



**LES MÉCANISMES DE TRANSMISSION DE PUISSANCE AVEC MODIFICATION DE LA VITESSE ANGULAIRE**

**I- POSITION DU PROBLÈME :**

La transmission de puissance se pose à partir des données suivantes :

- Puissance à transmettre
- Positions relatives entre les organes d'entrée et de sortie,
- Nature des mouvements (entrée, sortie)
- Mobilité relative entre ces organes.

◆ **Type de transmission**

Pour une distance  $O_1O_2$  rapprochée entre les arbres et  $\leq 1$  mètre, la puissance est transmissible par :

- Adhérence : **roues de friction, poulies et courroies.**
- Obstacles : **chaînes, engrenages, vis et écrou, came, bielle manivelle excentrique.**

◆ **Nature des mouvements**

Les mouvements les plus simples à mettre en œuvre sont : - la **rotation** par rapport à un axe, - la **translation** rectiligne.

◆ **Organes moteurs**

Les moteurs conventionnels sont du type :  
- électrique,  
- fluide,  
- thermique (mélange air-carburant).

◆ **Transformation de mouvement**

Les mouvements sont modifiables. La transformation se fait suivant :

- Rotation  $\omega_1 \Leftrightarrow$  **Rotation  $\omega_2$**
- Rotation  $\omega_1 \Leftrightarrow$  **Translation  $V_2$**
- Translation  $V_1 \Leftrightarrow$  **Translation  $V_2$**
- Translation  $V_1 \Leftrightarrow$  **Rotation  $\omega_2$**

◆ **Positions relatives des arbres**

Les arbres d'entrée et de sortie sont soit :  
- colinéaires, - parallèles, - orthogonaux,  
- concourants, - quelconques.

◆ **Expression de la puissance mécanique**

Soit les éléments vectoriels de réduction statique et cinématique appliqués sur un organe ; la puissance reçue est donnée par :

$$P = \vec{M}_o \cdot \vec{\omega} + \vec{R} \cdot \vec{V}_o$$

Éléments statique

$$\left\{ \begin{matrix} \vec{R} \text{ (N)} \\ \vec{M}_o \text{ (N.m)} \end{matrix} \right\}_o = \left\{ \begin{matrix} R_x & L \\ R_y & M \\ R_z & N \end{matrix} \right\}_o$$

