

Bloc de compétence N°3-TMI_UEA-054

Le 17/01/2020

FONCTIONS MECANIQUES

1. DEFINITIONS

La **transmission du mouvement** est une [fonction mécanique complexe](#) qui **consiste à transmettre un mouvement d'une pièce à une autre sans en modifier la nature**. Le [type de mouvement](#) demeure le même d'une pièce à l'autre.

Dans certains objets techniques, il est parfois utile de transmettre un mouvement d'une pièce vers une ou plusieurs autres pièces. Lorsque le mouvement issu d'une force d'une pièce mécanique est communiqué à une autre sans qu'il soit transformé, on dit qu'il y a transmission du mouvement. Ainsi, un organe moteur en mouvement transmet l'action à un organe récepteur (ou mené). Les deux organes peuvent être directement en contact ou la transmission peut se faire à l'aide d'un organe intermédiaire.

La plupart des systèmes de transmission du mouvement communique un mouvement de rotation d'une pièce à l'autre. **Les mécanismes peuvent être réversibles ou non (changer de direction)** et ils peuvent modifier le sens de la rotation ou non. Parmi les systèmes de transmission du mouvement, les plus répandus sont les suivants:

- Les roues de friction
- Les poulies et courroie
- Les engrenages (roues dentées)
- Les roues dentées et chaînes
- Les roues et vis sans fin

2. LES ROUES DE FRICTION

Un système de **roues de friction** est composé de deux ou plusieurs roues en contact dont le mouvement de rotation sont transmises par [frottement](#).

Le système de roues de friction est similaire au système d'engrenage à la différence que les roues n'ont pas de dents. La surface des roues est plutôt rugueuse et le frottement entre les pièces doit être suffisamment important pour limiter le glissement et ainsi assurer une transmission efficace du mouvement.

Caractéristiques

- Le sens de rotation est inversé d'une roue à l'autre.
- Le mouvement du système de roues de friction est réversible.

- L'axe de rotation des roues peut changer; on peut donc passer d'une rotation verticale à une rotation horizontale par exemple.
- Il permet de modifier la vitesse de rotation.

Avantages

- Ce système est relativement silencieux.
- Les roues de friction sont économiques, car l'absence de dents rend les roues faciles à construire.

Inconvénients

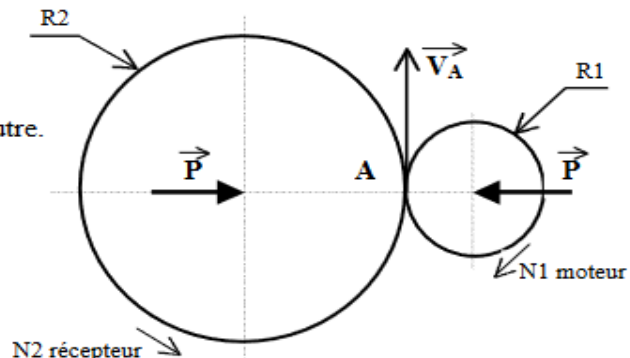
- Les roues ont tendance à glisser les unes sur les autres ce qui ne permet pas toujours une transmission constante du mouvement.
- La présence de saleté ou d'usure dégrade le frottement entre les roues et perturbe le système.
- Le montage des roues de friction nécessite une grande précision afin de garantir le roulement efficace des roues.

Formules de base

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.

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

Données: Effort presseur P
Coefficient de frottement entre roues f



2. RAPPORT DES VITESSES :

Au point A, du fait de l'hypothèse de roulement sans glissement, on a $V_{A1} = V_{A2}$, donc, en appliquant la loi $V = R * \omega$, on obtient $R1 * \omega_1 = R2 * \omega_2$. On peut donc en déduire la relation des vitesses:

$$N1 * R1 = N2 * R2$$

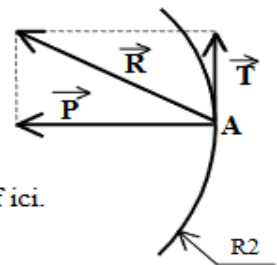
3. COUPLE TRANSMISSIBLE :

Nous allons déterminer le couple maximum que l'on peut obtenir sur la roue réceptrice.

Le couple est transmis par l'effort tangentiel T qui agit sur le rayon $R2$.

On sait (cours sur le frottement) qu'à la limite du glissement, on a $T = N * f \Leftrightarrow T = P * f$ ici.

Donc le couple maximum transmissible vaut : $C = P * f * R2$



Si l'on veut augmenter la puissance transmissible, on peut: - Augmenter l'effort P presseur entre les roues

- Augmenter le coefficient de frottement f

- Augmenter le rayon des roues (peu intéressant)

3. LES POULIES ET COURROIES

Un système de **courroie et poulies** comporte une **poulie** qui, en rotation, entraîne la courroie qui transmet ce mouvement à une seconde poulie.

Caractéristiques

- L'adhérence de la courroie sur les poulies réalise l'entraînement du système.
- Le mouvement des poulies est réversible.
- Lorsque deux poulies sont reliées par une courroie directe, le sens de rotation est le même. Par contre, si les deux poulies sont reliées par une courroie croisée, elles ont des sens de rotation inversés.
- On peut modifier la vitesse de rotation du système en utilisant des poulies de diamètres différents.

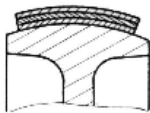
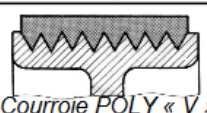
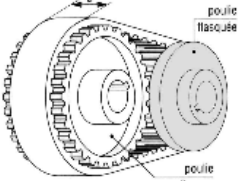
Avantages

- Ce système est relativement silencieux.
- Les poulies et courroie ne requièrent pas de lubrification.
- Ce système permet de transmettre des mouvements très rapides.
- Une courroie peu rigide, utilisée en torsion, permet de relier des poulies qui n'ont pas des axes de rotation parallèles.
- Contrairement au système de chaîne et roues dentées, l'élasticité de la courroie permet d'éviter des à-coups (saccades, soubresauts) et de rendre fluide le mouvement de rotation.

Inconvénients

- La courroie peut glisser des poulies ce qui diminue l'efficacité de la transmission du mouvement.
- Le contact entre les poulies et la courroie doit être exempt de corps gras et d'impuretés.
- La résistance de la courroie est limitée; elle subit une usure normale (la courroie peut se rompre) ou encore peut être non adaptée aux conditions difficiles (par exemple des températures élevées).
- Ce système nécessite une surveillance périodique afin d'éviter un bris éventuel de la courroie.

PRINCIPAUX TYPES DE COURROIES :

TYPES	CARACTERISTIQUES
COURROIES PLATES 	Très silencieuses Transmission de vitesse élevées.
COURROIES TRAPEZOÏDALES   Courroie POLY « V »	Puissance transmissible élevée (emploi de gorges multiples) Courroies poly « V » très utilisées en électroménager.
COURROIES CRANTEES  poulie flasquée poulie sans flasque	Transmission silencieuse sans glissement ($r2/1$ précis) Une des deux poulies doit être flasquée afin que la courroie ne sorte pas des poulies <u>Ex. utilisation</u> : Entraînement de l'arbre à cames de moteurs d'automobile.

Formules de base

RAPPORT DE TRANSMISSION

Le rapport de transmission (r) est égal :

$$r = \frac{n \text{ (poulie menée)}}{n \text{ (poulie menante)}} = \frac{d \text{ (poulie menante)}}{d \text{ (poulie menée)}}$$

VITESSE LINEAIRE D'UNE COURROIE : V

$$V = \omega \times R \quad \text{avec} \quad \omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (\omega \text{ est la vitesse angulaire})$$

m/s rad/s m rad/s tr/min

• EXEMPLE :

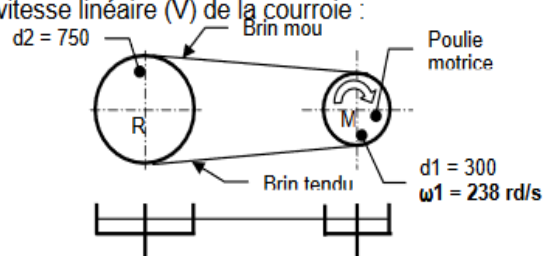
Exemple : Exprimer et calculer le rapport de transmission et la vitesse linéaire (V) de la courroie :

$$r(2/1) = n_2/n_1 = d_1/d_2$$

$$r(2/1) = 300/750 = 0,4$$

$r(2/1) < 1$: C'est un réducteur de vitesse

$$V = \omega_1 \times r_1 = \omega_1 \times (d_1/2) = 238 \times 0,150 = 35,7 \text{ m/s}$$



4. LES ENGRENAGES

Un système d'engrenage est composé de deux ou plusieurs roues dentées qui permettent la transmission d'un mouvement de rotation en s'appuyant l'une sur l'autre.

