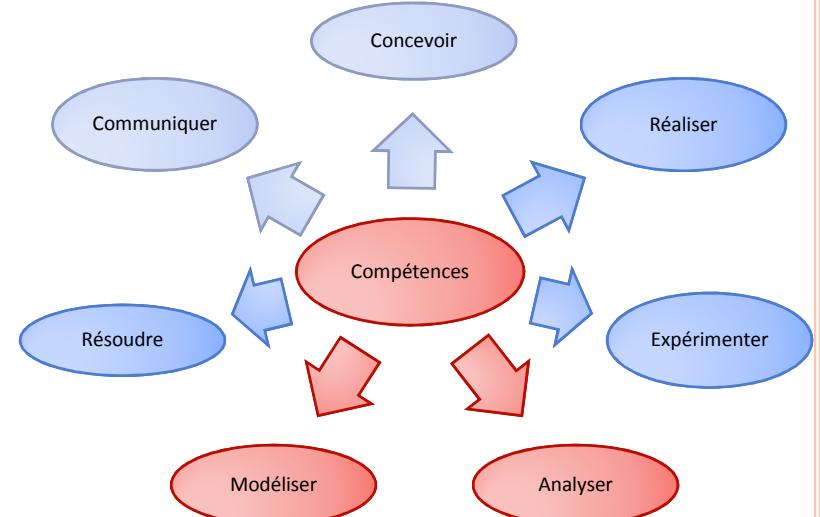
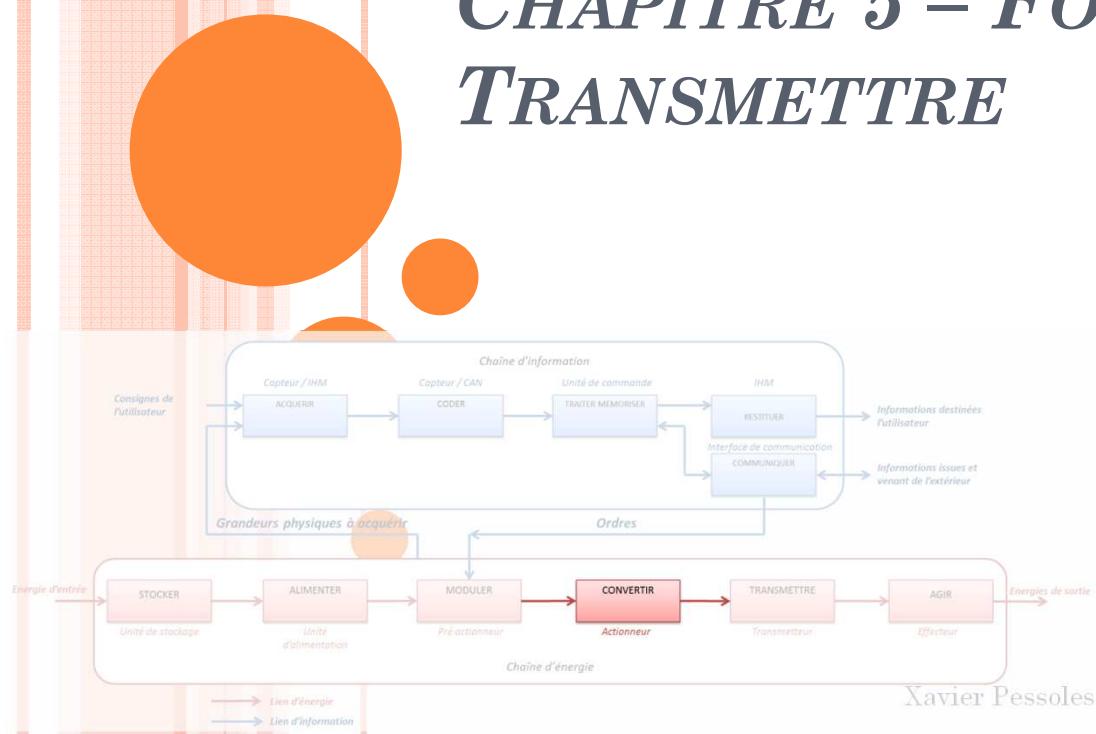
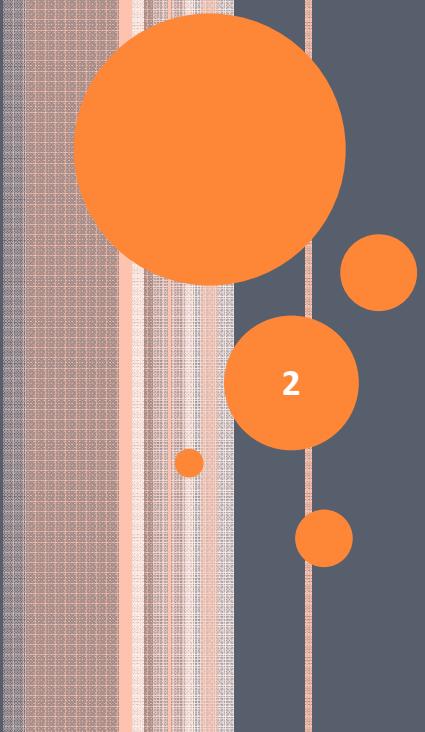


INTRODUCTION À L'INGÉIERIE Systèmes

CHAPITRE 5 – FONCTION TRANSMETTRE



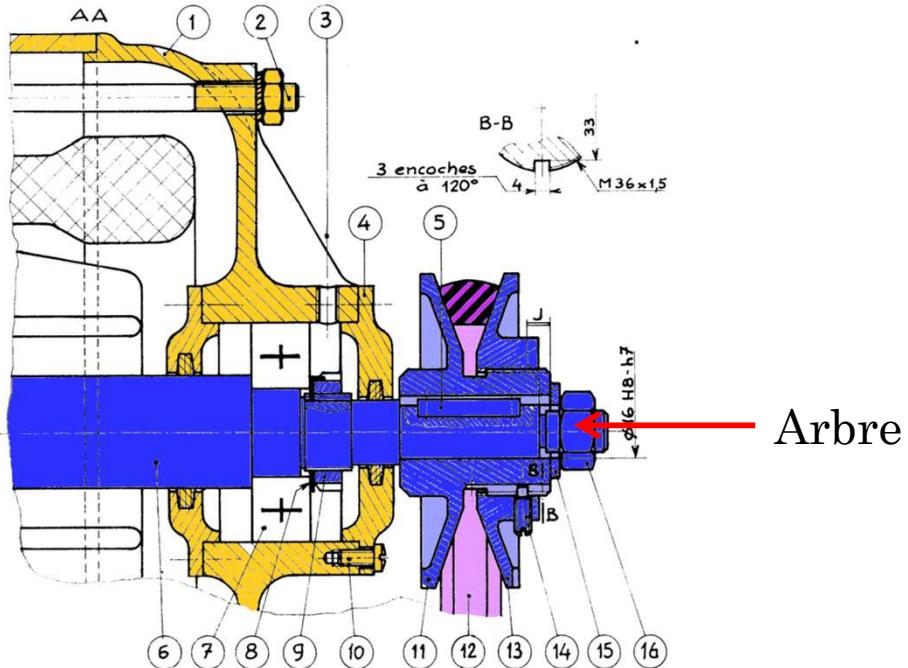
Xavier Pessoles - Jean-Pierre Pupier



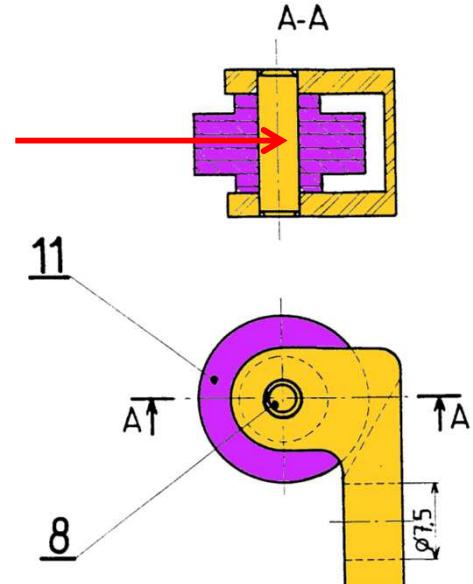
LA TRANSMISSION DE L'ÉNERGIE SANS TRANSFORMATION DE MOUVEMENT ET SANS MODIFICATION DE LA VITESSE DE ROTATION

Xavier Pessoles - Jean-Pierre Pupier

ARBRES ET AXES



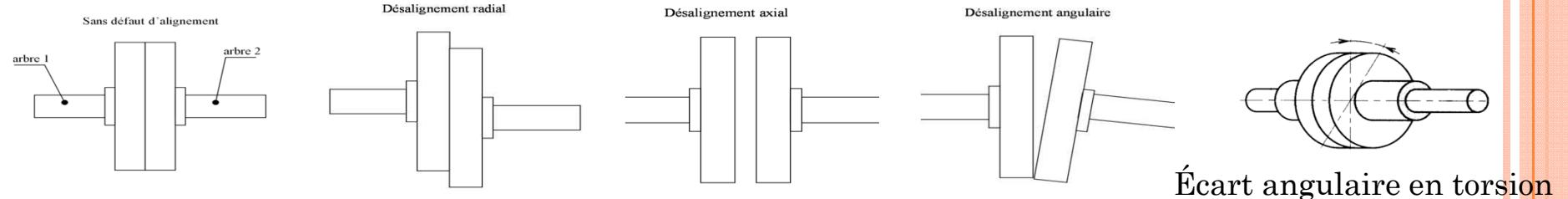
Axe



- Différences :
 - Arbre : transmission d'un couple
 - Axe : ne transmet pas de couple
- Dimensionnement : RdM (Torsion)
- Matériaux :
 - Le plus souvent des aciers (ces aciers peuvent être traités si des performances particulières sont nécessaires)