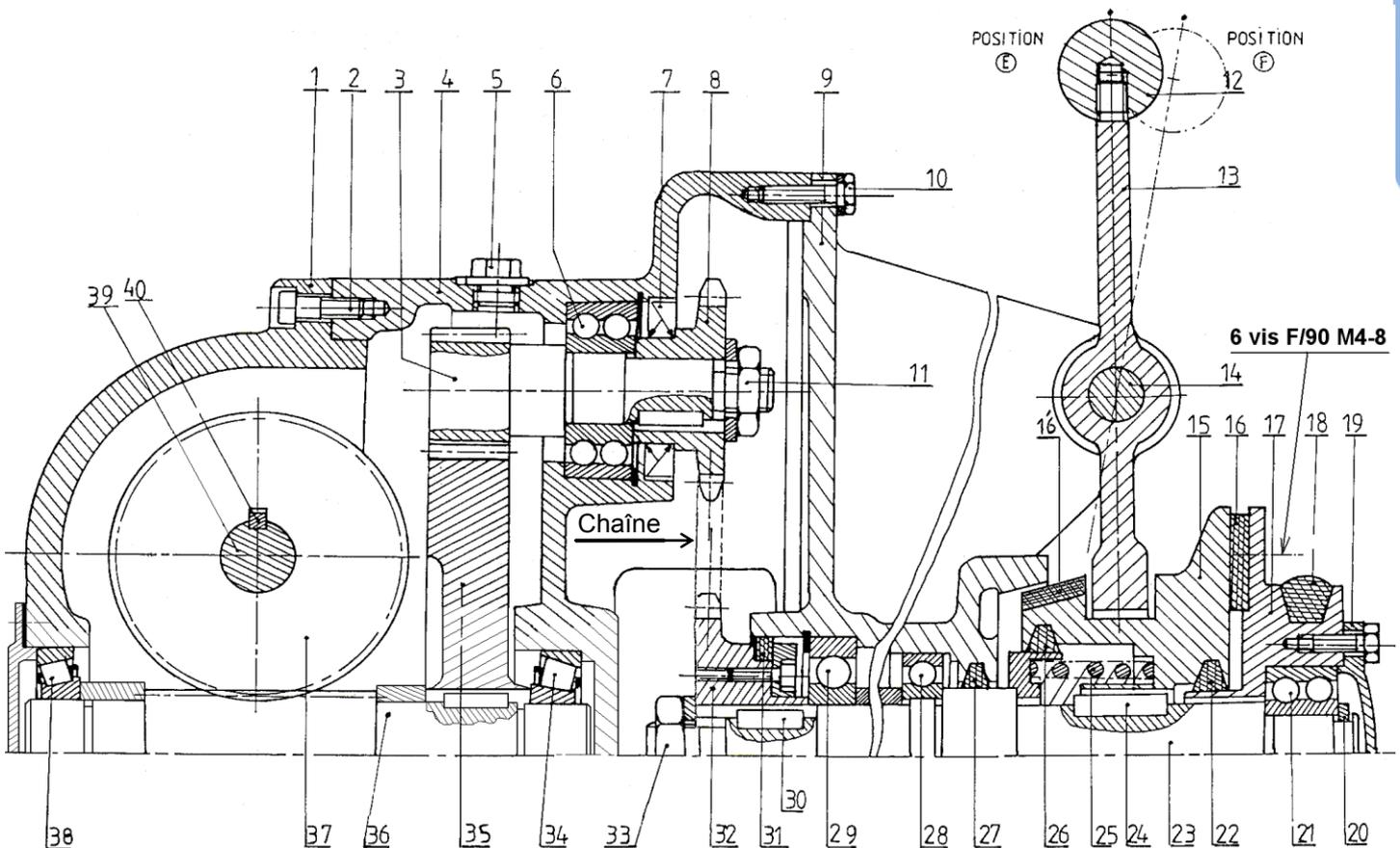
Éléments cinématique

$$\left\{ \begin{matrix} \vec{\omega} \text{ (rad/s)} \\ \vec{V}_o \text{ (m/s)} \end{matrix} \right\}_o = \left\{ \begin{matrix} \omega_x & V_x \\ \omega_y & V_y \\ \omega_z & V_z \end{matrix} \right\}_o$$

◆ **Rendement d'une transmission**

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \leq 1 \quad \left\{ \begin{matrix} P_u : \text{Puissance utilisable} \\ P_a : \text{Puissance absorbée} \end{matrix} \right.$$

**MÉCANISME DE TRANSMISSION DE PUISSANCE de la pièce (18+17) vers la pièce 39**



FONCTION TRANSMETTRE L'ÉNERGIE : Aspect Technologique



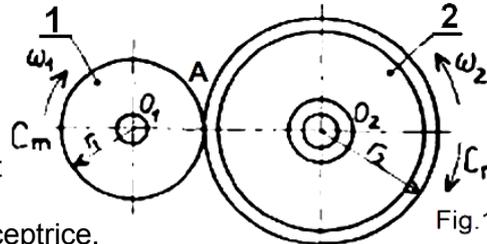
**II- TRANSMISSION DE PUISSANCE ASSURÉE PAR ADHÉRENCE :**

La transmission se fait : - directement : par **roues de friction**,  
- indirectement : par **poulies courroies**.

**A- ROUES DE FRICTION**

**1- Principe et Fonction :** (Fig.1)

Deux roues cylindriques (ou coniques) sont en contact sur une génératrice et soumises à un effort presseur. Le frottement au contact des deux roues permet de transmettre une puissance de la roue motrice vers la roue réceptrice.



**Transmettre par adhérence, un mouvement de rotation entre deux arbres parallèles ou concourants, avec modification du couple transmis et de la vitesse de rotation.**

**Hypothèse:** On admettra pour l'étude qui suit que les deux roues **roulent sans glisser** l'une sur l'autre.

**Données:** Effort presseur **N** ; Coefficient de frottement entre roues **f**.

**2- Condition d'entraînement :**

Effort normal nécessaire pour transmettre le couple **Cm** :

$$N = \frac{C_m}{f \cdot r_1}$$

D'où la puissance à transmettre :

$$P = C_r \cdot \omega_2 = N \cdot f \cdot r_2 \cdot \omega_2$$

**3- Étude cinématique : (RAPPORT DES VITESSES)**

La relation des vitesses :

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{r_1}{r_2}$$

**4- Sens de rotation :**

Donner par : 
$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = (-1)^n \frac{r_1}{r_2}$$

avec **n** : nombre de contact

**5- Réalisation :**

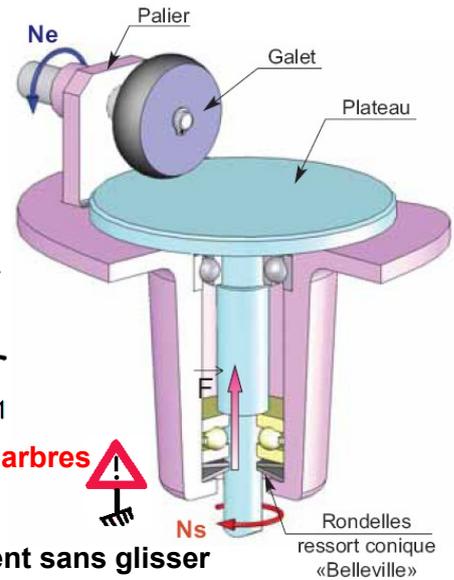
♦ **Matériaux** : - Galet : caoutchouc, plastique, cuir...  
- Roue : fonte, acier, alliages léger