Un système d'engrenage est généralement utilisé lorsqu'on désire transmettre un mouvement de rotation entre des pièces rapprochées. Les dents des roues dentées impliquées viennent successivement en contact les unes avec les autres; on dit alors qu'elles s'engrènent. L'utilisation de roues dentées résout le problème que pose le système de roues de friction puisqu'il empêche tout glissement.

Caractéristiques

- Il existe plusieurs types d'engrenage: la position des roues et leurs dentures permettent de faire varier l'orientation et la précision de la transmission du mouvement.
- Le système peut être amorcé par n'importe quelle roue et il est réversible.
- Le sens de rotation est inversé d'une roue à l'autre.

- Il permet de modifier la vitesse de rotation.

Avantages

- L'engrenage maintenant la transmission du mouvement constante puisqu'il ne peut pas y avoir de glissement grâce à la denture des roues.
- Ce système peut être de très petite taille ce qui permet de transmettre des mouvements dans de petits espaces.
- Il s'agit d'un système performant, car les vitesses de rotation peuvent être très élevées.

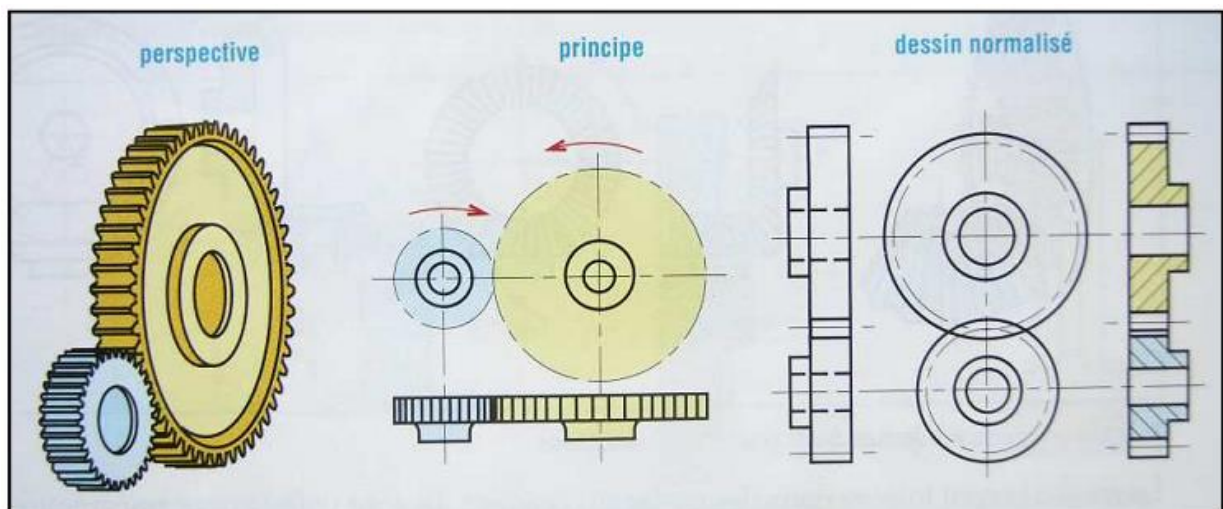
Inconvénients

- Ce système génère beaucoup de bruit et de vibration.
- Son utilisation implique un besoin de lubrification constant.
- Les coûts de fabrication sont élevés, car il faut être précis dans la confection des dents.
- Sa fabrication nécessite un ajustement très précis entre les axes à cause des dents.
- Ce mécanisme ne supporte aucune impureté.

Classification des engrenages

Engrenages droits à denture droite

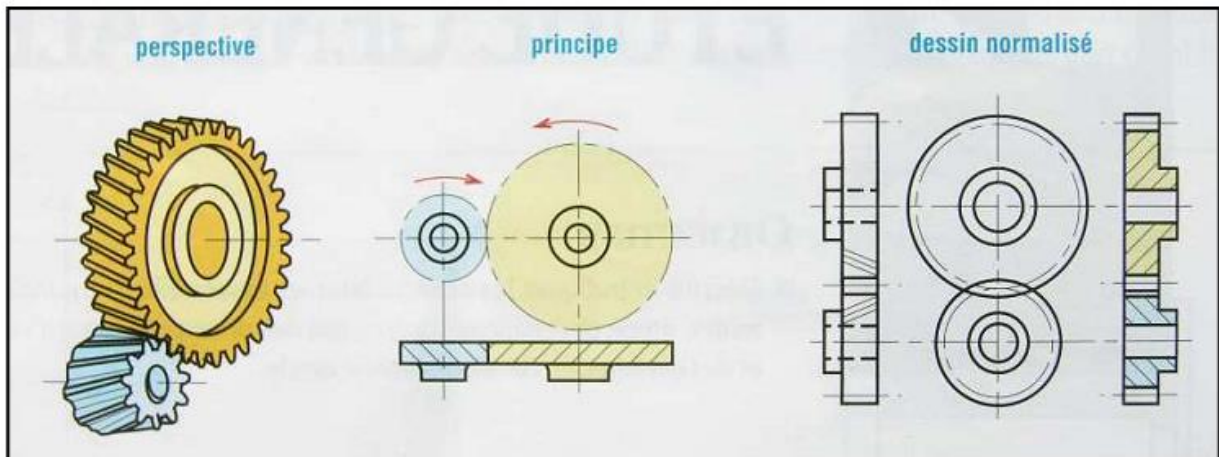
- Les arbres sont parallèles et les dents des deux engrenages sont également parallèles à l'axe de rotation des arbres;
- Ce sont les plus simples et les plus économiques.



Engrenages droits à denture hélicoïdale

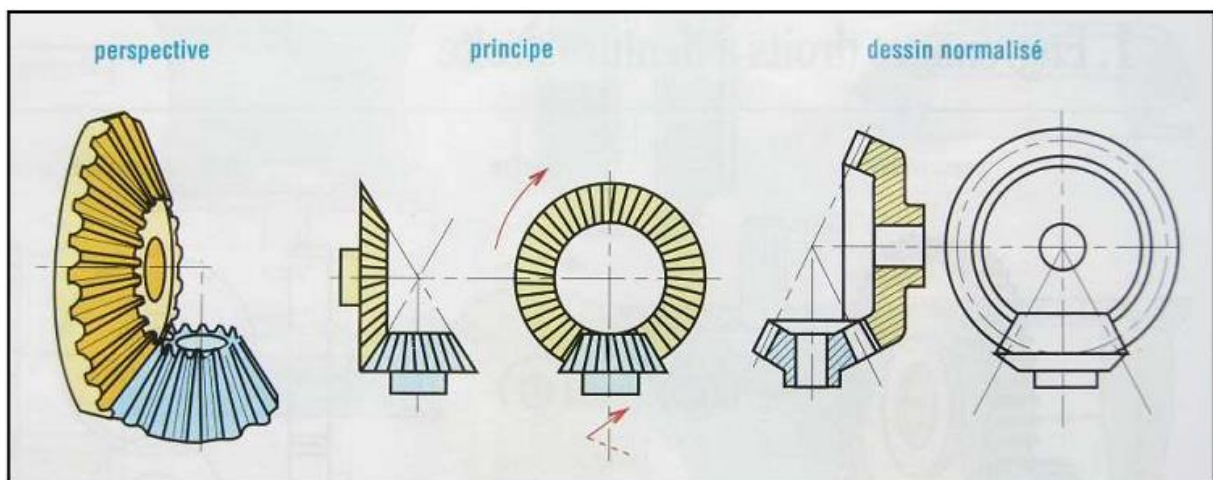
- Les dents des deux engrenages sont inclinés par rapport à l'axe de rotation des arbres;
- À taille égale, ils sont plus silencieux et plus performants que les précédents pour transmettre

- de la puissance et du couple;
- L'inclinaison des dentures engendre des efforts axiaux.

