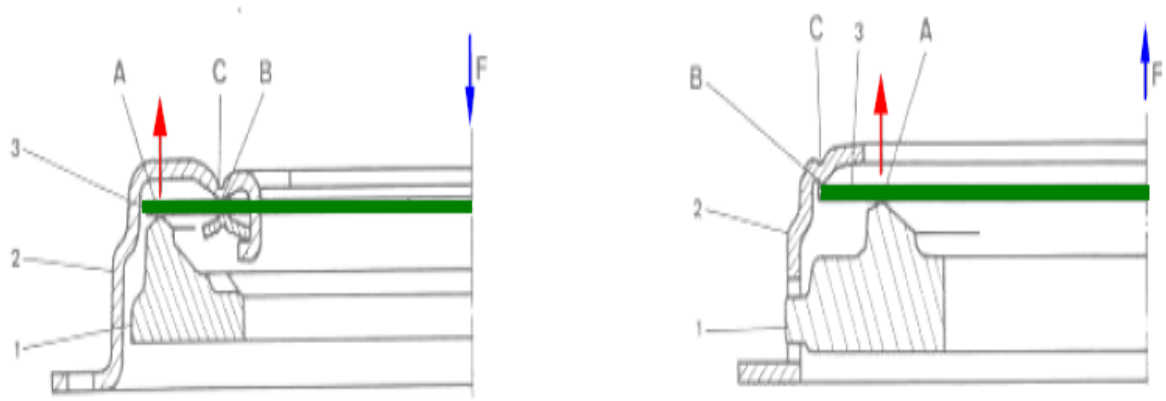
Rapport des leviers :

$$R = \frac{L_2}{L_1}$$

Embrayage * tiré *



$$R' = \frac{L_2 + L_1}{L_1}$$



1. plateau de pression. 2. Couvercle de mécanisme. 3. Ressorte diaphragme.

A. Appui diaphragme /plateau. B. Appui diaphragme /couvercle.

C. Point de pivotement.

F. Effort exercé par la butée sur les languettes du diaphragme.

-Le mécanisme de type tiré permet d'applique des charges axiales plus importantes sur le plateau de pression (fort couple moteur) ; ou bien, de réduire l'effort sur la pédale sans augmenter la raille de l'embrayage.

IV. DIVERS :

1) Embrayage électrorhéologique :

Un **fluide électrorhéologique** (fluide ER) est une suspension de particules conductrices dispersées dans un fluide isolant. La taille des particules peut varier de quelques nanomètres à plusieurs micromètres, avec une fraction volumique (rapport entre le volume des particules et le volume total) généralement de l'ordre de 20% à 30%.

Découvert la première fois par W. M. Winslow en 1947, ce fluide présente des propriétés très intéressantes d'un point de vue tant scientifique que technologique. En fonction du champ électrique appliqué, les propriétés rhéologiques (viscosité, contrainte seuil…) d'un fluide ER sont considérablement modifiées. Cela permet d'obtenir même une « solidification » du fluide. Ce phénomène peut s'expliquer d'une façon macroscopique par la formation des fibres parallèles au champ par les particules. Ces fibres génèrent une liaison entre électrodes et augmentent donc la viscosité de fluide.

Le champ d'application de ce fluide est très prometteur car il existe plusieurs avantages. La réponse est rapide (quelques ms) et le phénomène est totalement réversible. Les fluides ER sont également considérés comme matériaux «intelligents » et consomment peu d'énergie. Plusieurs applications ont été proposées (embrayage automobile, amortisseur, contrôle actif de vibration, actionneur…). Pourtant, la contrainte seuil habituelle de quelques kPa du fluide ER n'est pas suffisante pour de vraies applications industrielles. Une autre difficulté est sa stabilité (sédimentation, stabilité thermique, agrégation des particules…).

Le caractéristique rhéologique d'un fluide ER est présentée par un rhéogramme donnant la variation de la contrainte de cisaillement en fonction de la vitesse de cisaillement. Le modèle de Bingham est souvent utilisé pour décrire un fluide ER idéal.