♦ **Formes** : - Galet cylindrique et plateau (Fig.2)  
- Galet conique et plateau (Fig.3)  
- Roue à rainures multiples (Fig.4), (transmission de grande puissance)

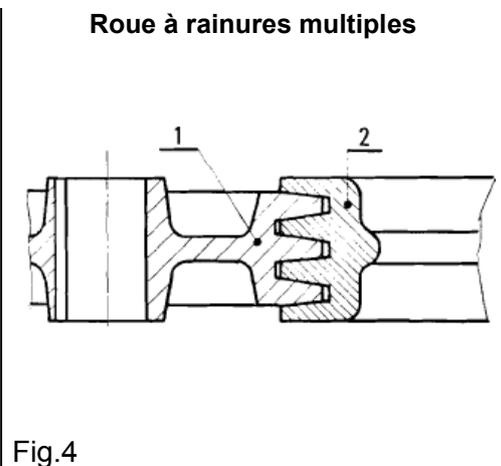
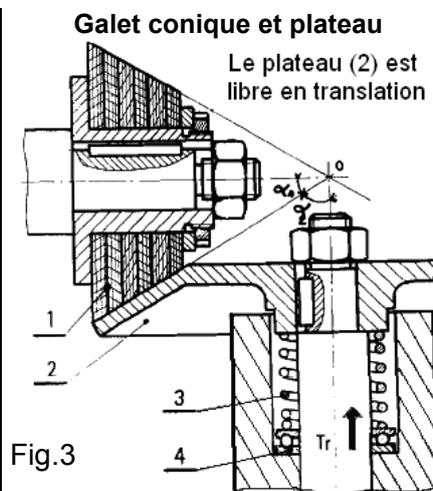
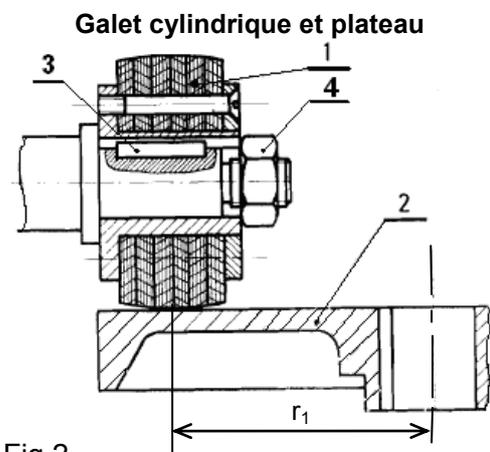
♦ **Application** : La variation de la position du galet 1 (Fig.2) entraîne variation du rayon  $r_1 \Rightarrow$  variation de  $\omega_2$ , ce mécanisme est appelé **variateur de vitesse**.

**6- Caractéristiques :**

- ♦ **Avantages** : - Transmission sans choc ;  
- Marche silencieuse ;  
- Réalisation simple et économique ;  
- Joue le rôle d'un limiteur de couple.
- ♦ **Inconvénients** : - Nécessite un effort presseur ;  
- Efforts importants sur les paliers d'où usure ;  
- Transmission de faible