3

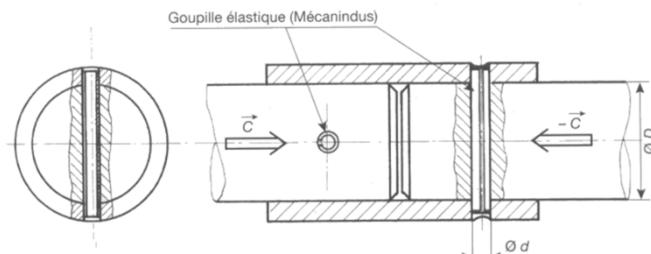
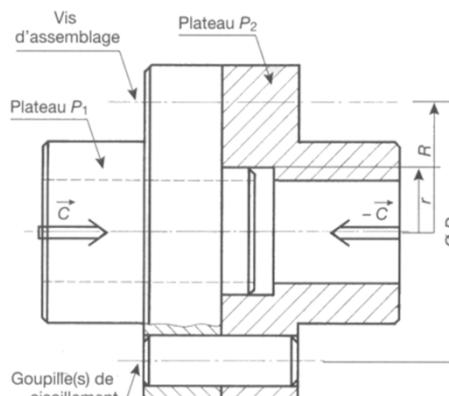
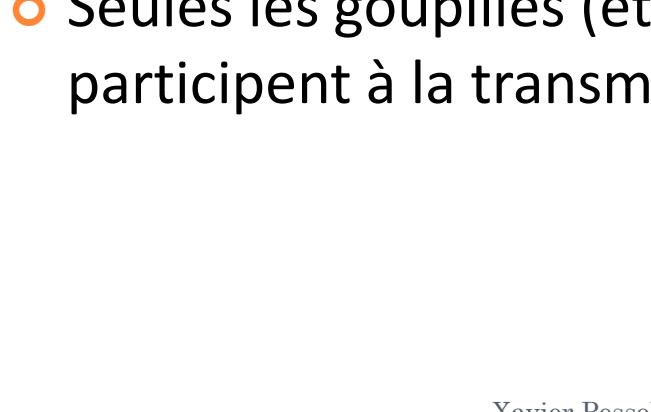
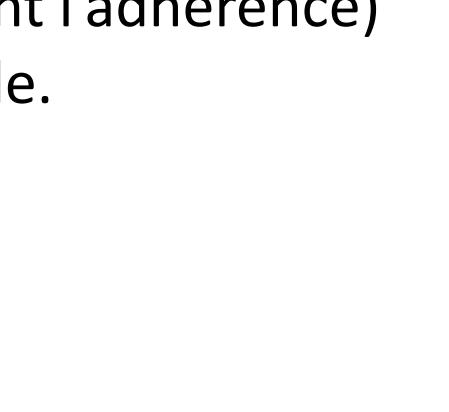
ACCOUPLEMENTS ENTRE ARBRES ALIGNÉS



4

ACCOUPLEMENTS ENTRES ARBRES ALIGNÉS

ACCOUPLEMENTS RIGIDES

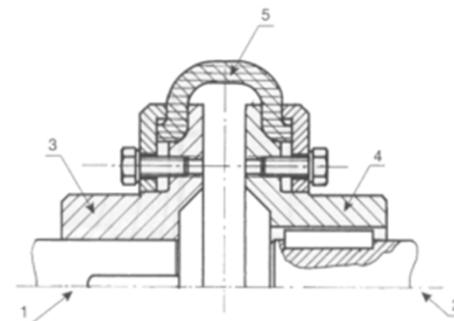
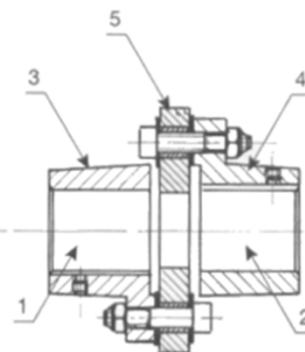
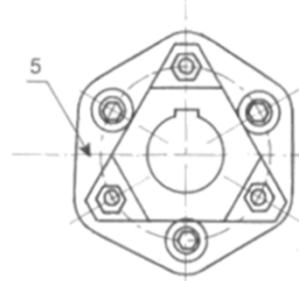
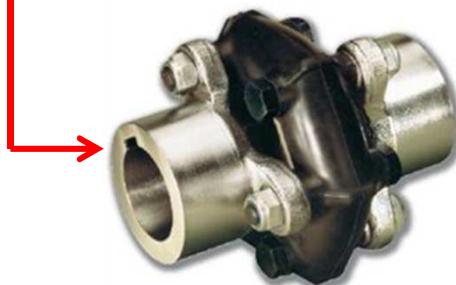
Désalignement radial	Désalignement axial	Désalignement angulaire	Écart angulaire en torsion
X	X	X	X
			

- Seules les goupilles (et éventuellement l'adhérence) participent à la transmission du couple.

ACCOUPLEMENTS ENTRES ARBRES ALIGNÉS

ACCOUPLEMENTS ÉLASTIQUES

Désalignement radial	Désalignement axial	Désalignement angulaire	Écart angulaire en torsion
$\Delta r = \pm 0,3 \text{ mm}$	$\Delta a = \pm 4 \text{ mm}$	$\Delta \alpha = \pm 5^\circ$	
$\Delta r = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta a = \pm 6 \text{ mm}$	$\Delta \alpha = \pm 2$	



ACCOUPLEMENTS ENTRE ARBRES ALIGNÉS

ACCOUPLEMENTS FLEXIBLES ET JOINTS DE OLDHAM

Désalignement
radial

$\Delta r = \pm 3\text{mm}$

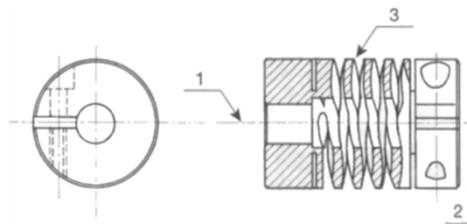
Désalignement
axial

Important

Désalignement
angulaire

$\Delta\alpha = \pm 30^\circ$

Écart angulaire en
torsion



Désalignement
radial

$\Delta r = \pm 4\text{mm}$

Désalignement
axial

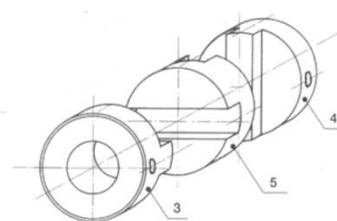
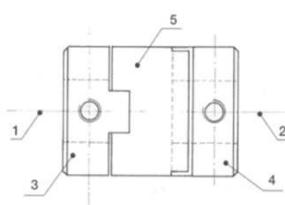
Faible

Désalignement
angulaire

X

Écart angulaire en
torsion

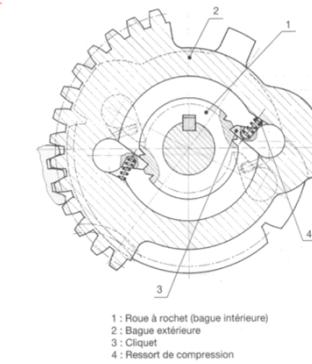
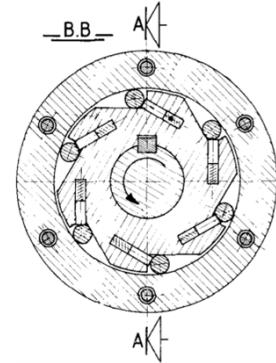
X



Homocinétique

7

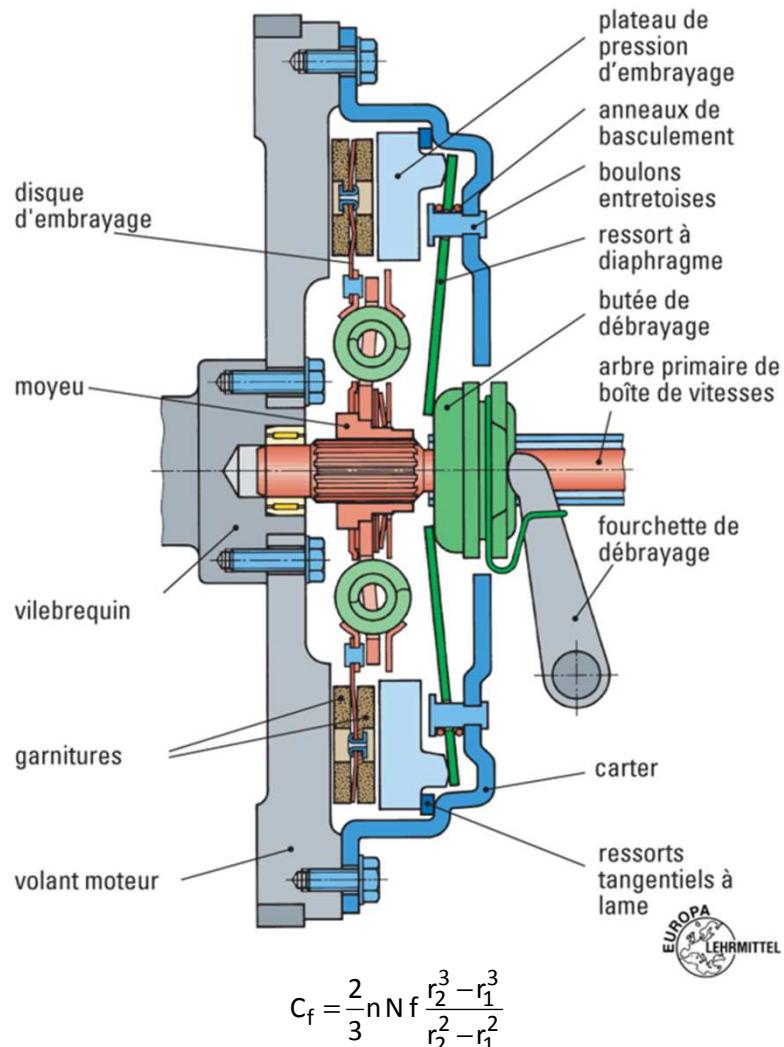
ACCOUPLEMENTS TEMPORAIRES ROUES LIBRES



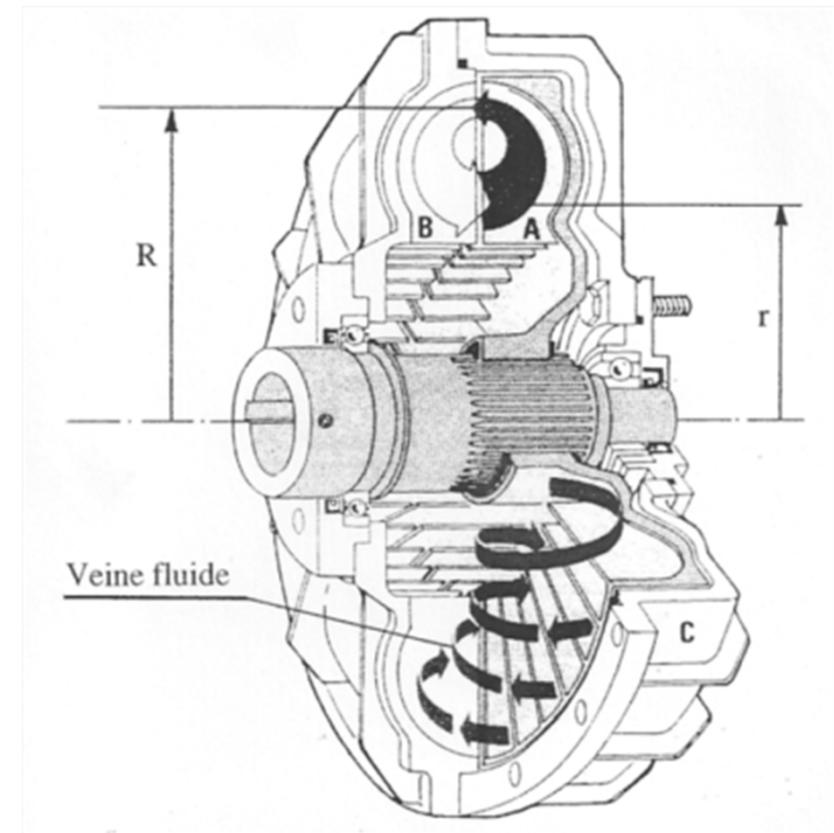
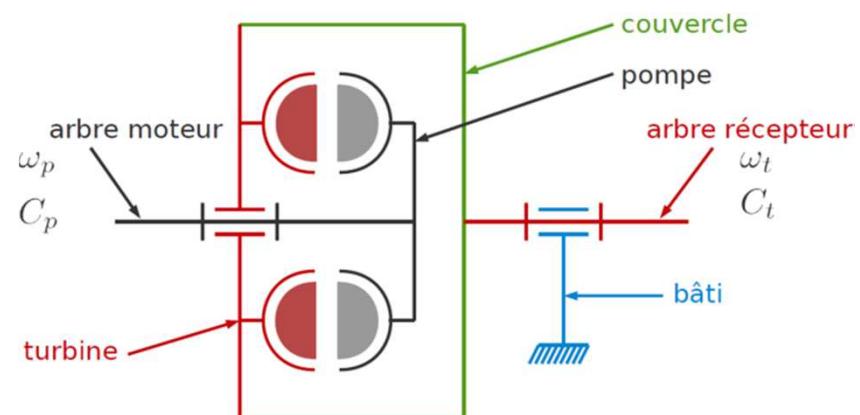
○ Roues libres à rouleaux