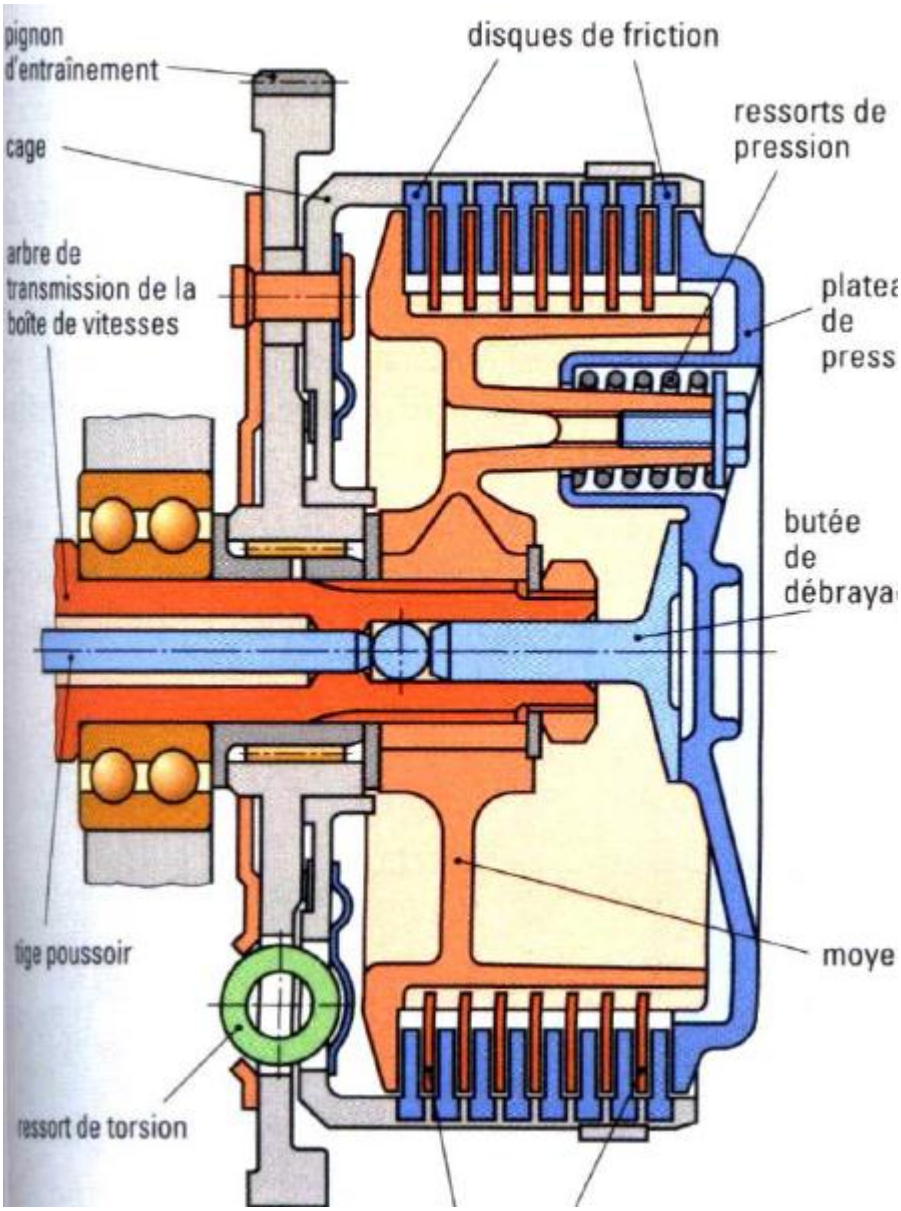
Récemment, l'équipe de Weijia Weng (Institut Nanoscience de Hongkong) a réussi à développer une nouvelle génération de fluide ER avec une contrainte seuil dépassant 100 kPa (20 fois plus élevée que la contrainte seuil habituellement observée). Le phénomène découvert par les chercheurs chinois est appelé ainsi « Effet ER géant ».

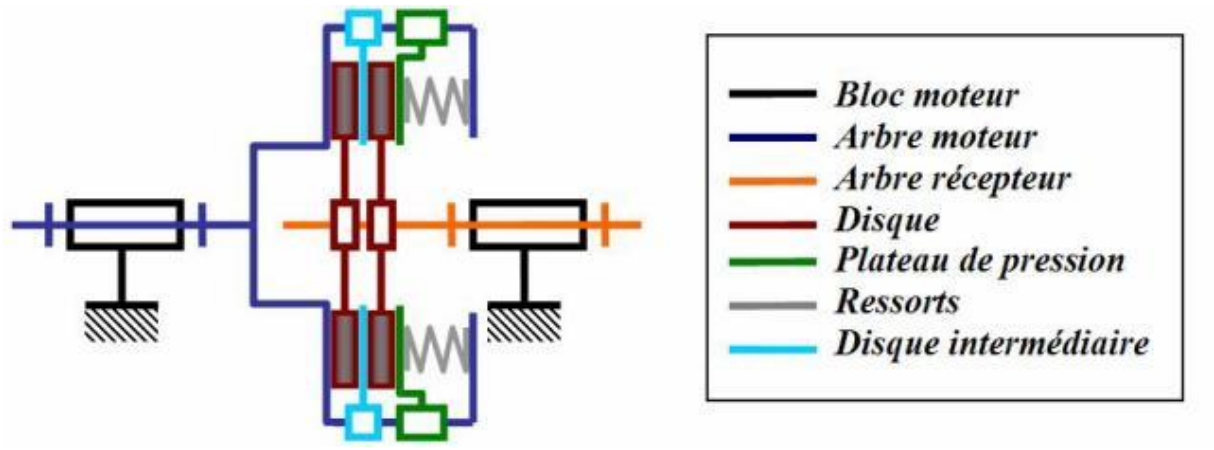
Champ d'application potentiel

Ce fluide possédant plusieurs avantages, de nombreuses applications ont été proposées. Sa capacité de changement "solide - liquide" fait penser à un embrayage automobile innovant. Une autre application possible du fluide électrorhéologique dans l'industrie de l'automobile est l'amortisseur.

Les autres applications envisagées sont actionneur, micro canal, valve et diverses applications en robotique.

2) Embrayage multidisque :



Les embrayages multidisques fonctionnent selon le même principe, sauf qu'on utilise un empilement de disques, un sur deux étant en relation avec le moteur, un sur deux étant en relation avec les roues. Cet empilement est maintenu en pression par des ressorts.
Un disque sur deux est cranté sur son pourtour, lui permettant d'être solidaire de la cloche d'embrayage, un sur deux est cranté à l'intérieur, lui permettant d'être solidaire de la noix d'embrayage.
La position embrayée permet de rendre solidaires la cloche et la noix d'embrayage.

Cette configuration bien plus compacte radialement que celle à un seul disque est celle retenue sur les motocyclettes.