FONCTION TRANSMETTRE L'ÉNERGIE : Aspect Technologique



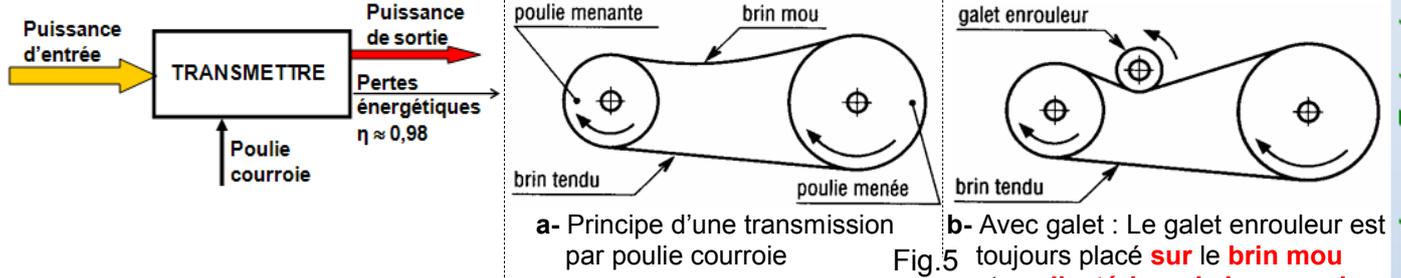




**B- POULIES COURROIES**

**1- But :**

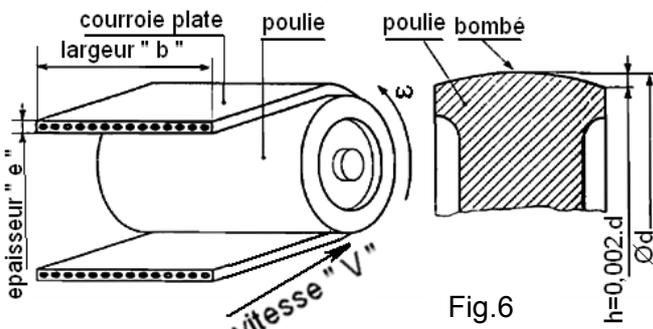
Transmettre par **adhérence** la puissance entre deux arbres **éloignés** généralement parallèles (Fig.5)



⚡ **Remarque :** La transmission se fait, **avec ou sans changement de couple et de sens.**

**2- Courroies plates :** (Fig.6)

Très silencieuses, elles permettent de grands rapports de réduction, et sont surtout utilisées aux **grandes vitesses** sous de faibles **couple**s. Elles absorbent bien les **vibrations torsionnelles**, ce qui autorise les grands entraxes " E " et les grandes longueurs. Elles ont un très bon rendement (η ≈ 98%). Le bombé des poulies permet un **meilleur guidage** et une **meilleure stabilité** de la courroie.



**Hypothèses de l'étude :**

- pas de glissement entre poulie / courroie ;
- courroie inextensible.

**a- Étude cinématique :**

La vitesse linéaire :

$$V = \omega_m \cdot r = \omega_r \cdot R$$

d'où le rapport de transmission :

$$\frac{\omega_r}{\omega_m} = \frac{r}{R}$$

**b- Étude statique :**

- Équilibre de la poulie motrice / z :

$$C_m - (T - t) \cdot r = 0$$

- Équilibre de la poulie réceptrice / z :

$$C_r - (T - t) \cdot R = 0$$

d'où le rapport de transmission :

$$\frac{\omega_r}{\omega_m} = \frac{r}{R} = \frac{C_m}{C_r}$$

**c- tension de pose :**  $T_0$

Au repos la courroie est tendue avec une tension de pose égale :  $T_0 = \frac{T + t}{2}$   
T est maxi lorsque  $t$  est mini :  $T_{maxi} = 2T_0$

**d- rapport entre les tensions T et t :**

**1<sup>ère</sup> cas :** effets de la force centrifuge sur la courroie négligés :

$$\frac{T}{t} = e^{f\alpha}$$

(λ : masse linéique en kg / m)

**2<sup>ème</sup> cas :** en tenant compte de la force centrifuge sur la courroie :

$$\frac{T - \lambda V^2}{t - \lambda V^2} = e^{f\alpha}$$

**Critique :** marche silencieuse ; entretien facile ; arbre pas forcément parallèle (Fig.8) et prix peu cher, convient pour de grandes vitesses et des puissances moyennes, mais paliers chargés à cause des tensions.

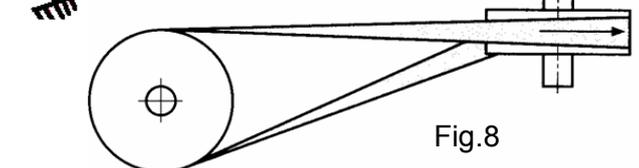
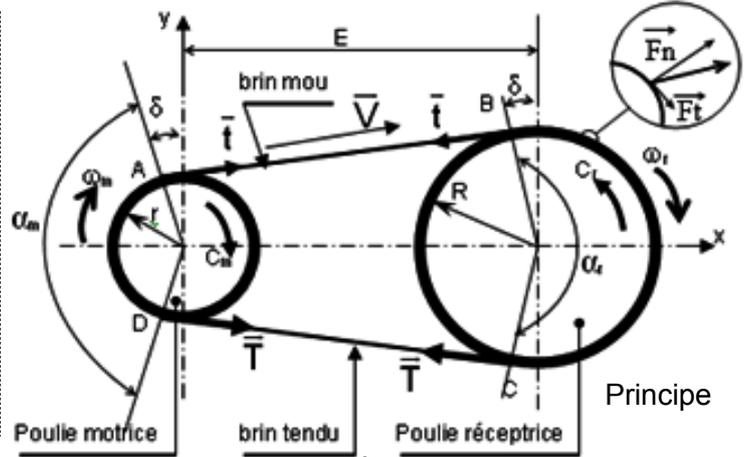