○ Roues libres à cliquets

LES ACCOUPLEMENTS TEMPORAIRES LES EMBRAYAGES

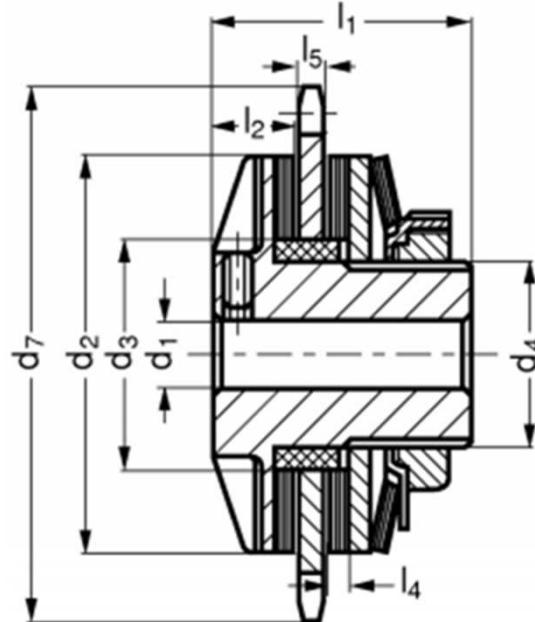


LES ACCOUPLEMENTS TEMPORAIRES LES COUPLEURS ET CONVERTISSEURS HYDRODYNAMIQUES

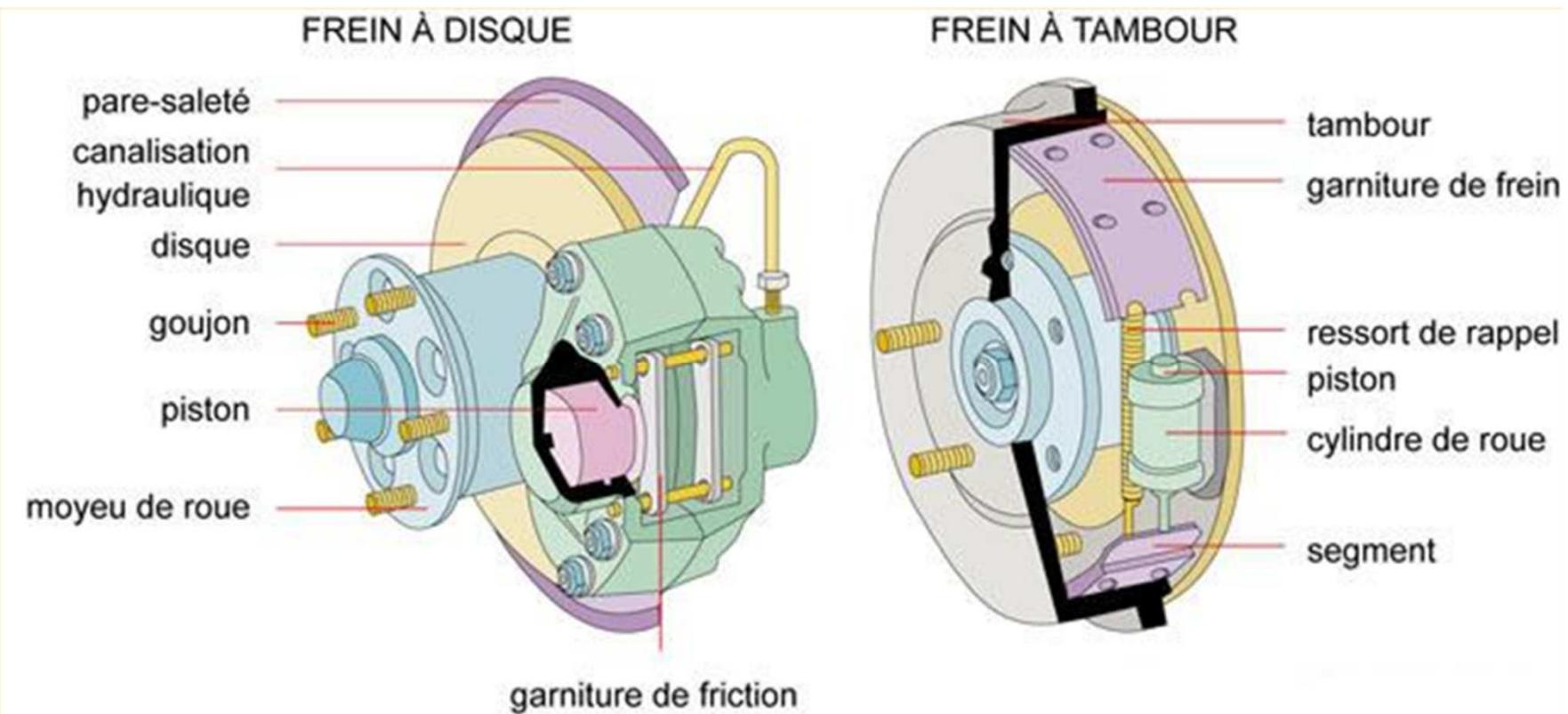


10

LES ACCOUPLEMENTS ENTRE ARBRES SÉCANTS LES LIMITEURS DE COUPLES

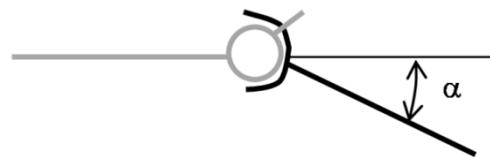


LES ACCOUPLEMENTS TEMPORAIRES LES FREINS



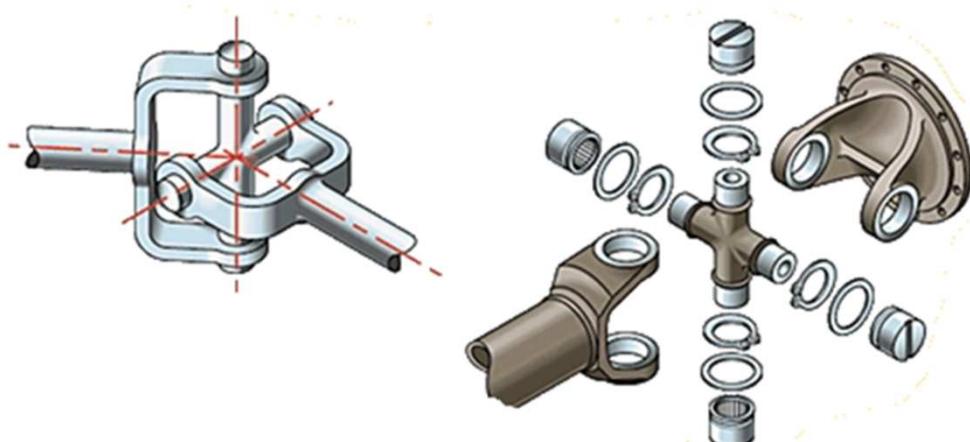
12

LES ACCOUPLEMENTS ENTRE ARBRES SÉCANTS



○ Angle de brisure

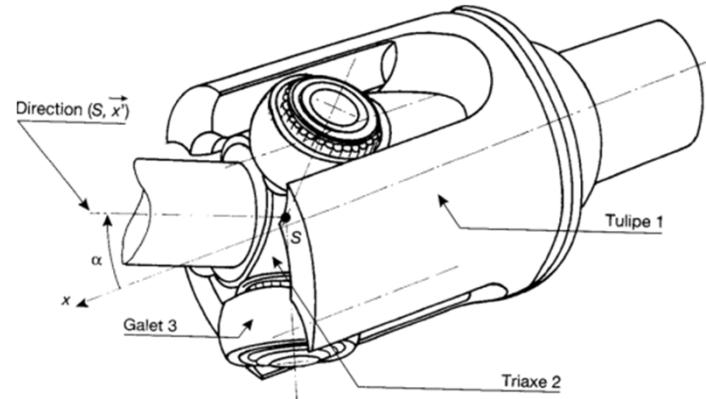
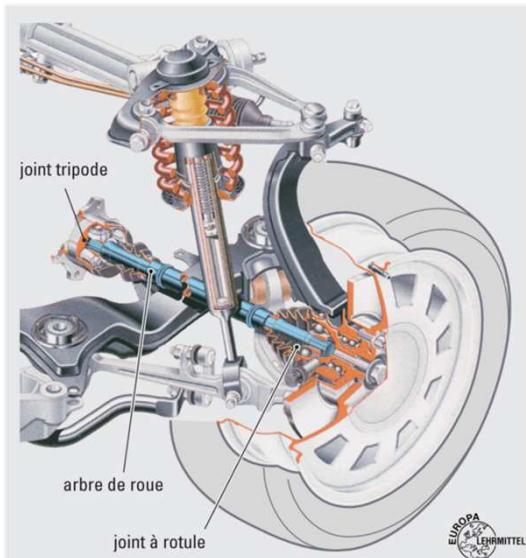
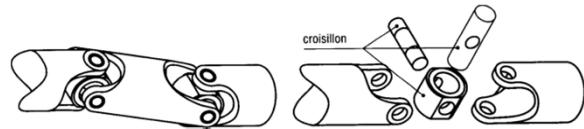
○ Joint de cardan – Non homocinétique



$$\theta = \arctan (\cos \alpha \tan \theta)$$

13

LES ACCOUPLEMENTS ENTRE ARBRES SÉCANTS JOINTS D'ACCOUPLEMENT HOMOCINÉTIQUES

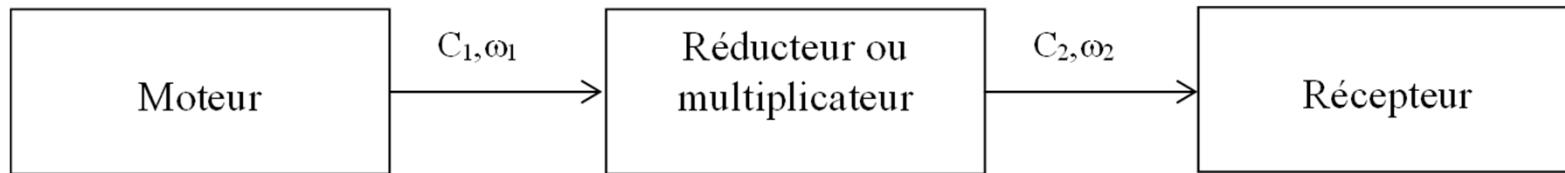


Xavier Pessoles - Jean-Pierre Pupier

POULIE – COURROIE – CHAÎNE

15

MISE EN SITUATION



Lorsque l'on a $\left| \frac{\omega_2}{\omega_1} \right| < 1$, on parle de réducteur. Lorsque l'on a $\left| \frac{\omega_2}{\omega_1} \right| > 1$, on parle de multiplicateur.