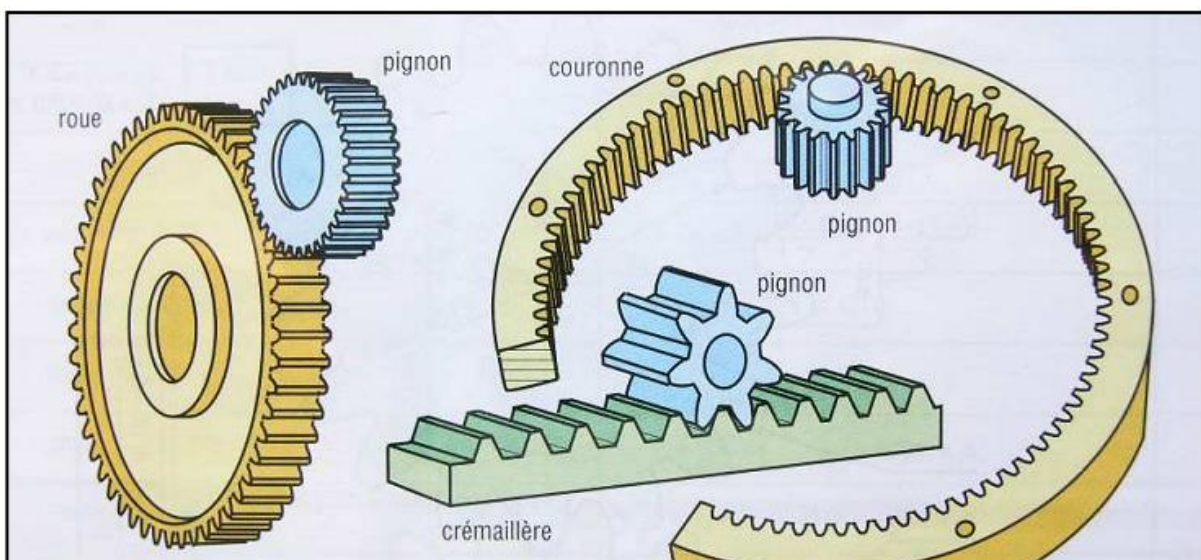


Engrenages coniques

- Les dents sont taillées dans des surfaces coniques;
- Ils sont utilisés pour transmettre le mouvement entre des arbres concourants, perpendiculaires ou non;
- La denture peut être droite mais aussi hélicoïdale ou spirale.

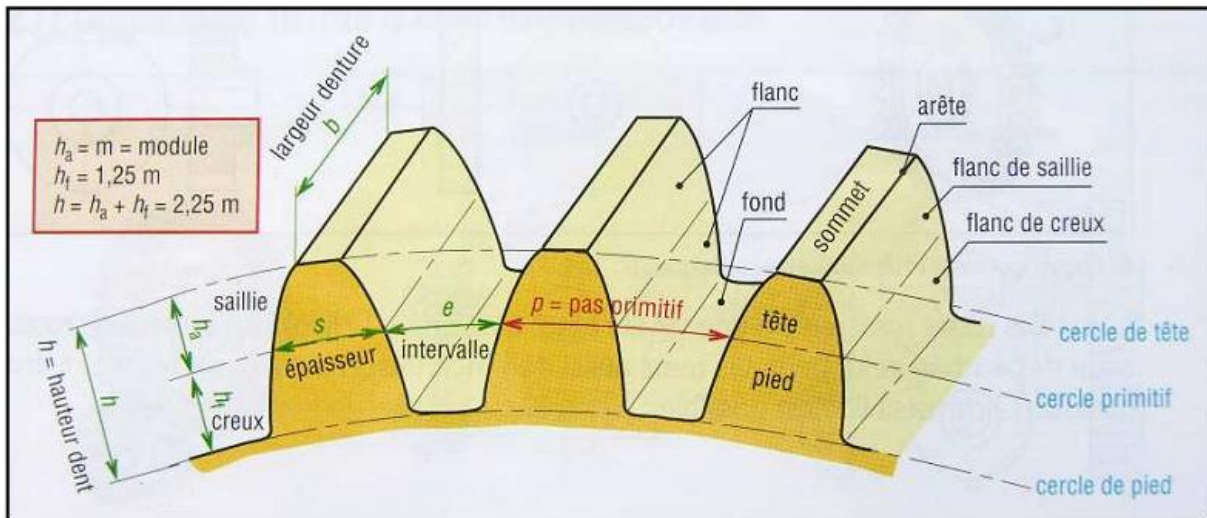


La couronne est également appelée engrenage à denture interne.

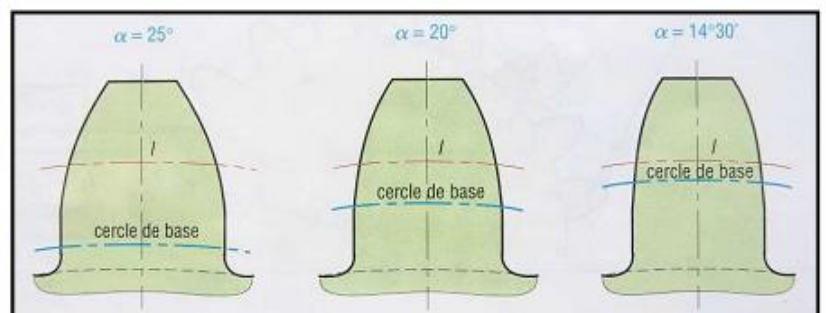
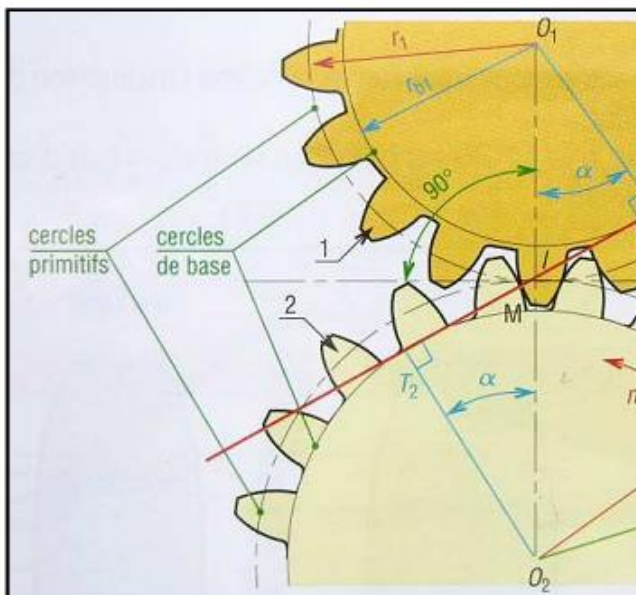


Définition d'un engrenage

La géométrie des engrenages est entièrement décrite par un ensemble de paramètres qui sont également utilisés pour leur normalisation.



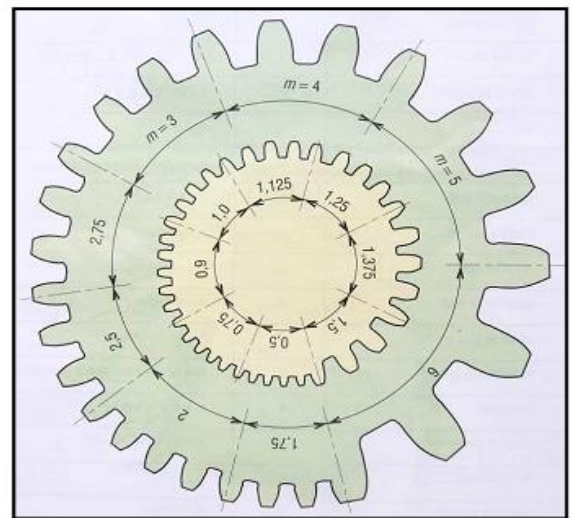
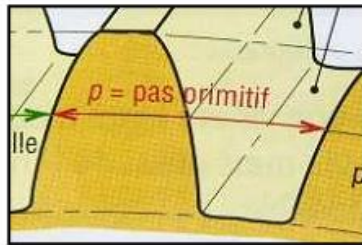
- **Cercle primitif** : Cercle sur lequel se trouvent les points de contact des engrenages.
 - **Cercle de base** : Cercle tangent à la droite normale aux points de contact sur les dents (appelée droite de pression).
 - **Angle de pression α** : angle de la droite de pression qui caractérise aussi la forme des dents.
 - **Cercle de tête** : Cercle correspondant au diamètre maximal de l'engrenage.
 - **Cercle de pied** : Cercle correspondant au diamètre minimal de l'engrenage.
- Ces deux derniers cercles ne sont toutefois pas utilisés dans les calculs d'engrenages