Fig.8



Principe

**f- Longueur de la courroie :**

$$L = 2E \cdot \cos \delta + \pi(R+r) + 2\delta(R-r)$$

si δ est petit  $\Rightarrow \sin \delta = \frac{R-r}{E} \approx \delta$

$$\text{et } \cos \delta = 1 - \frac{\delta^2}{2} = 1 - \frac{(R-r)^2}{2E^2}$$

d'où pour courroie droite :

$$L = 2E + \frac{(R-r)^2}{E} + \pi(R+r)$$

si la courroie est croisée (Fig.7)

$$L = 2E + \frac{(R+r)^2}{E} + \pi(R+r)$$

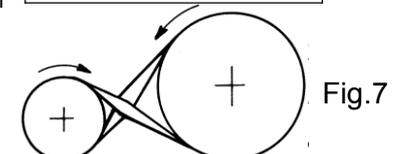


Fig.7

FONCTION TRANSMETTRE L'ÉNERGIE : Aspect Technologique



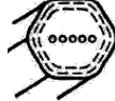
**3- Courroies trapézoïdales : (Fig.9)**

La courroie trapézoïdale est utilisée pour **augmenter la surface de contact** et réduire l'effort radial, c'est-à-dire, transmettre une puissance **plus élevée** que les courroies plates. Et pour transmettre une puissance importante, on doit utiliser plusieurs courroies en parallèles sur la même poulie (avec 2 ; 3 ; ... ; 10 gorges).

**Classiques Étroites crantées**



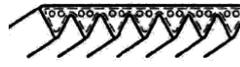
**Double angle**



**Multiples**



**Striées ou poly V**



**Large pour variateur**



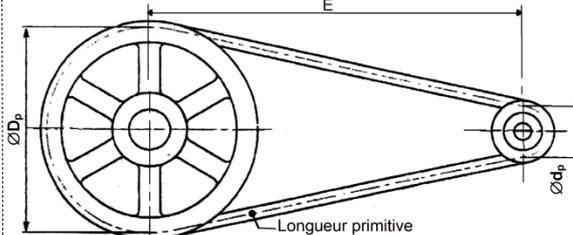
Principales familles de courroies trapézoïdales Fig.9

**a- Étude générale :**

Elle est identique à celle des courroies plates sauf que **d** et **D** sont remplacés par "**d<sub>p</sub>**" et "**D<sub>p</sub>**", diamètres primitifs des poulies, et que l'angle "**β**" intervient.

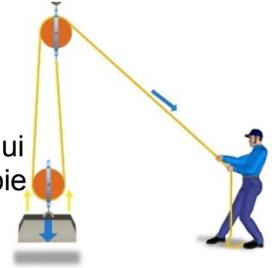
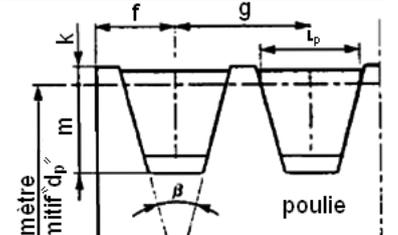
$$\frac{T - \lambda V^2}{t - \lambda V^2} = e^{\frac{f\alpha}{\sin(\beta/2)}}$$

**b- Calcul des courroies trapézoïdales :**



Longueur primitive  $L_p = 2E + 1,57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4E}$

**c- Montage sur une poulie :**



**Critique :** fonctionnement **silencieux** et **souple**, **bonne adhérence**, convient pour



transmettre de fortes puissances ; mais il y a existence de **glissement** ce qui donne rapport de **vitesse non régulier** ; ce problème est corrigé par courroie poly V, elle a une **excellente adhérence**, permet la transmission de puissances importantes.

**4- Courroies crantées (ou synchrones) : (Fig.10)**

On peut les considérer comme des courroies plates avec des dents. Elles fonctionnent par **engrènement** (sans glissement) comme une chaîne mais avec plus de souplesse.

Contrairement aux autres courroies, elles supportent bien les basses vitesses et exigent une tension initiale plus faible.