On parle aussi d'inverseur lorsqu'il y a inversion du sens de rotation.

Important :

- On appelle rapport de transmission le rapport $\frac{\omega_1}{\omega_2}$
- Le rapport de multiplication est l'inverse du rapport de transmission.

Si le rendement du réducteur ou du multiplicateur est idéal, on a la conservation de la puissance mécanique $C_1 \cdot \omega_1 = C_2 \cdot \omega_2$

. On en déduit alors $\frac{C_2}{C_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$.

Dans le cas d'un réducteur de fréquence de rotation, il y a multiplication du couple. Dans le cas d'un multiplicateur de fréquence de rotation, il y a réduction du couple. Si l'on prend en compte le rendement de la transmission η , on a $C_1 \cdot \omega_1 \cdot \eta = C_2 \cdot \omega_2$.

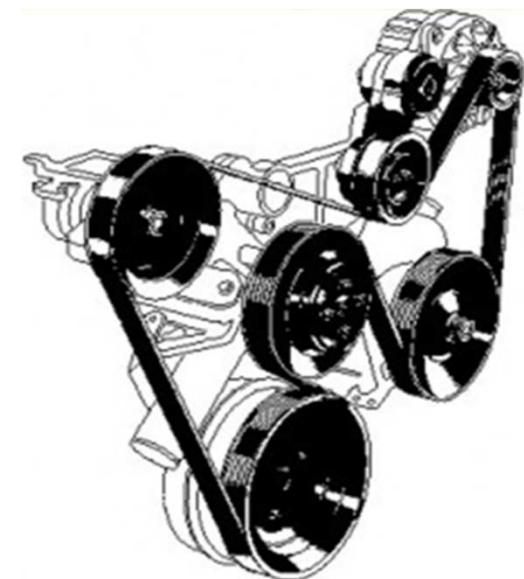
TRANSMISSION DE PUISSANCE PAR COURROIE

- La transmission par poulie / courroie asynchrone, présente les avantages suivant :

- arbres d'entrée et de sortie éloignés
- possibilité de variation d'entraxe
- souplesse de la transmission
- pas de lubrification
- fonctionnement silencieux
- bon rendement (>95 %)
- coût réduit.

- Les inconvénients de ce type de transmission sont principalement :

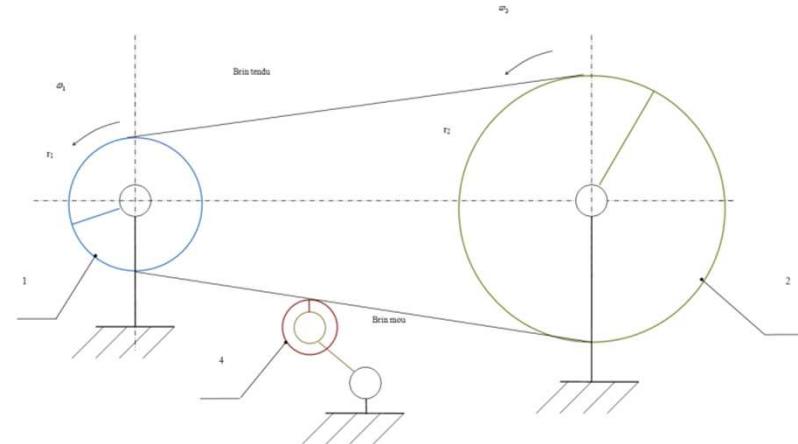
- transmission non homocinétique (glissement pour courroie non synchrone)
- efforts radiaux importants (tension de pose nécessaire).



17

COMPORTEMENT CINÉMATIQUE

- 1 : poulie motrice, rayon r_1
- 2 : poulie réceptrice, rayon r_2
- 4 : galet tendeur

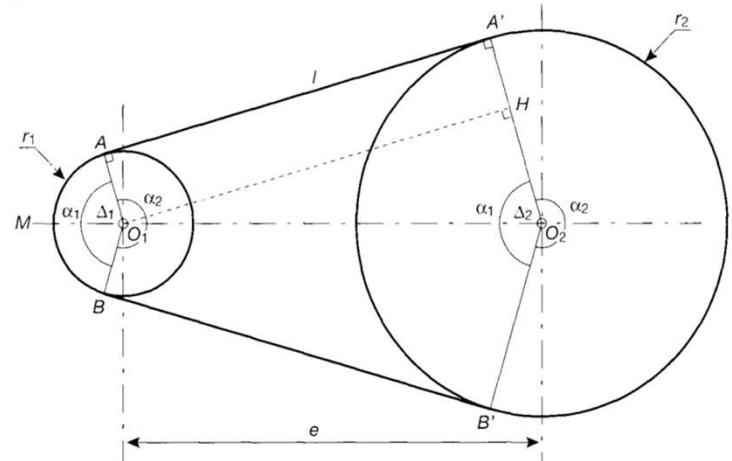


- Dans le cas où il y a non glissement, $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{r_1}{r_2}$
- Dans la réalité, il y peut y avoir glissement de la courroie sur la poulie. Ce glissement fonctionnel noté g , est de l'ordre de 2% en général. On a alors

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = (1-g) \frac{r_1}{r_2}$$

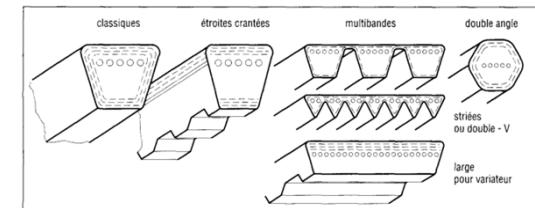
18

LONGUEUR DE COURROIE



$$L = 2e \sin \frac{\alpha_1}{2} + r_1 \alpha_1 + r_2 (2\pi - \alpha_1) \text{ avec } \cos \frac{\alpha_1}{2} = \frac{r_2 - r_1}{e}$$

L'intérêt d'une courroie trapézoïdale par rapport à une courroie plate est que le couple transmissible est plus important à tension de pose identique, et que les efforts radiaux sur l'arbre sont moindres à couple transmis identique.



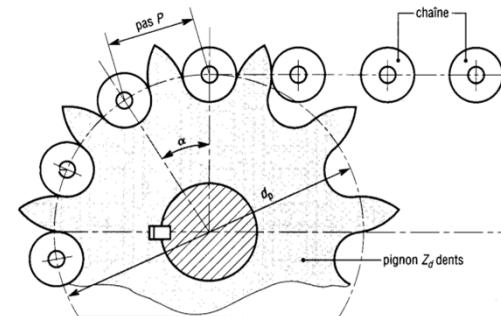
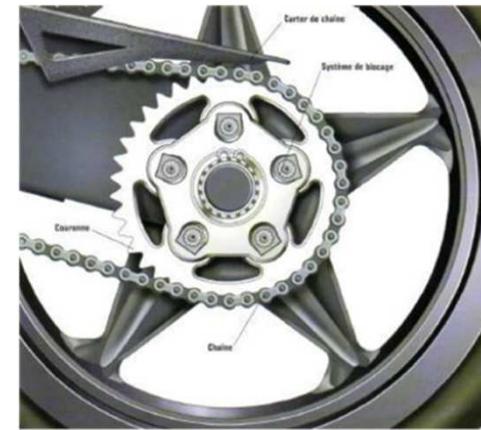
La transmission de puissance par courroie synchrone (ou crantée), associée à des poulies dentées, permet d'éviter le glissement. On les utilise par exemple pour les courroies de distribution d'automobiles ou pour les systèmes asservis en position où un positionnement précis est nécessaire. L'entraînement ne se fait plus par adhérence, mais par obstacle, comme dans le cas des engrenages. Le dimensionnement de la transmission est essentiellement basé sur la capacité de la courroie à supporter l'effort de traction.



19

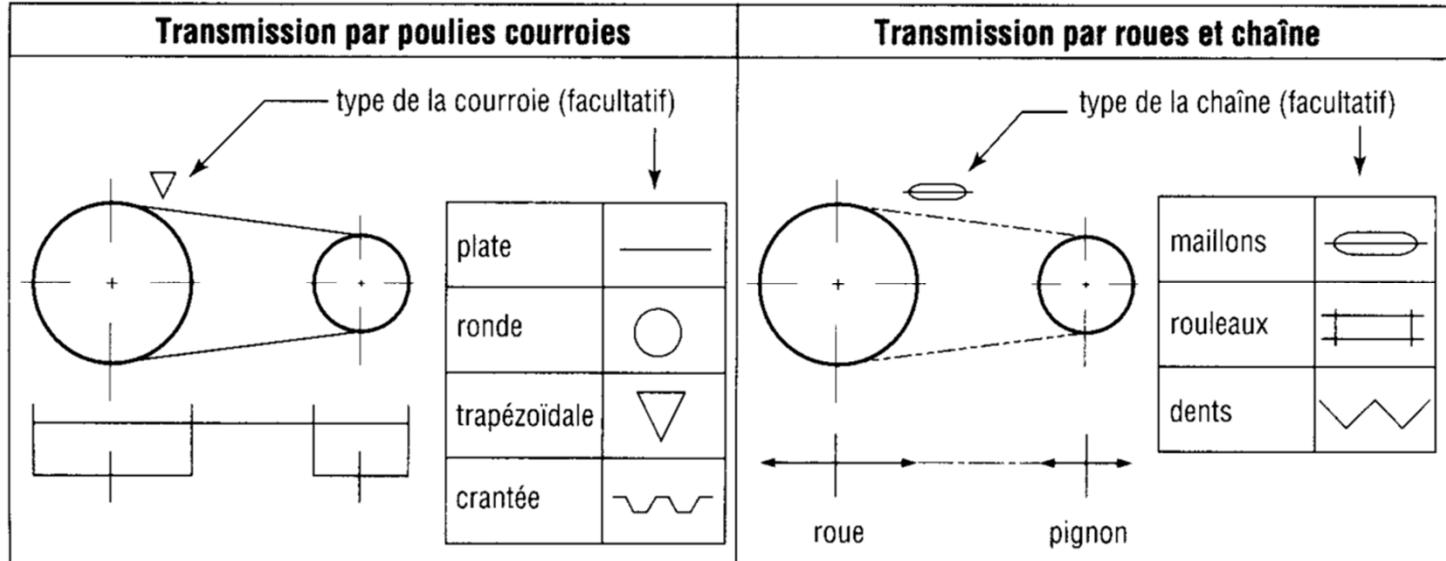
LA TRANSMISSION DE PUISSANCE PAR CHAÎNE

- La transmission par chaîne présente les avantages suivants :
 - puissances transmises importantes ;
 - possibilité de variation d'entraxe ;
 - pas de glissement;
 - aptitude à fonctionner dans des conditions sévères (choc, température, etc.) ;
 - efforts limités sur les paliers ;
 - rendement (98 %) ;
 - coût réduit.
- Les inconvénients de ce type de transmission sont principalement :
 - nécessité d'une lubrification ;
 - niveau sonore important ;
 - vibrations longitudinales ;
 - limitation du rapport de transmission.