Les paramètres suivants sont fréquemment utilisés dans diverse formules décrivant la géométrie des engrenages:

- **Pas primitif p** : Longueur d'arc entre deux dents successives mesurée sur le cercle primitif.
- **Module m** : Quotient du pas exprimé en mm par le nombre π . L'épaisseur de la dent et sa résistance dépendent du module.

$$m = \frac{p}{\pi} (mm)$$



Formules de base

- Formules relatives à un engrenage seul :

$$m = \frac{p}{\pi} = h_a (mm)$$

$$d = m \cdot Z (mm)$$

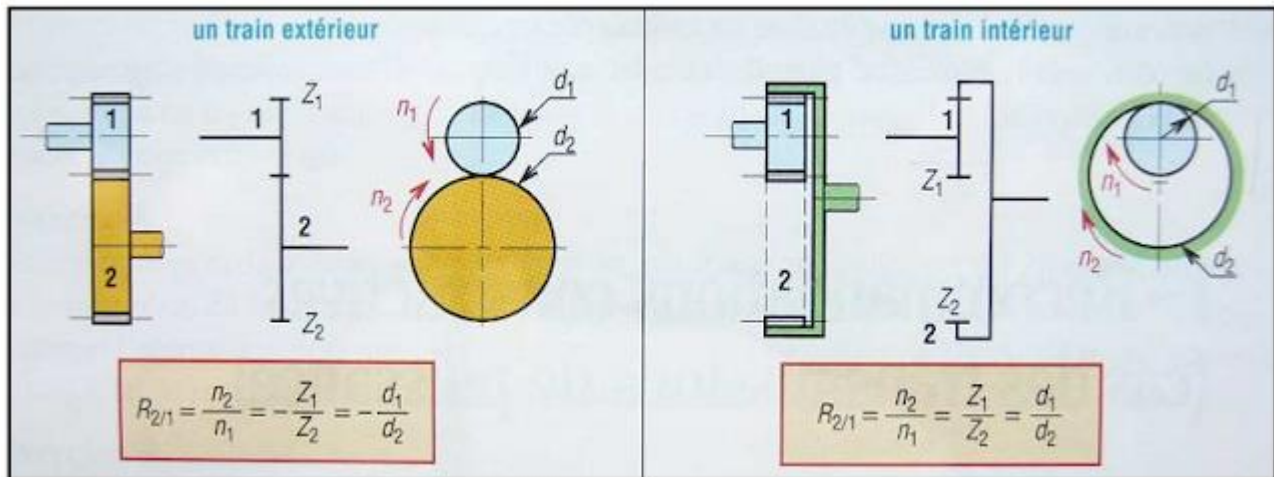
Où

- m : module (mm)
- p : pas primitif (mm)
- h_a : saillie (mm)
- d : diamètre primitif (mm)
- $\pi \cdot d$: circonférence primitive (mm)
- Z : nombre de dents

$$p = \frac{\pi \cdot d}{Z} = \frac{\pi \cdot (m \cdot Z)}{Z} = \pi \cdot m (mm)$$

Les formules de réduction vues précédemment s'appliquent.

- Un signe négatif indique un changement de sens de rotation entre l'entrée et la sortie
- L'indice 1 correspond à l'engrenage d'entrée (pignon)



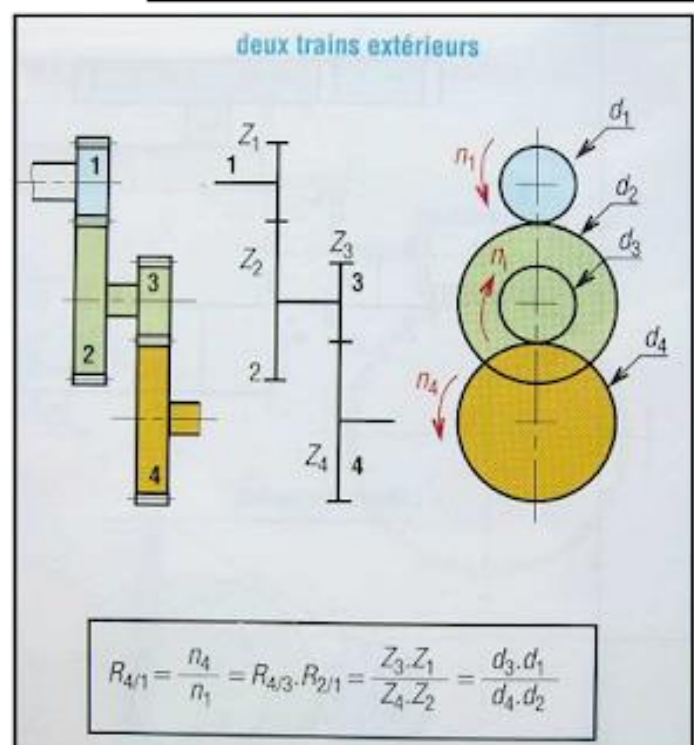
- Formules relatives au fonctionnement d'une paire d'engrenages :

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m \cdot (Z_1 + Z_2)}{2} \quad (mm)$$

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Où a : avec Pignon menant 1 / Roue menée 2

entraxe (mm)
m : module (mm)
d : diamètre primitif (mm)
Z : nombre de dents
 ω : vitesse angulaire (rad/s.)
n : vitesse en tours/minutes
r : rayon primitif
T : couple transmis



Schématisation

Représentation normalisée des engrenages usuels.

Schémas cinématiques (normalisation)			
roue extérieure	roue intérieure	roue conique	roue et crémaillère
denture extérieure	denture intérieure	spirale	à vis globique roue creuse vis tangente
engrenages droits		engrenages coniques	roue et vis sans fin

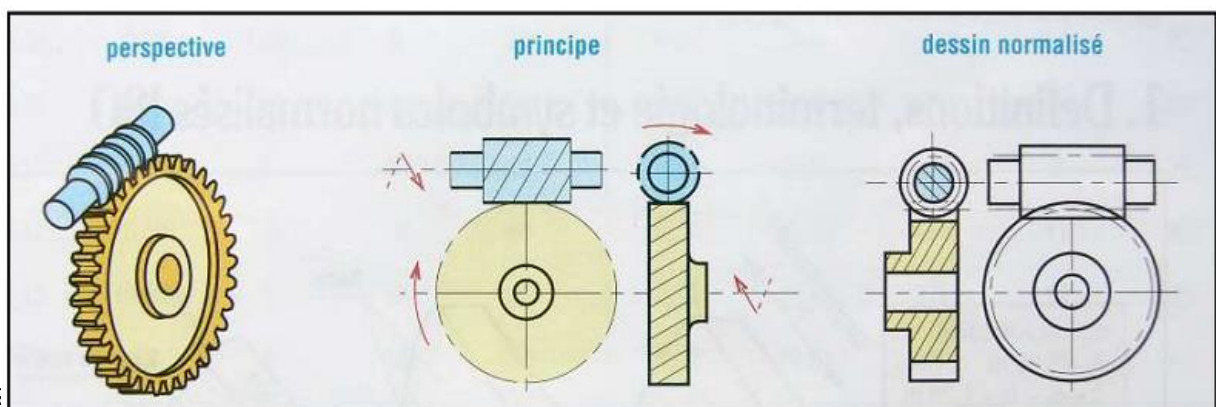
5. ROUES ET VIS SANS FIN

Le système de **roue et de vis sans fin** est composé d'une roue dentée et d'une vis comportant un filetage hélicoïdal.

Dans ce système, le filet de la vis sans fin s'emboîte dans les dents d'une roue dentée. On dit que la vis est sans fin puisqu'elle peut entraîner indéfiniment la roue dentée.

Engrenages roue et vis sans fin

- L'une des roues ressemble à une vis et l'autre à une roue hélicoïdale;
- Le sens de rotation de la roue dépend de celui de la vis mais aussi de l'inclinaison de la denture, filet à gauche ou à droite;
- L'irréversibilité est possible.