**Remarque :** Une des poulies doit être munie de flasques afin d'éviter le glissement axial de la courroie.

**Exemple de transmission**

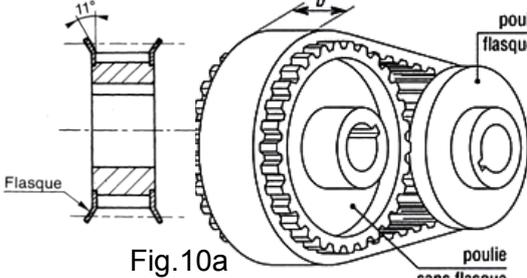
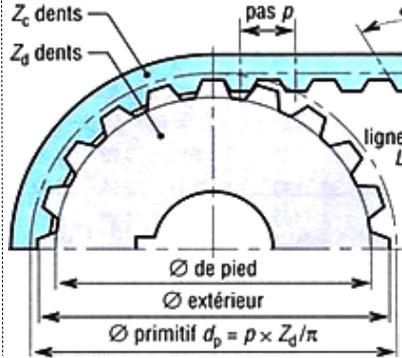


Fig.10a

**Caractéristiques des courroies crantées**



➤ rapport de transmission :

$$\frac{\omega_D}{\omega_d} = \frac{d_p}{D_p} = \frac{Z_d}{Z_D} = \frac{C_d}{C_D}$$

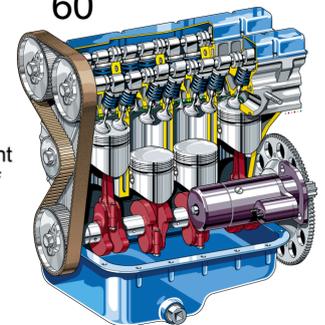
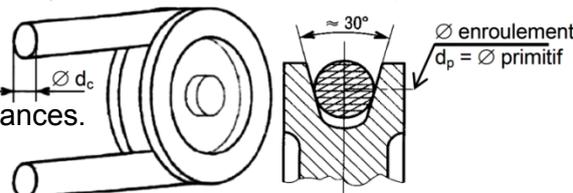
➤ vitesse linéaire :

$$V = \frac{N_d \cdot p \cdot Z_d}{60}$$

Fig.10b

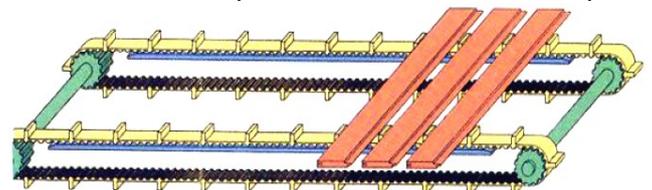
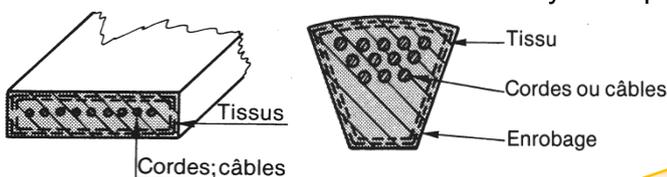
**5- Courroies rondes :**

Elles sont surtout utilisées dans les petits mécanismes avec de faibles puissances.



**6- Composition des courroies :**

Les courroies ne sont généralement pas constituées d'un seul matériau, sauf pour les courroies rondes qui sont très souvent un tore en caoutchouc synthétique.





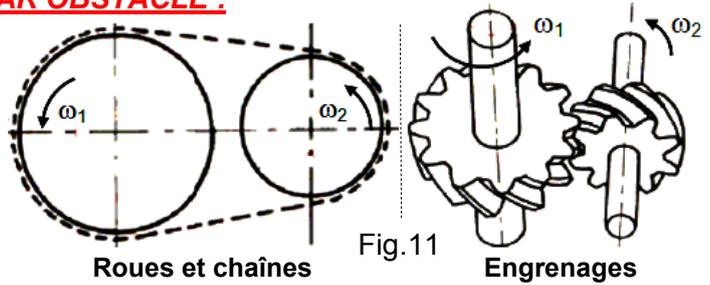
**III- TRANSMISSION DE PUISSANCE ASSURÉE PAR OBSTACLE :**

La transmission de puissance par adhérence ne permet pas de transmettre économiquement des puissances élevées (ordre de grandeur  $\leq 100$  kW).

- Le rapport des vitesses n'est pas constant,
- Les efforts sur les paliers sont importants.

L'entraînement par obstacles permet de résoudre ces inconvénients. On distingue : (Fig.11)

- L'entraînement par **chaînes**
- L'entraînement par **engrenages**.