20

REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE



- Le rapport de transmission moyen est donné par $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{r_1}{r_2}$
- Au cas où le nombre de dents est important $\pi \cdot d_p \square p.z_d$
- Le rapport de transmission peut alors être donné par

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{z_1}{z_2}$$

21

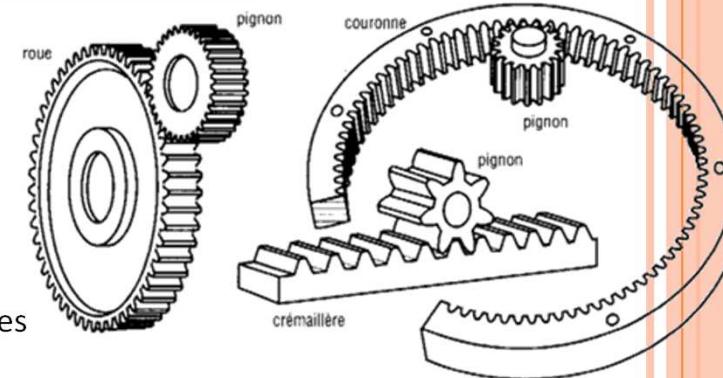
Xavier Pessoles - Jean-Pierre Pupier

LES ENGRÈNAGES

22

TRANSMISSION DE PUISSANCE PAR ENGRENAGES

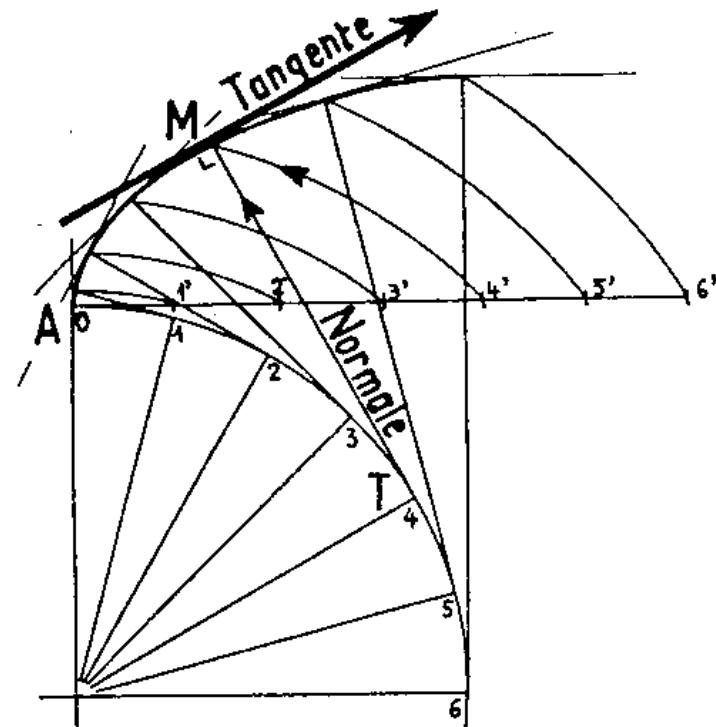
- Les engrenages ont pour fonction de transmettre la puissance, les deux vitesses (entrée et sortie) restant dans un rapport constant, c'est une transmission homocinétique. C'est une transmission par obstacle.
- Les solutions concurrentes :
 - transmission par accouplement, les arbres devant être dans le prolongement l'un de l'autre
 - transmission par friction : roues de friction, courroies plates ou courroies trapézoïdales sur poulies
 - transmission par courroie crantée sur poulies ou par chaîne sur roues.
- Pour un prix de revient modéré, les engrenages ont pour avantages un excellent rendement et un encombrement plutôt faible.
- Un engrenage est un ensemble de deux roues dentées complémentaires, chacune en liaison (pivot ou glissière) par rapport à un support (souvent le bâti).
- La petite roue se nomme le pignon, la grande roue extérieure s'appelle la roue, la grande roue intérieure s'appelle la couronne.
- L'une des roues peut avoir un rayon infini, elle s'appelle alors une crémaillère.
- Le rapport de transmission est par définition $\frac{\omega_{\text{entrée}}}{\omega_{\text{sortie}}}$



23

NOTIONS SUR LA DÉVELOPANTE DE CERCLE

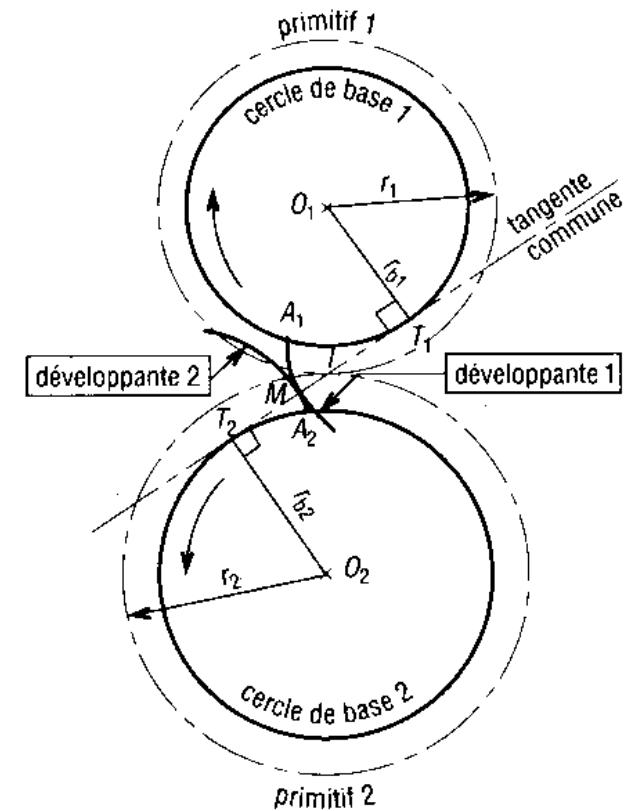
○ Développante de cercles



24

NOTIONS SUR LA DÉVELOPPANTE DE CERCLE

○ Cercles de base et droite d'action



25

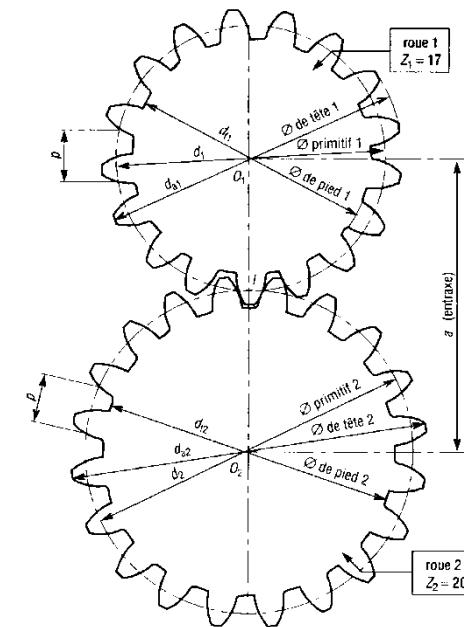
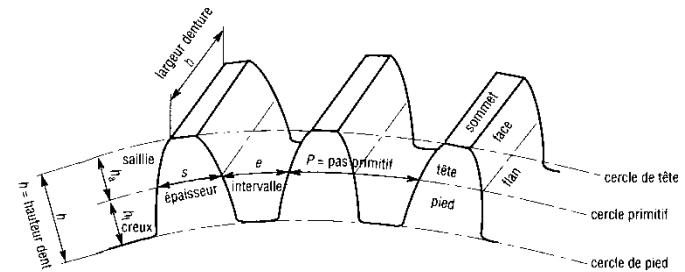
LES PARAMÈTRES GÉOMÉTRIQUES DES ENGRENAGES

- Une caractéristique fondamentale – le module

26

LES PARAMÈTRES GÉOMÉTRIQUES DES ENGRENAGES

○ Les autres paramètres



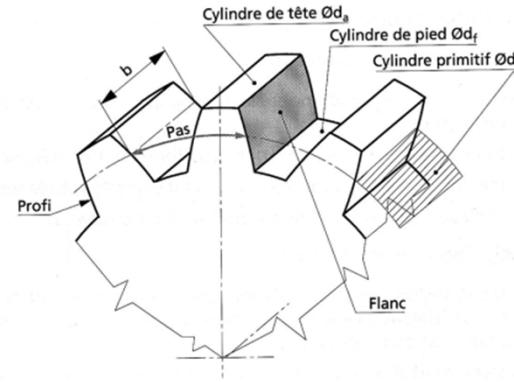
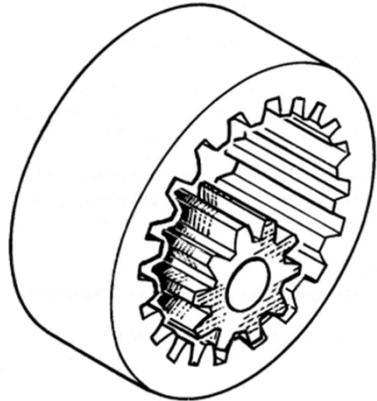
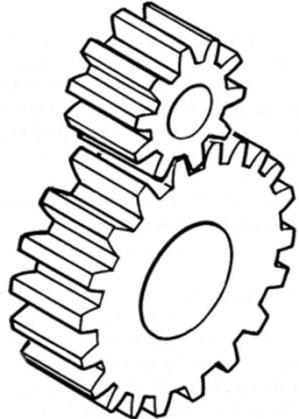
27