Caractéristiques

- Un tour complet de la vis sans fin fait tourner la roue dentée d'une seule dent.
- Il s'agit d'un mouvement irréversible, car le mouvement peut être amorcé seulement par la vis. Si on tente d'amorcer le mouvement par la roue dentée, la vis refuse de tourner et se bloque.
- L'utilisation de ce système modifie l'axe de rotation. En effet, la roue dentée effectuera une rotation perpendiculaire à celle de la vis sans fin.
- Ce système permet de réduire la vitesse ou encore d'augmenter la force dans un objet.

Avantages

- Aucun glissement n'est possible dans ce système.
- On peut considérablement réduire la vitesse à l'aide de ce système.
- Ce système ne se desserre pas lorsqu'on relâche la vis sans fin; il permet de bloquer un serrage.
- Ce système offre un ajustement très précis.

Inconvénients

- Pour fonctionner, il doit y avoir un ajustement précis des dents de la roue avec le pas de vis.
- Le système de roue et de vis sans fin est difficile à construire.
- Il a tendance à s'user rapidement.

Formules de base

Différence principale au niveau du calcul de l'entraxe a .

$$\frac{n_R}{n_V} = \frac{Z_V}{Z_R} = \frac{T_V}{T_R}$$

$$\frac{n_R}{n_V} \neq \frac{d_V}{d_R}$$

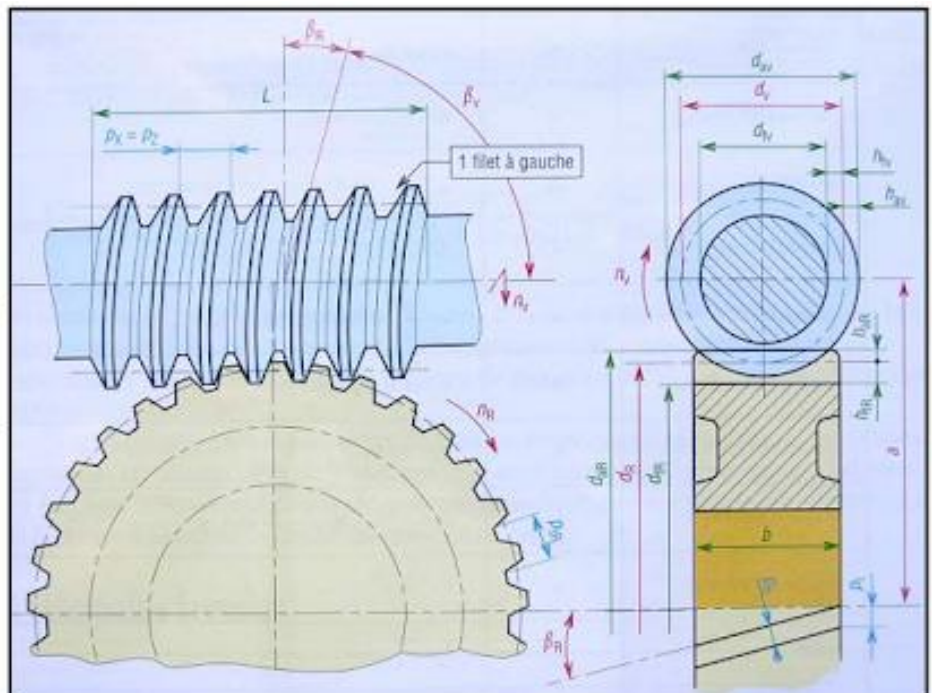
$$a = \frac{m_n}{2} \left(\frac{Z_V}{\sin \beta_R} + \frac{Z_R}{\cos \beta_R} \right) (mm)$$

Z_V : nb. de filets de la vis

m_n : module réel (mm)

β_R : angle d'hélice de la roue

Autres paramètres comme précédemment



6. ROUES DENTÉES ET CHAINES

Le système de **chaîne et roues dentées** permet **la transmission d'un mouvement de rotation entre deux roues dentées ou plus par l'intermédiaire d'une chaîne**.

L'entraînement d'un système de chaîne et roues dentées se fait grâce aux maillons de la chaîne qui s'emboîtent dans les dents de la roue. Les roues dentées du système sont les organes moteur et récepteur alors que la chaîne est l'organe intermédiaire. **Ce système permet de transmettre un mouvement de rotation à distance tout comme le système de [courroie et poulies](#).**

Caractéristiques

- Les sens de rotation de la roue d'entrée et de la roue de sortie sont identiques.
- Les mouvements des roues dentées et de la chaîne sont réversibles.
- La vitesse de rotation du système peut être modifiée en changeant soit le nombre de dents des deux roues, soit leurs diamètres.

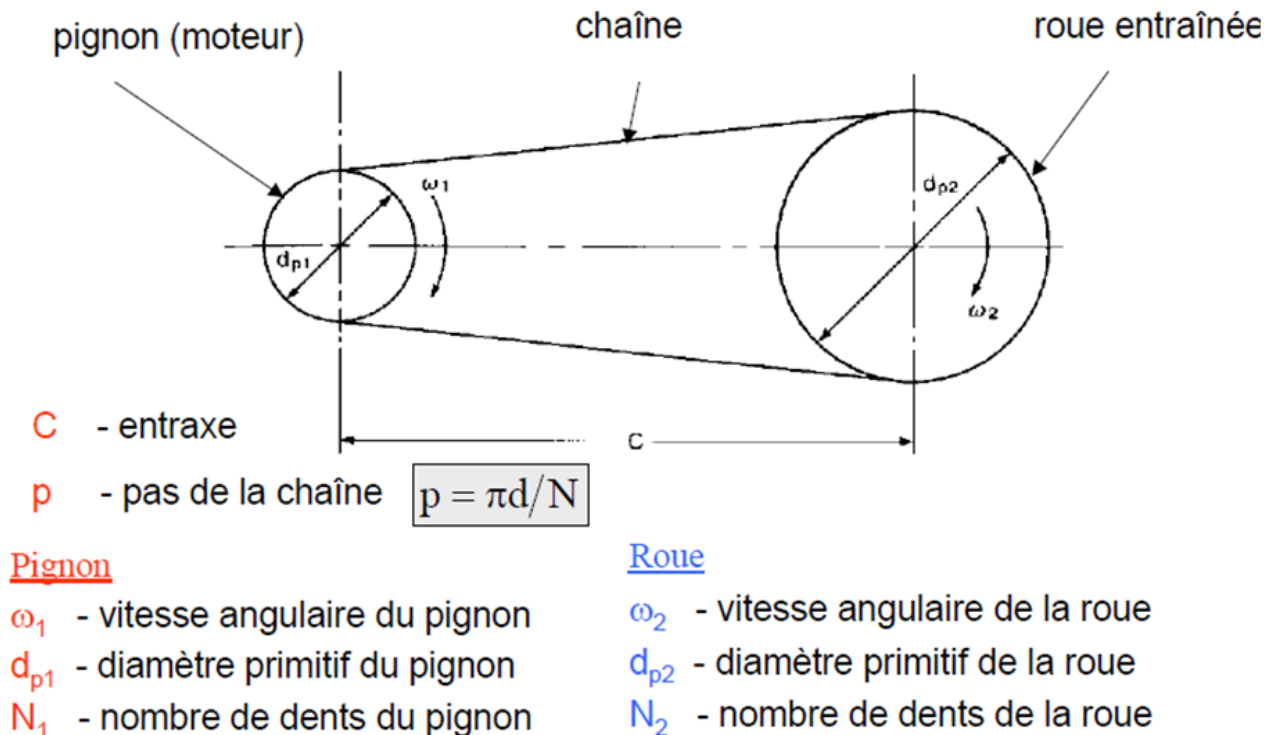
Avantages

- L'utilisation d'une chaîne qui s'emboîte sur les dents des roues empêche tout glissement.
- Ce type de système permet d'appliquer de grandes forces sur la roue motrice pour entraîner le mouvement.

Inconvénients

- Le système de chaîne et roues dentées est source de bruit et de vibration.
- Ce système exige une lubrification constante afin d'éviter l'usure prématurée de la chaîne.
- La tension de la chaîne doit être périodiquement ajustée.
- La vitesse de rotation des roues dentées a une certaine limite, car la chaîne a tendance à dérailler lorsqu'elle n'est pas assez tendue ou lorsque le mécanisme tourne trop vite.
- Les axes des roues doivent être rigoureusement parallèles.
- Les coûts d'installation sont généralement élevés.