**C- TRANSMISSION PAR ROUES ET CHÂÎNES**

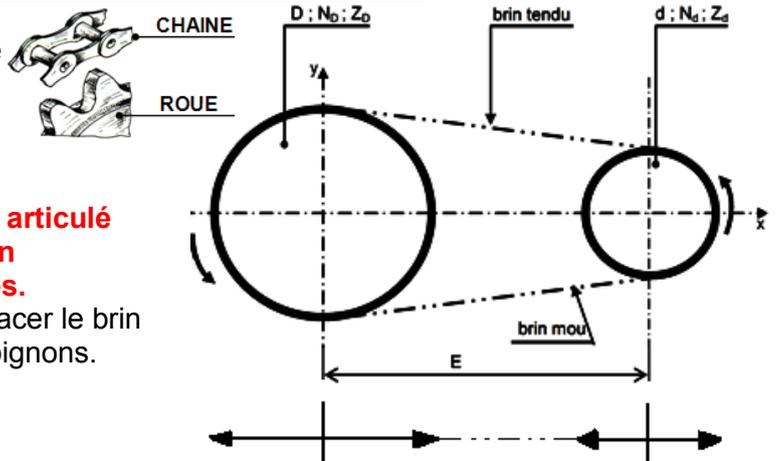
**1-Principe:**

La courroie est remplacée par un ensemble de maillons généralement en acier qui engrènent avec des roues dentés.

**2- Fonction :**

**Transmettre, par obstacle, à l'aide d'un lien articulé appelé " chaîne ", un mouvement de rotation continu entre deux arbres éloignés parallèles.**

⚡ **Remarque :** Contrairement aux courroies, placer le brin tendu au-dessus des roues et pignons.



**3- Principales caractéristiques :**

- Rapport de transmission constant (pas de glissement) ;
- Longues durées de vie ;
- Possibilité d'entraîner plusieurs arbres récepteurs en même temps à partir d'une même source ;
- Montage et entretien plus simples que celui des engrenages et prix de revient moins élevé.
- Sont essentiellement utilisées aux " basses " vitesses ; [moins de 13 m/s pour les chaîne à rouleaux (Fig.12), et moins de 20 m/s pour les chaînes silencieuses (Fig.14)]

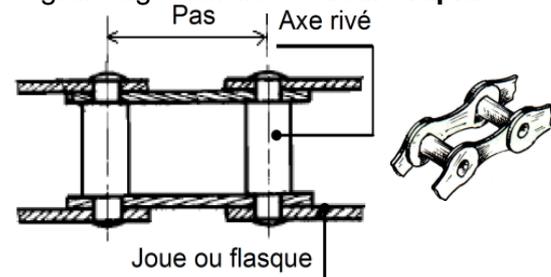
**4- Comparaison avec les courroies :**

- Sont plus bruyantes ;
- Présentant des durées de vie plus élevées ;
- Supportent des forces de tension plus élevées ;
- Tournent moins vite ;
- Supportent des conditions de travail plus rudes ;
- Nécessitent une lubrification.

**5- Chaîne Galle :**

**Inconvénients :**

Surface de contact faibles aux articulations d'où pression importante entre ces surfaces et graissage difficile  $\Rightarrow$  **usure rapide**



**6- Chaîne à rouleaux :**

**Avantages :**

Surfaces de contact des articulations importantes. Les rouleaux roulent à la sortie du pignon  $\Rightarrow$  moins de frottement, c'est-à-dire usure très faible.

Axe rivé, solidaire des joues extérieures

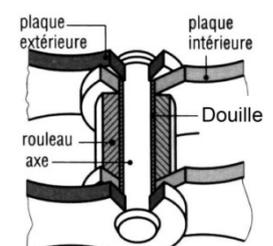
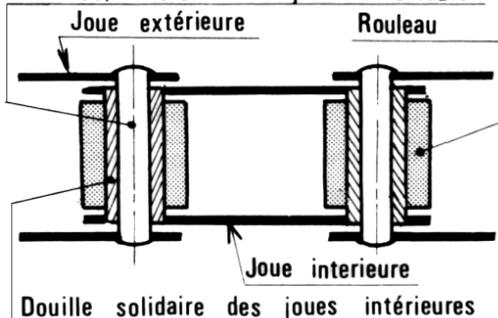
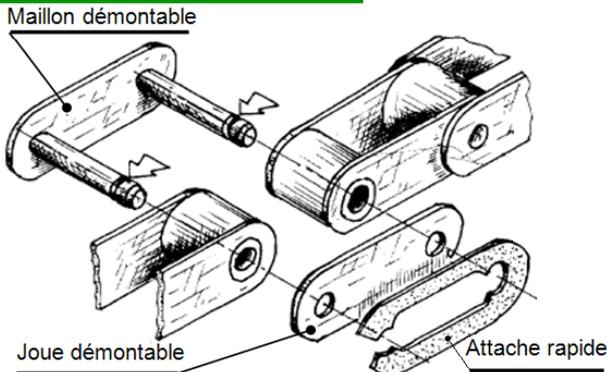