REPRÉSENTATION NORMALISÉE

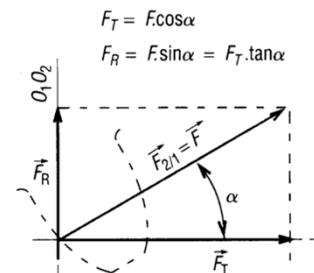
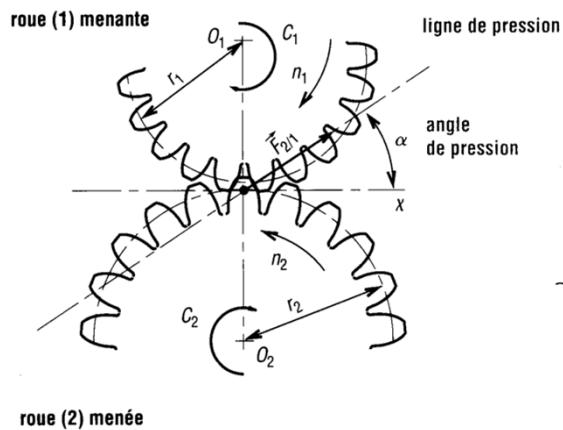
- Pignon roue
- Pignon et couronne
- Pignon crémaillère

28

LES FAMILLES D'ENGRENAGES ENGRENAGES CYLINDRIQUES À DENTURE DROITE



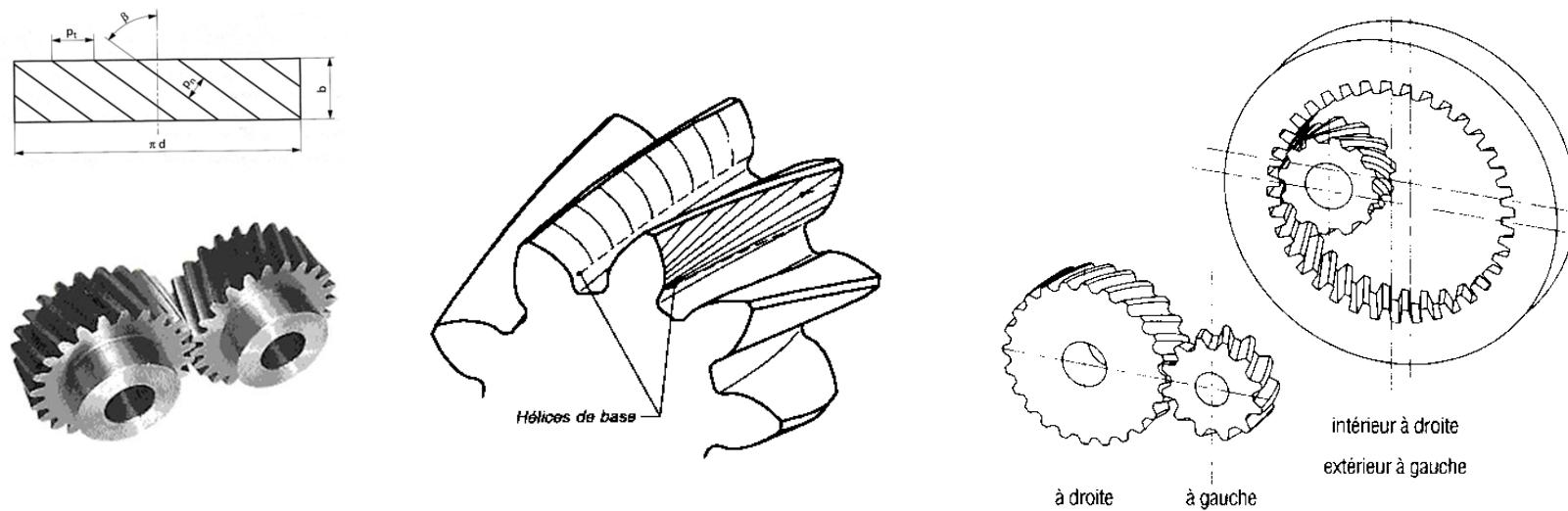
Conseils d'utilisation
Possibilité de déplacement axial.
Pas d'effort axial mais présence d'un effort radial.
Rapport de réduction : 2 à 40.



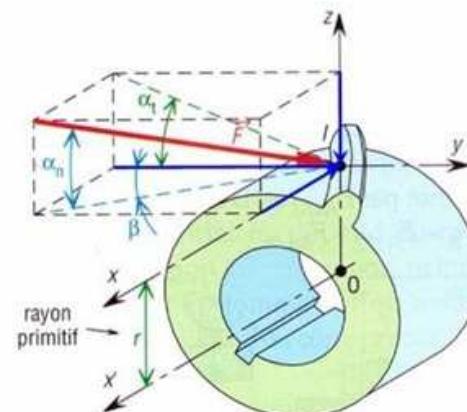
29

LES FAMILLES D'ENGRENAGES

ENGRENAGES CYLINDRIQUES À DENTURE HÉLICOÏDALE

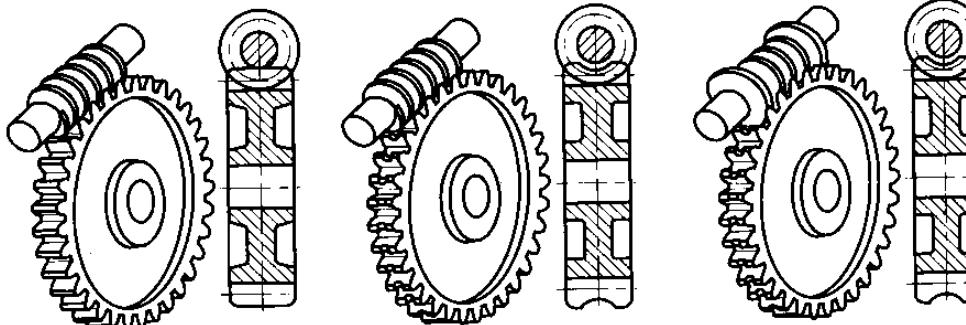
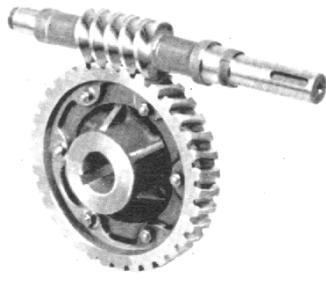


- Les engrenages à denture hélicoïdale permettent un fonctionnement plus silencieux que celui des engrenages à denture droite; ils présentent également un meilleur rendement. Ils sont notamment utilisés dans les boîtes de vitesses d'automobiles, les réducteurs et les multiplicateurs de vitesses.

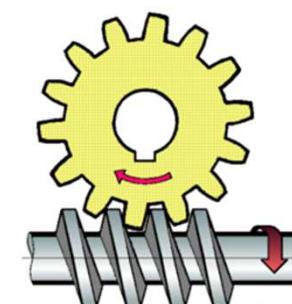


30

LES FAMILLES D'ENGRENAGES ROUE ET VIS SANS FIN



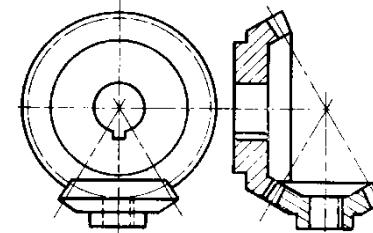
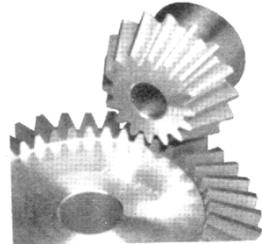
- C'est un engrenage hélicoïdal dont les axes sont orthogonaux et non concourants. La transmission par ce type d'engrenage donne une solution simple pour les grands rapports de réduction, avec un fonctionnement peu bruyant.
- Pour le pignon les dents prennent le nom de filets.
- La poussée de la vis est forte, surtout si la démultiplication est grande. On utilise alors une butée à billes ou à rouleaux ou encore des roulements à contact oblique pour réaliser la liaison pivot avec le support.
- Lorsque l'inclinaison des filets est faible (vis à un filet et inclinaison inférieure à 5 degrés), la transmission est irréversible, ce qui est souvent utile, car le réducteur s'oppose à toute rotation commandée par la machine réceptrice (exemple : appareils de levage). Toutefois le rendement est alors faible.
- Le rendement est meilleur avec les fortes inclinaisons, à condition que les métaux en présence soient bien choisis (vis en acier / roue en bronze, nylon,...) et l'exécution des dentures très précises, avec des états de surface très soignés.
- Conseils d'utilisation
 - Le sens des hélices est le même.
 - Le rendement est faible (40 à 70%) et il dépend des matériaux et de la lubrification.
 - Réduction de 10 à 100.
 - Le profil de la vis est généralement trapézoïdal.