Formules de base



Estimation de la longueur:

N_1 : nombre de dents du pignon moteur

N_2 : nombre de dents de la roue dentée

P : pas de la chaîne

$$L \approx 2C + \frac{p(N_1 + N_2)}{2} + \frac{p^2}{C} \left(\frac{N_2 - N_1}{2\pi} \right)^2$$

Calcul de la vitesse linéaire sur le brin tendu:

$$v = \frac{n_1 p N_1}{60 \cdot 1000} \text{ (m/s)}$$

7. DEFINITIONS

La **transformation du mouvement** est une [fonction mécanique complexe](#) qui consiste à transmettre un mouvement d'une pièce à une autre, tout en modifiant sa nature. Le [type de mouvement](#) change, soit d'un mouvement de rotation à un mouvement de translation ou inversement.

Dans certains objets techniques, le mouvement d'une pièce provoque celui d'autres pièces. Toutefois, le type de mouvement de l'organe moteur change lorsqu'il est transmis à l'organe récepteur. Ainsi, un mouvement de translation de l'organe moteur peut provoquer un mouvement de rotation chez l'organe récepteur. L'inverse est aussi possible. Parmi les systèmes de transformation du mouvement, on retrouve les systèmes suivants:

- Le système à vis et écrou
- Le système à bielle et manivelle
- Le système à pignon et crémaillère
- Le système à came et tige-poussoir

8. LE SYSTÈME VIS /ECROU

Le **système à vis et écrou** permet de transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation en combinant les mouvements d'une vis et d'un écrou.

Il existe deux types de systèmes à vis et écrou. Dans certains systèmes, c'est la vis qui joue le rôle d'organe moteur. Dans ce cas, le mouvement de rotation de la vis se transforme en mouvement de translation pour l'écrou. Dans d'autres systèmes, c'est plutôt l'écrou qui constitue l'organe moteur. Dans ce cas, le mouvement de rotation de l'écrou se transforme en mouvement de translation pour la vis.

Ce mécanisme est irréversible; il ne peut qu'être amorcé par une rotation de l'organe moteur. En effet, une translation de la vis ou de l'écrou bloque le mécanisme.

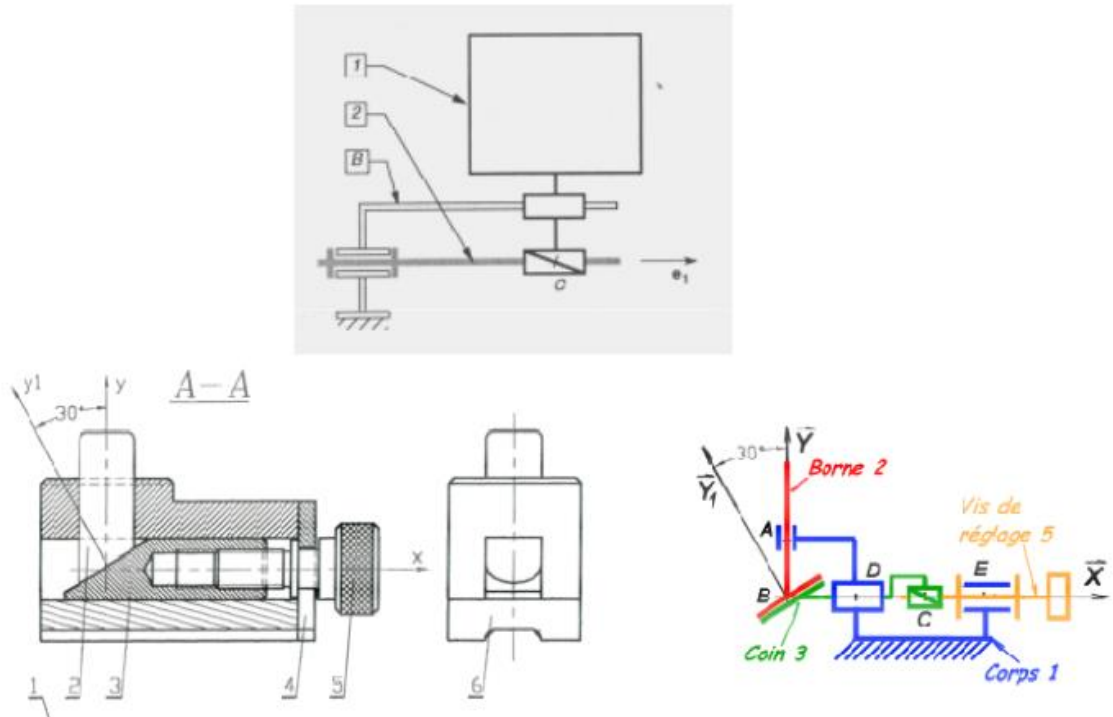
Avantages

- Ce mécanisme permet d'exercer des forces et des pressions importantes.
- Il permet aussi des ajustements fins.

Inconvénients

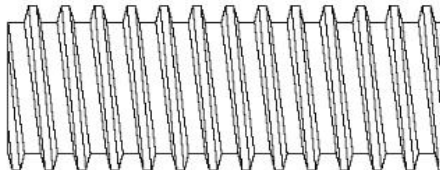
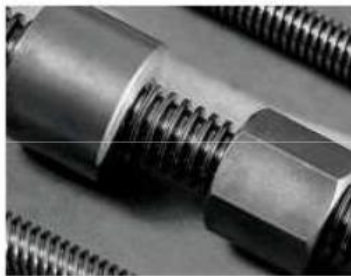
- Ce mécanisme génère beaucoup de frottement.
- Sa fragilité peut entraîner des problèmes de guidage.
- Le système est lent à moins d'avoir un pas de vis important.

Principe

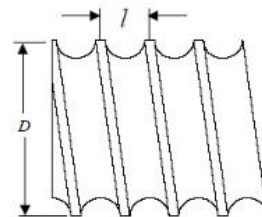
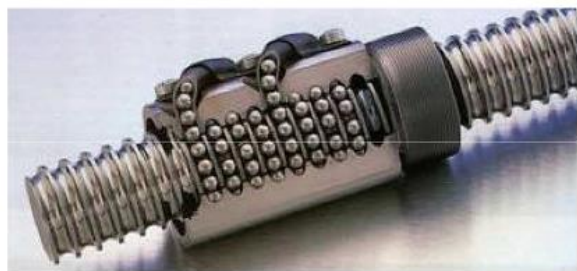


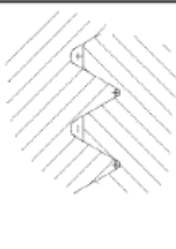
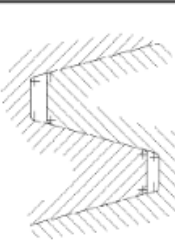
2 types principaux

Vis à filets trapézoïdaux,
carrés, triangulaires



Vis-écrou à billes



Triangulaire ISO (métrique)	Trapézoïdal : TR	Filet rond	Filet carré	Filet WHITWORTH Filet du gaz	Filet ART (pour artillerie)
					
$\alpha=30$	$\alpha=15$			$\alpha=22.5$	
fabrication : très facile	fabrication : assez facile	fabrication : très difficile	fabrication : difficile	fabrication : difficile	fabrication : assez facile
rendement : médiocre	rendement : bon	rendement : médiocre	rendement : très bon	rendement : médiocre	rendement : très bon ou bon suivant le sens
résistant	résistant	très résistant au choc	peu résistant	résistant	assez résistant
Utilisation : Organes d'assemblage : Vis ...	Utilisation : transformation de mvt.	Utilisation : très résistant au choc : attelage (train)	Utilisation : transformation de mvt. non normalisé	Utilisation : raccord, étanchéité , canalisation...	Utilisation : transformation de mouvement vis de presse..