Fig.12





### 7- Fermeture de la chaîne :



### 9- Caractéristiques : (Fig.13)

#### 9.1- Roue et Pignon :

- Pas : distance entre 2 points homologues et consécutifs d'une roue.
- Diamètre primitif : "  $d_p$  "

$$\text{Valeur de } \alpha = \frac{2\pi}{Z_d}$$

(Avec  $Z_d$  : nombre de dents du pignon)

$$\text{D'où } \frac{\alpha}{2} = \frac{\pi}{Z_d} \text{ et } \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\text{pas} / 2}{d_p / 2}$$

$$\text{Donc } d_p = \frac{\text{pas}}{\sin(\alpha / 2)} = \frac{\text{pas}}{\sin(\pi / Z_d)}$$

Engrènement entre chaîne et pignon

### 10- Calcule cinématique :

- Rapport de transmission :  
Il est analogue à celui des courroies crantées.

$$\frac{\omega_D}{\omega_d} = \frac{d_p}{D_p} = \frac{Z_d}{Z_D} = \frac{C_d}{C_D}$$

- Angle d'enroulement :

$$\theta = \theta_d = 180^\circ - \frac{2}{\sin\left(\frac{D_p - d_p}{2E}\right)} \geq 120^\circ$$

- Vitesse linéaire de la chaîne :

$$V = \frac{N_d \cdot p \cdot Z_d}{60}$$

- Circonférence primitive de la petite roue :

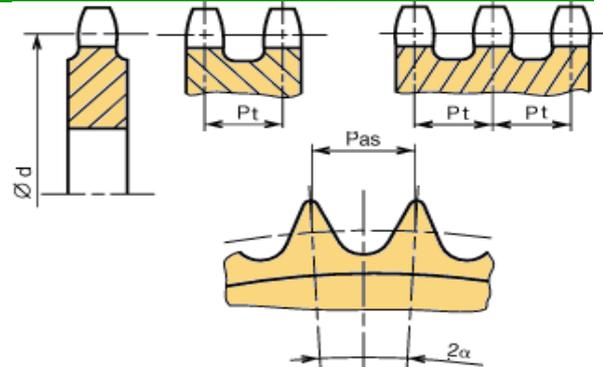
$$\pi \cdot d_p = p \cdot Z_d$$

### 11- Chaîne silencieuse :

La chaîne est guidée latéralement par des maillons à lame, qui pénètrent dans une rainure du pignon, fonctionnement silencieux (absence de jeu), mais, très lourde.

Longtemps utilisée pour la commande distribution des moteurs d'automobile.

### 8- Différentes roues (pignons) de transmission :



#### 9.2- Chaîne :

- Pas : le pas de chaîne est égale au pas de la roue et pignon.
- Longueur de chaîne :
- ◆ Longueur primitive de la chaîne

$$L_p = 2E + P \left( \frac{Z_D + Z_d}{2} \right) + \frac{P^2}{E} \left( \frac{Z_D - Z_d}{2\pi} \right)^2$$

- ◆ Longueur primitive exprimée en nombre de maillons

$$L_m = \frac{2E}{P} + \frac{Z_D + Z_d}{2} + \frac{P}{E} \left( \frac{Z_D - Z_d}{2\pi} \right)^2 = \frac{L_p}{\text{pas}}$$

Avec : -  $Z_d$  : nombre de dents de la petite roue (pignon) ;  
-  $Z_D$  : nombre de dents de la grande roue ;  
-  $E$  : entraxe.

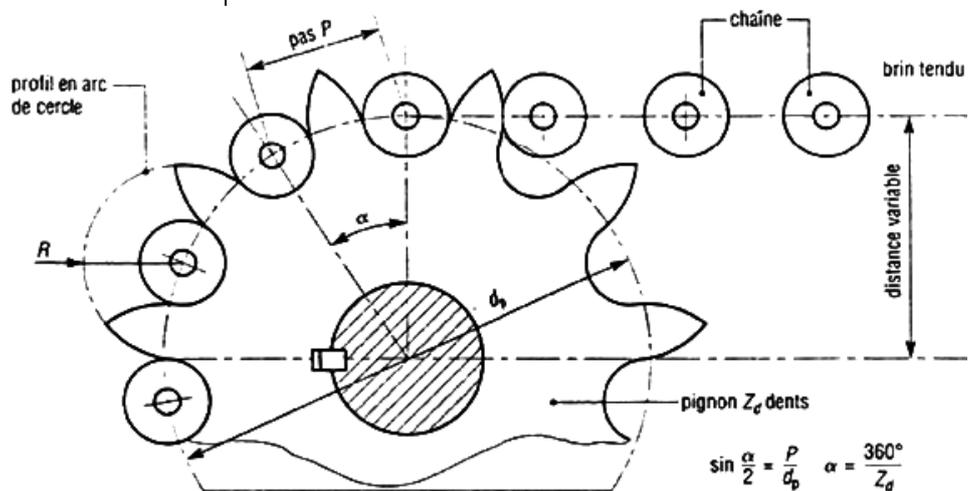


Fig.13