31

LES FAMILLES D'ENGRENAGES

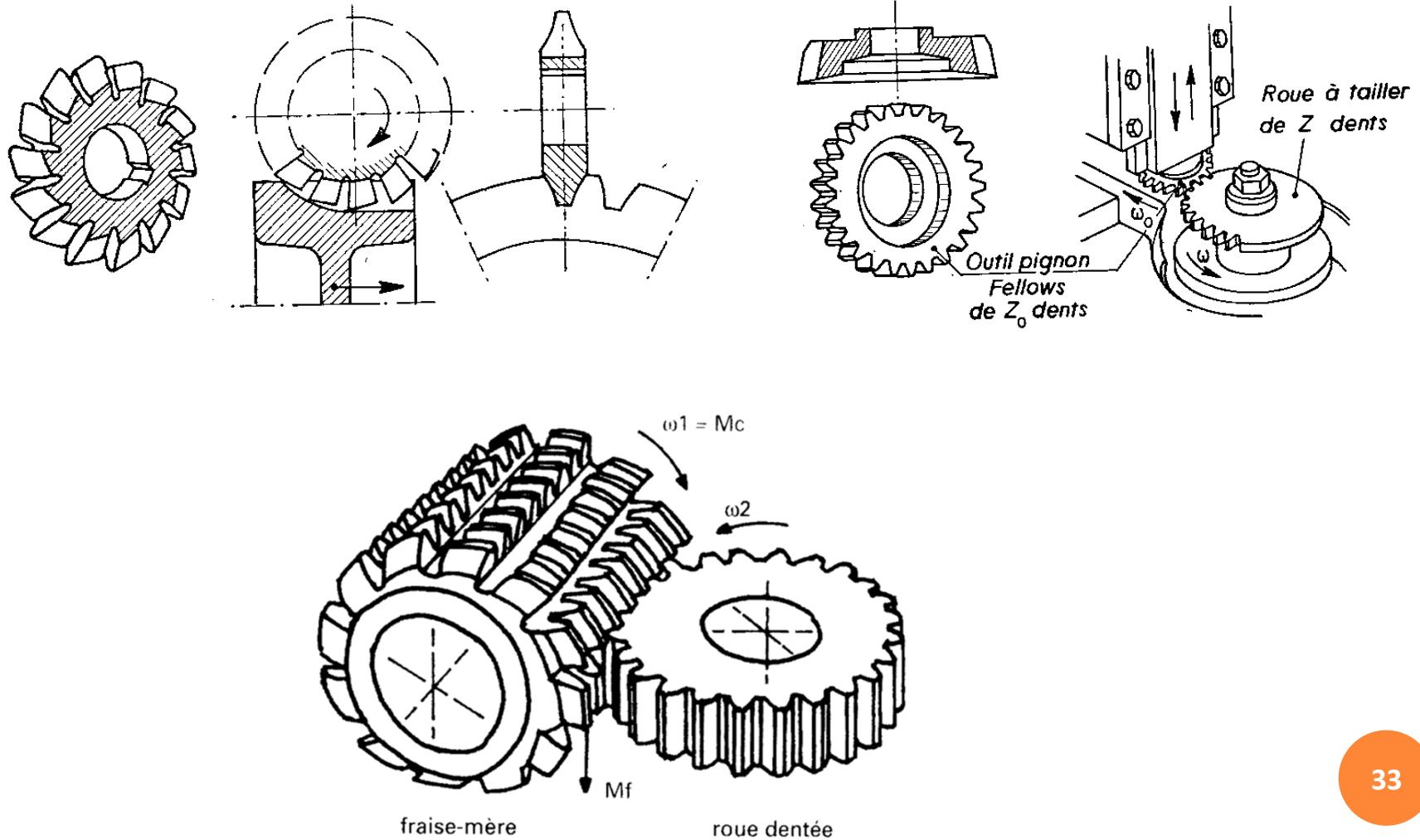
ENGRENAGE CONIQUES

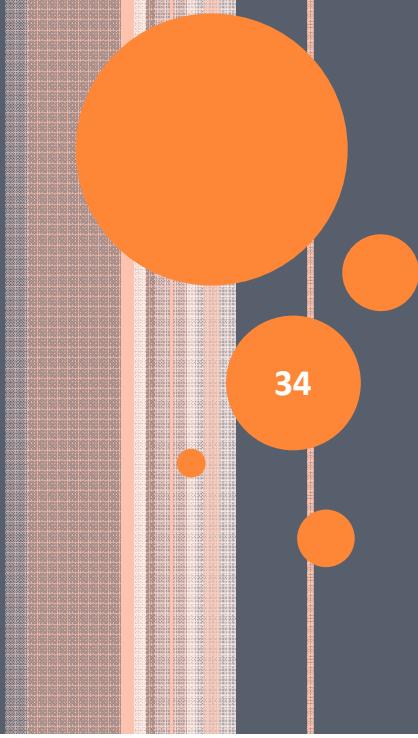


- Les engrenages coniques sont des engrenages à axes concourants. Ils permettent de transmettre le mouvement entre deux arbres concourants, avec un rapport de vitesse rigoureux.
- Les conditions d'engrènement imposent que les deux roues doivent avoir même module et que les sommets des deux cônes soient confondus. Ce dernier impératif oblige le concepteur à un centrage très précis des deux roues pour assurer un fonctionnement correct.
- Il faut donc prévoir au montage un réglage axial des deux roues. On peut utiliser par exemple des boîtiers et des cales de réglage.

32

RÉALISATION DES ENGRENAGES



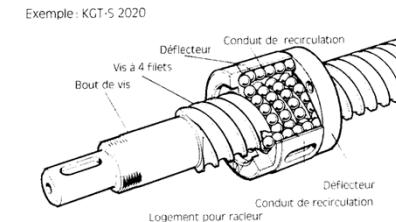
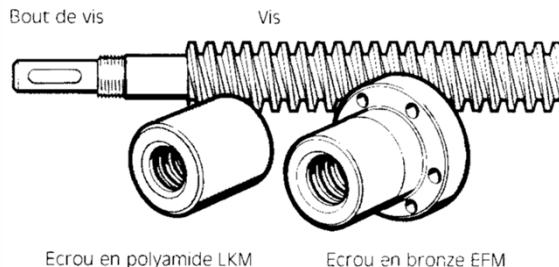


TRANSMISSION D'ÉNERGIE AVEC TRANSFORMATION DE MOUVEMENT

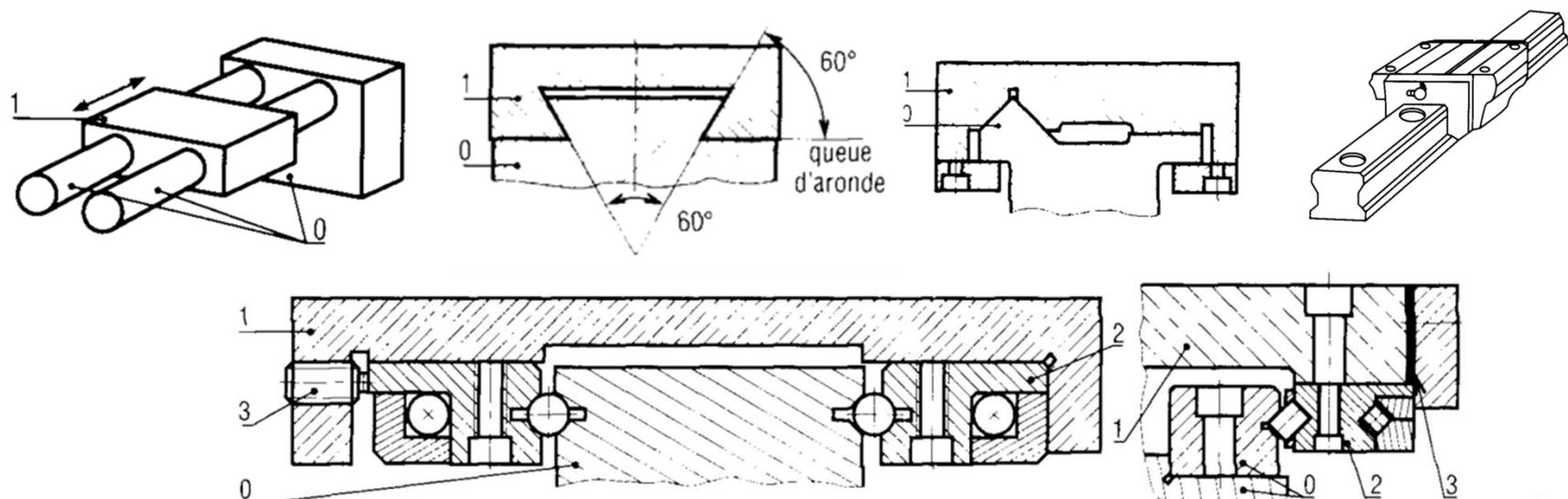
Xavier Pessoles - Jean-Pierre Pupier

LA TRANSMISSION DE PUISSANCE PAR MÉCANISME VIS-ÉCROU

Exemple: TGT-RPTS Tr 20x4

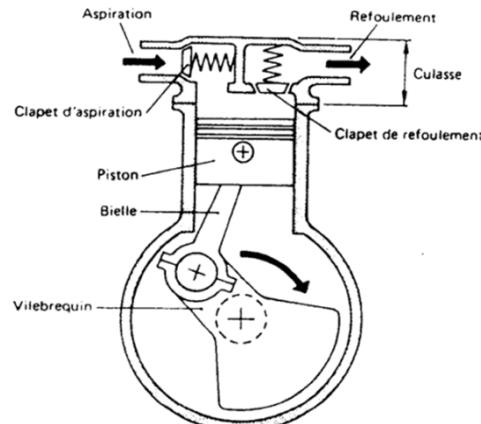


Système vis à billes à filets multiples

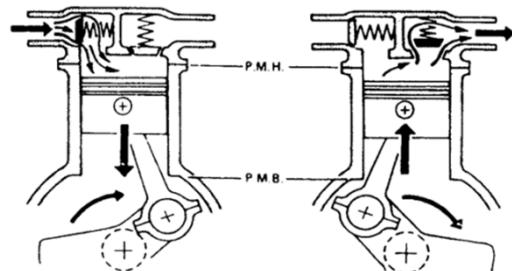


TRANSMISSION DE PUISSANCE PAR MÉCANISMES ARTICULÉS

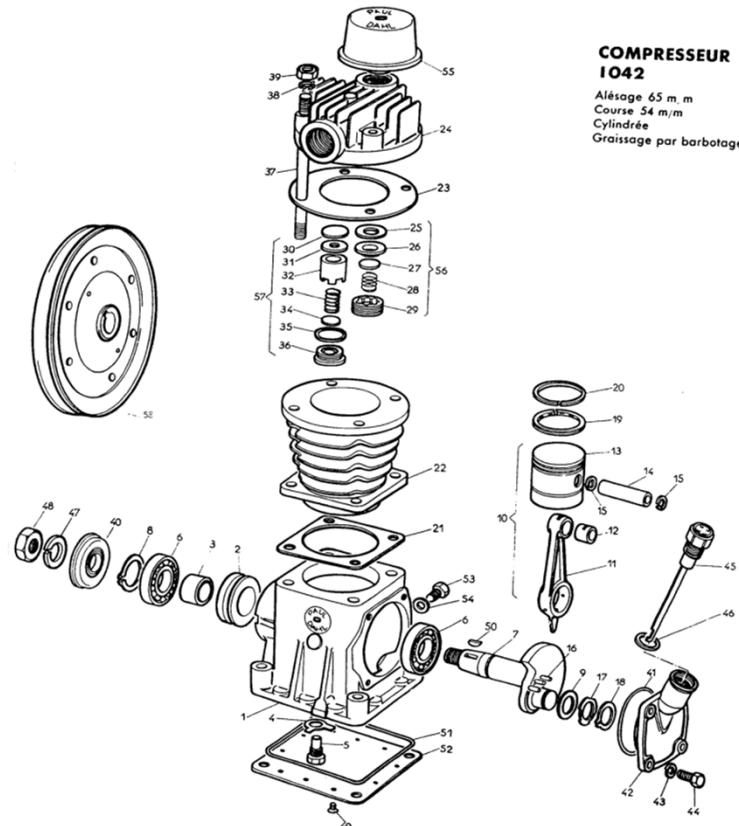
○ Système bielle-manivelle



Coupé schématique d'un compresseur d'air.