Exemples d'application

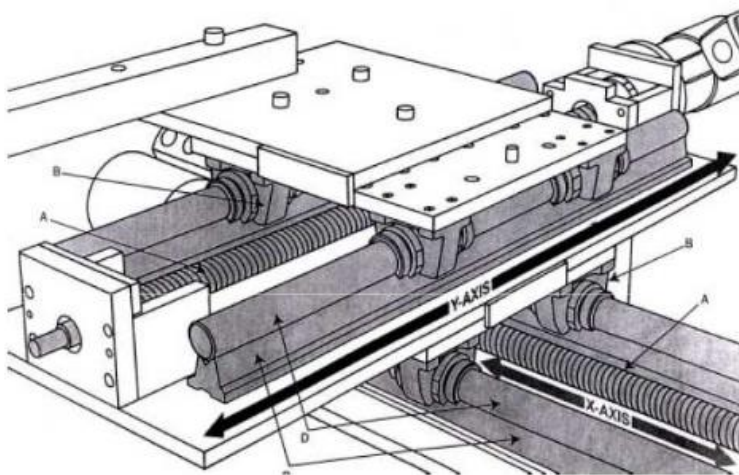


Table XY

Tour



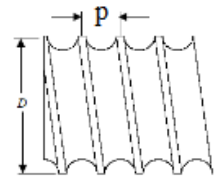
Formules de base

Transformation de mouvement

Pas : distance parcourue par l'écrou pour un tour de vis

Le pas réel (hélicoïdal) dépend du nombre n de filets

→ $p_h = n.p$ p : pas du profil



Vis à 1, 2, 4 ou 6 filets

Vis à billes : pas de 5 et 10 mm pour un filet
pas de 20 et 40 pour 4 filets

$$x = p \frac{\theta}{360}$$

$$N = \frac{V}{p}$$

x : distance parcourue
 θ : angle de rotation en °

N : vitesse de rotation en tr/min
 V : vitesse d'avance en mm/min

9. LE SYSTÈME BIELLE/MANIVELLE

Le **système à bielle et manivelle** transforme un mouvement de rotation en mouvement de translation alternatif (mouvement de va-et-vient rectiligne) et vice versa.

Dans ce système, la bielle est la tige rigide liée par une liaison pivot à ses deux extrémités alors que la partie «manivelle» représente la pièce sur laquelle on peut appliquer un mouvement de rotation. Le contact entre la bielle et la manivelle est essentiel afin que le mouvement puisse être transmis dans le système. Le mouvement est généralement initié par la rotation de la manivelle qui transmet un mouvement de translation alternatif à la bielle. Toutefois, la bielle peut aussi jouer le rôle d'organe moteur dans certains systèmes. Il s'agit donc d'un système réversible puisque l'organe moteur peut être à la fois la bielle et la manivelle.

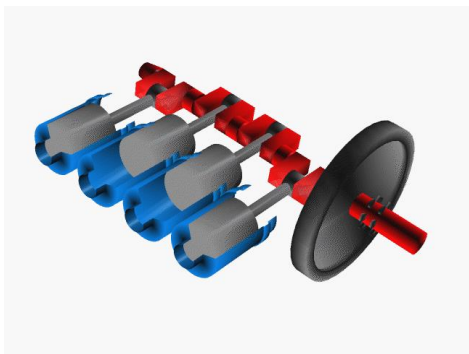
Il est à noter que la bielle, parfois organe récepteur, peut aussi être un organe intermédiaire qui transmettra le mouvement de translation à une autre pièce, par exemple à un piston. Dans un moteur à combustion, le système à bielle et à manivelle occupe une place importante. Le piston est relié à la bielle qui elle est reliée à la manivelle qui entraînera le vilebrequin. Ainsi, en remontant, le piston comprime le mélange de gaz dans le cylindre.

Avantage

- Ce mécanisme peut fonctionner à grande vitesse.

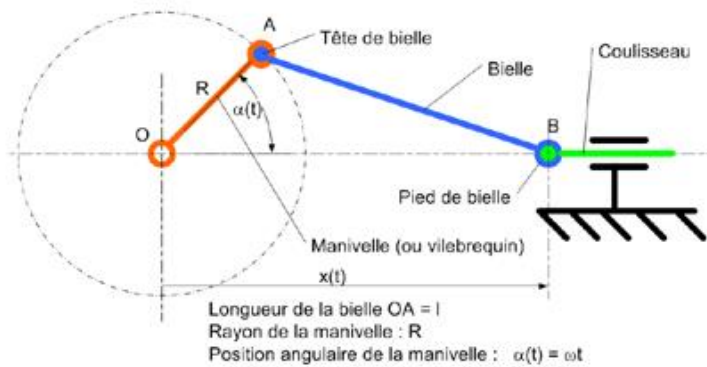
Inconvénient

- Il y a beaucoup de frottement dû aux nombreuses articulations de ce système. Il faut alors beaucoup de lubrification.



Autres exemples: Moteurs à essence, moteurs à diesel, pompes, respirateurs en médecine, locomotives à vapeur, ancienne machine à coudre, rouet, meule, etc.

Formules de base

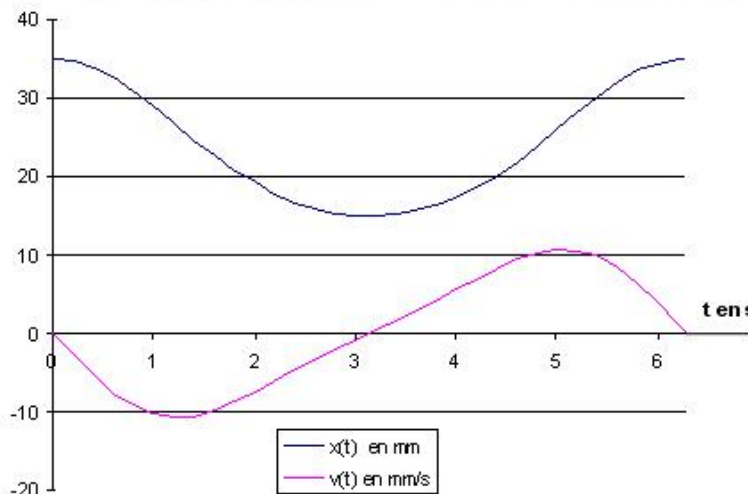


Dans un système bielle-manivelle, à une vitesse constante de la manivelle correspond une vitesse de forme sinusoïdale du déplacement et de la vitesse.

$$x(t) = R \cos \omega t + \sqrt{l^2 - R^2 \sin^2 \omega t}$$

$$v(t) = -R \sin \omega t \left[\sin \omega t + \frac{1}{2} \cdot \frac{R \sin 2\omega t}{\sqrt{l^2 - R^2 \sin^2 \omega t}} \right]$$

On observe sur les graphes qu'à chacun des "points morts" haut et bas la vitesse est nulle.



Graphes correspondants aux données ci-dessous :

- R = 10 mm
- l = 25 mm
- $\omega = 1$ rad/s
- pour 1 tour de manivelle soit 6,28s

L'expression de l'accélération d'un point du coulisseau est trop complexe pour pouvoir être exploitée ici mais les effets d'inertie qu'elle engendre sont très importants et limitent la vitesse de rotation de la manivelle.

10. LE SYSTÈME PIGNON/CREMAILLERE

Le **système à pignon et crémaillère** transforme le mouvement de rotation du pignon en un mouvement de translation de la crémaillère ou vice versa.

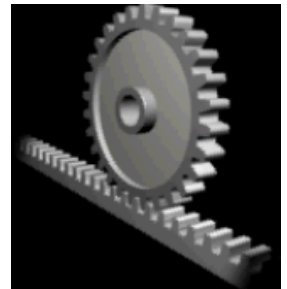
Ce système comprend une roue dentée qu'on appelle « pignon » et une tige dentée qu'on appelle « crémaillère ». Lorsque le pignon tourne, ses dents s'engrènent dans les dents de la crémaillère et entraînent cette dernière dans un mouvement de translation. À l'inverse, si l'on fait bouger la crémaillère, les dents de la crémaillère s'engrèneront dans les dents du pignon qui subira alors un mouvement de rotation. Il s'agit donc d'un système **réversible**.

Avantages

- Il n'y a aucun glissement lors de la transformation de ce mouvement.
- La force de ce système est relativement grande.