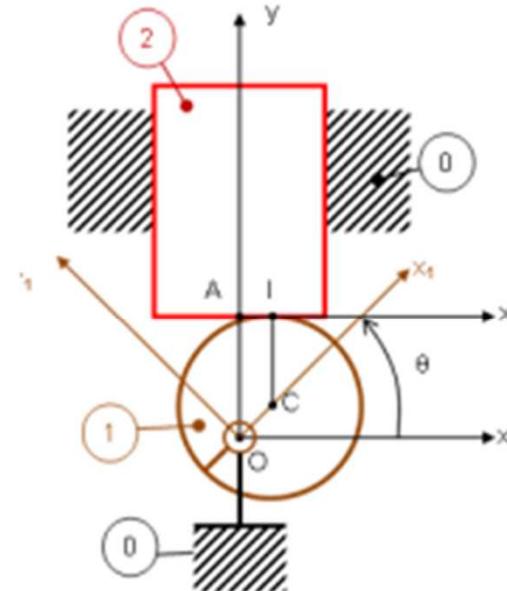
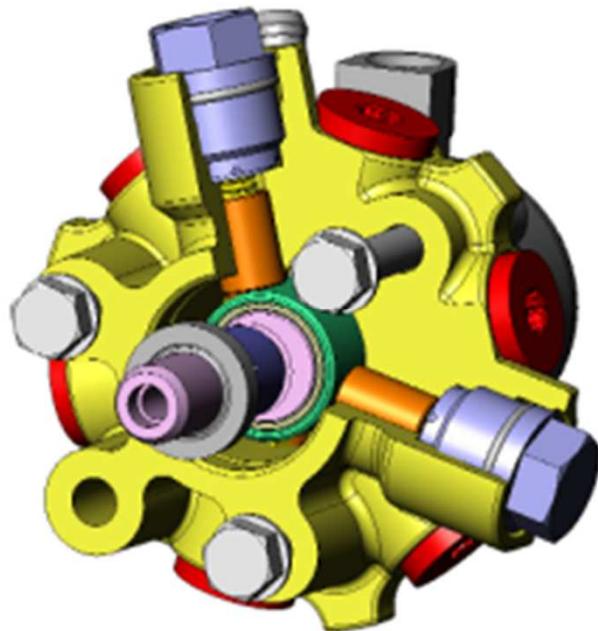


Principe de fonctionnement d'un compresseur d'air.
A gauche : phase aspiration ; à droite : phase refoulement.



TRANSMISSION DE PUISSANCE PAR MÉCANISMES ARTICULÉS

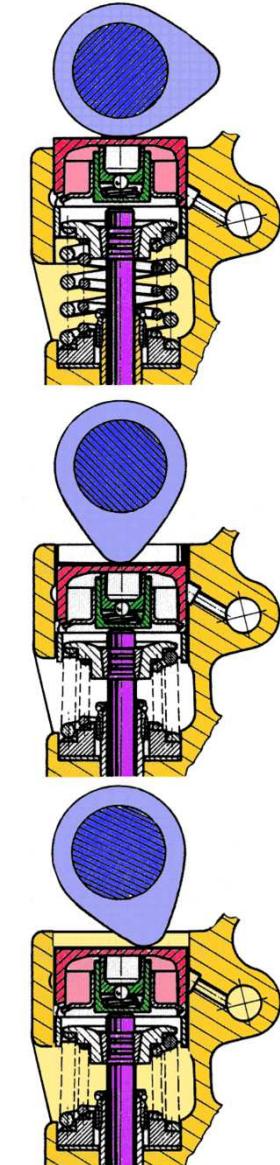
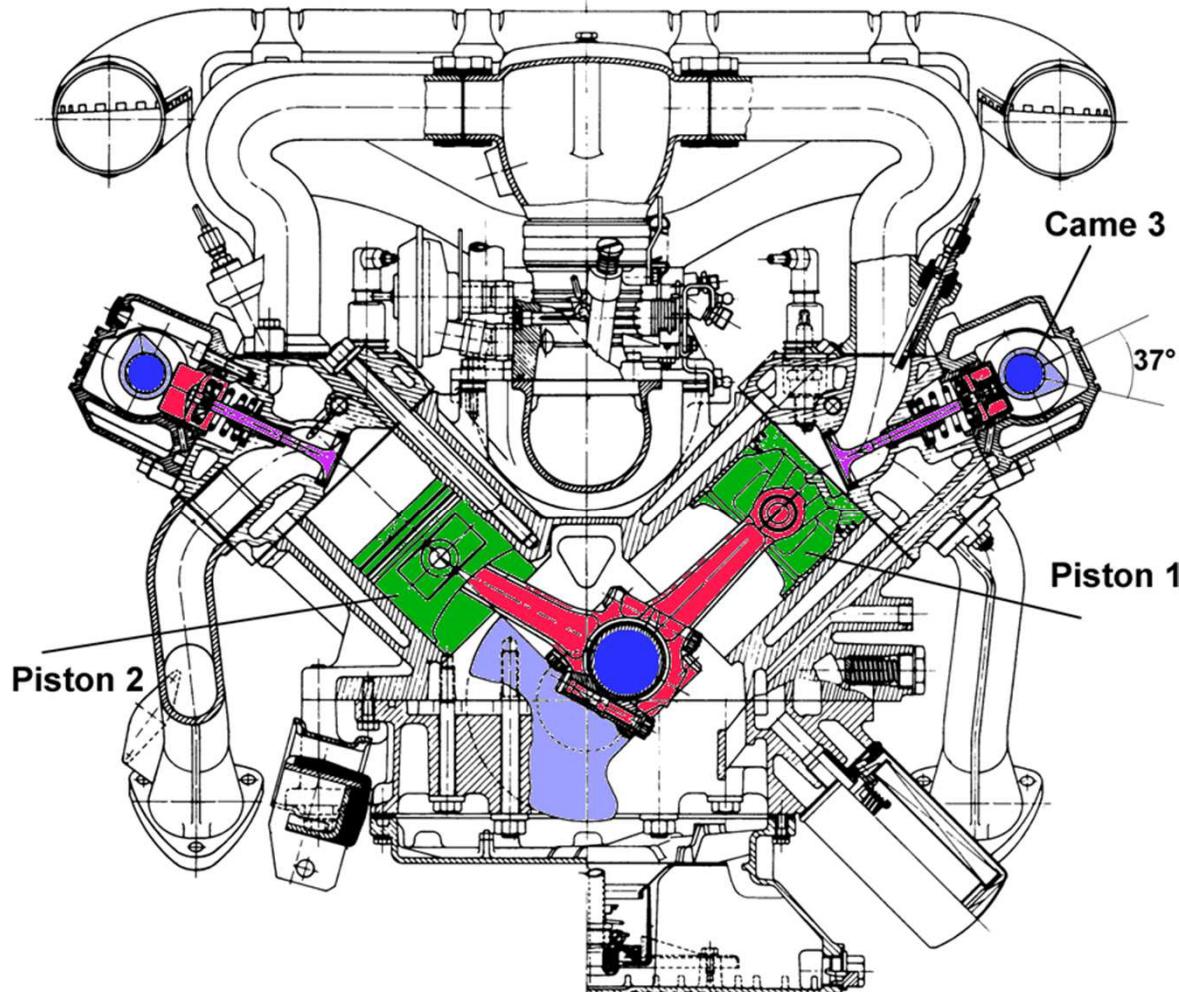
○ Systèmes à excentrique



37

TRANSMISSION DE PUISSANCE PAR MÉCANISMES ARTICULÉS

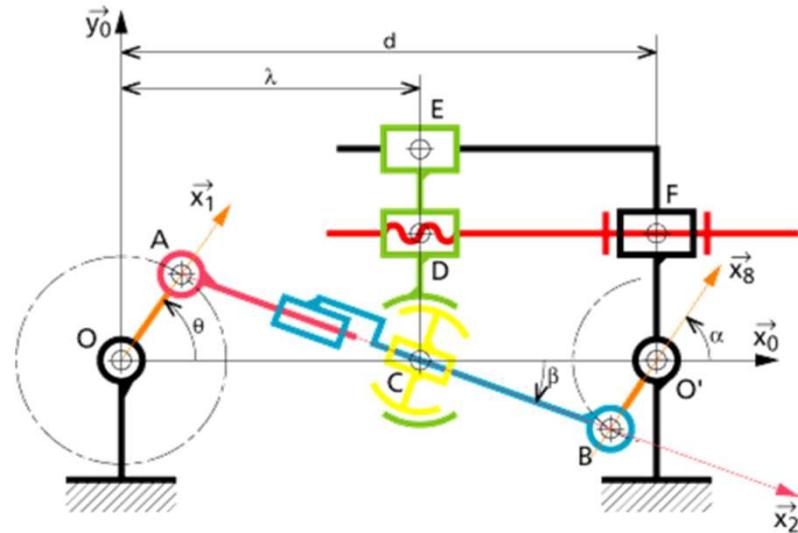
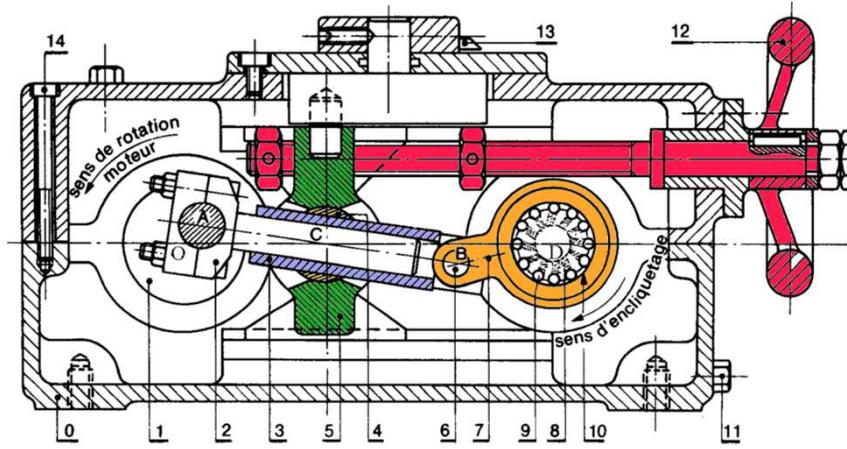
○ Systèmes à excentrique



38

TRANSMISSION DE PUISSANCE PAR MÉCANISMES ARTICULÉS

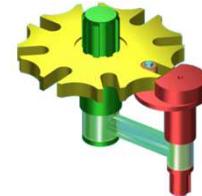
○ Systèmes à excentrique et biellettes



39

TRANSMISSION DE PUISSANCE PAR MÉCANISMES ARTICULÉS

○ Mécanismes de Croix de Malte



- Le mécanisme à croix de malte assure la transformation d'un mouvement de rotation continu en un mouvement de rotation intermittent, appelé couramment pas à pas.
- Ce mécanisme comprend un arbre moteur animé d'un mouvement de rotation continu uniforme, muni de un ou plusieurs manetons, et un plateau mené, muni de rainures, le plus souvent rectilignes. Ce plateau est en liaison encastrement avec l'arbre récepteur.
- Un cycle de fonctionnement comprend, par tour de l'arbre moteur, une ou plusieurs périodes de mouvement, une ou plusieurs périodes d'arrêt.

40

SYSTÈME À VÉRIN FIXE ET BIELLETTE

- La figure représente un modèle cinématique en vue de dessus d'un mécanisme de direction. Il est constitué :
- du pignon de direction (7), lié au volant, en liaison pivot avec le boîtier de direction (1) supposé fixe de la crémaillère(2), associée au piston d'un vérin hydraulique dans le cas d'une direction assistée, lié au boîtier par une liaison pivot glissant
- de deux biellettes de direction (3) et (4), liées à la crémaillère (2) par des rotules de centres B et B'
- des deux ensembles fusées - roues (5) et (6), supposés liés au châssis (1) par deux liaisons modélisées par des pivots
- les ensembles(5) et (6) font par ailleurs l'objet de liaisons rotules de centres C et C' avec les biellettes.
- La translation de la crémaillère, est transformée en rotation des roues.