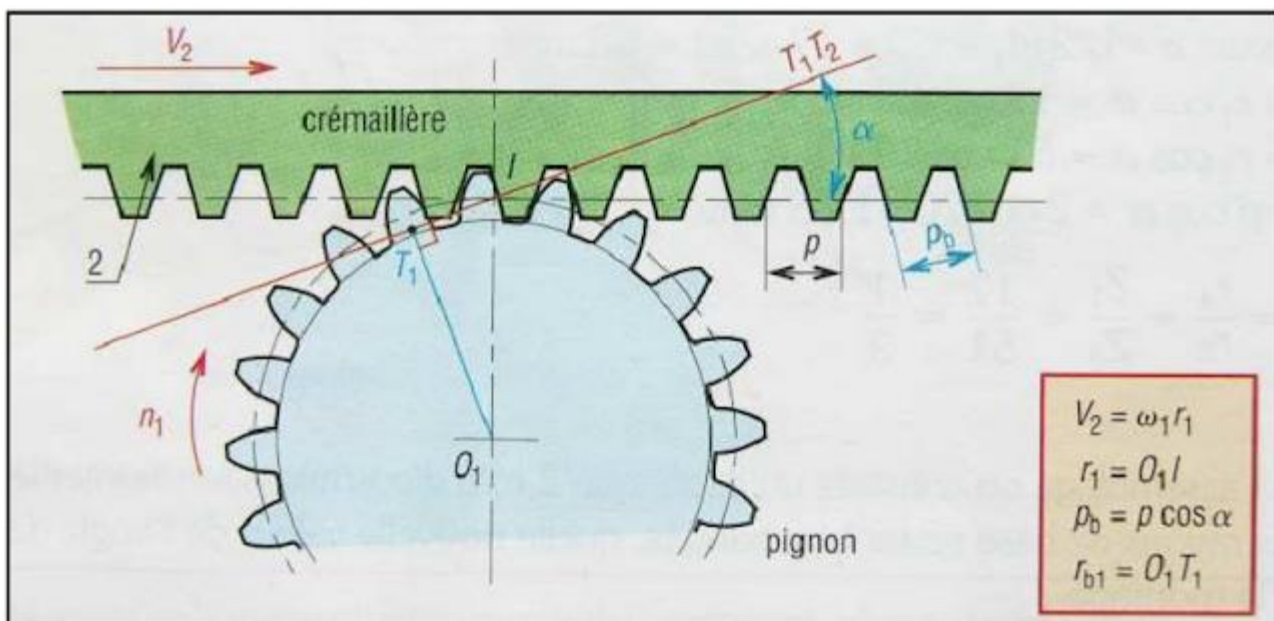
Inconvénients

- Les engrenages qui sont utilisés peuvent nécessiter une lubrification importante.
- Ce mécanisme nécessite un ajustement précis à cause des dents entre la roue et la crémaillère.
- Il y a beaucoup d'usure.
- Ce n'est pas un mouvement cyclique, c'est un mouvement fini (on doit s'arrêter lorsqu'on est rendu au bout de la crémaillère).



Formules de base

Les formules relatives aux paires d'engrenages ne peuvent plus s'appliquer ici.



11. LE SYSTÈME CAME /TIGE POUSSOIR

Le **système de came et tige-poussoir** (aussi appelée tige guidée) permet de transformer le mouvement de rotation de la came en un mouvement de translation alternatif (de va-et-vient) de la tige-poussoir.

On appelle «**came**» **une roue qui a la forme d'un œuf**. La came peut aussi être un disque de forme irrégulière ou un disque dont le pivot est décentré. Dans ce cas, on parle d'«**excentrique**». On appelle «**tige-poussoir**» ou «**tige guidée**» **la tige qui est appuyée sur la came**. Lorsque la came tourne, la tige-poussoir effectue un mouvement de translation alternatif (mouvement de va-et-vient rectiligne). Ce système est **irréversible** puisqu'il ne peut être actionné que par la came

Avantages

- On peut configurer la came de façon à faire varier le déplacement de la tige d'un mouvement de translation à un autre.
- Il n'y a aucun glissement, le rapport de vitesse est constant.
- Ce système permet une réduction considérable de la vitesse.

Inconvénients

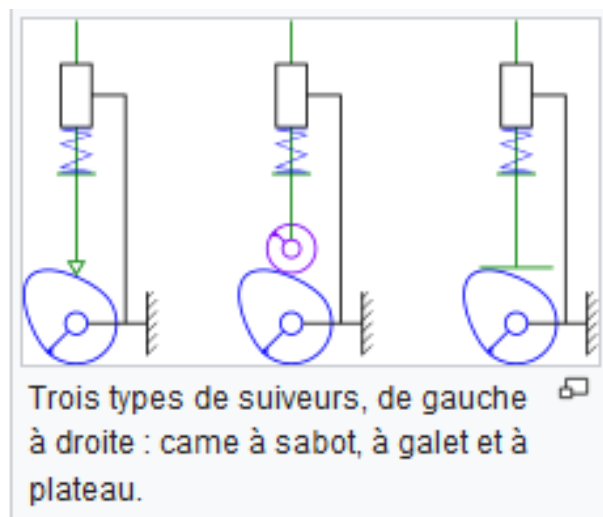
- La tige doit être guidée en translation.
- Il faut généralement un ressort de rappel pour permettre à la tige de s'appuyer continuellement sur la came.
- Le risque de vibrations importantes est présent si la came tourne à grande vitesse.

Types de cames

On peut classer les cames en plusieurs familles :

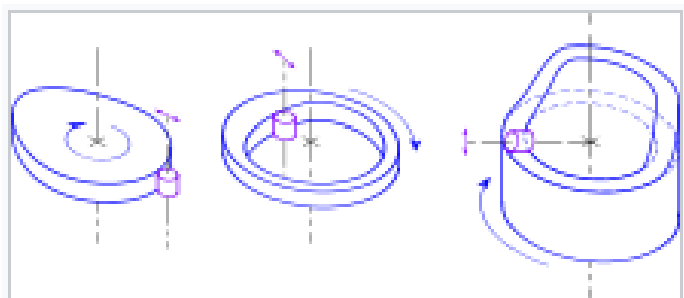
Selon le système suiveur

- **came à sabot (tige arrondie)**
- **came à galet**
- **came à plateau.**

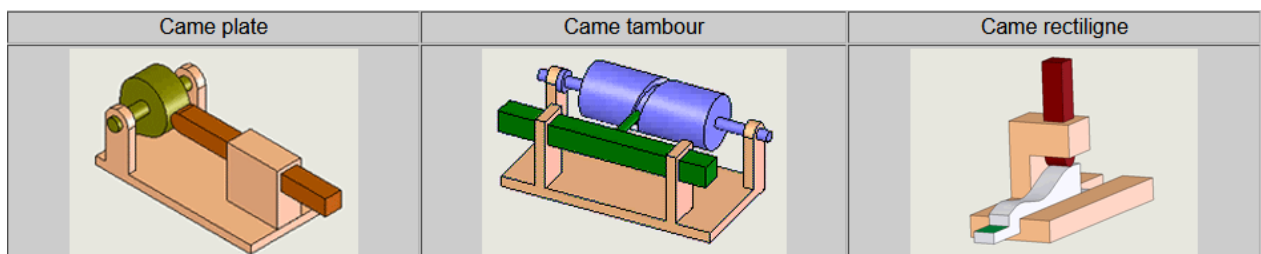
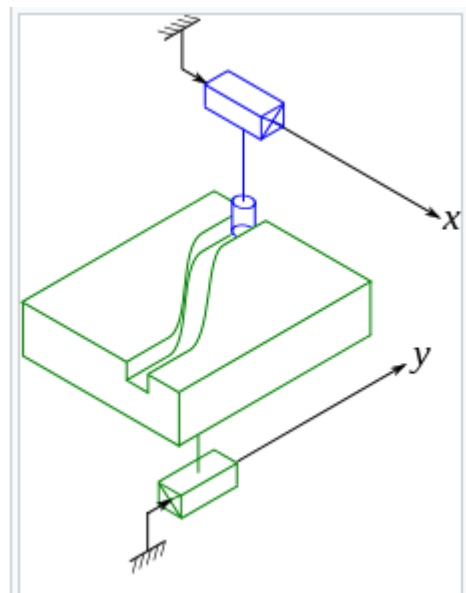


Selon la direction de l'effort

- came disque ou came à transmission radiale : la came est en rotation par rapport au support du suiveur, l'effort est radial (perpendiculaire à l'axe de rotation)
- **came à profil extérieur** : engendre un effort centrifuge
- **came à profil intérieur** : engendre un effort centripète
- **came cylindrique, came cloche, came à tambour, came à transmission axiale** : la came est en rotation par rapport au support du suiveur, et l'effort est parallèle à l'axe
- **Came à rainure** ;



Came disque à profil extérieur (gauche), came disque à profil intérieur (milieu), came cylindrique (droite).



LES CHANGEMENTS DE VITESSE

12. DEFINITION

Le **changement de vitesse** est le rapport entre la vitesse de rotation de l'organe moteur et la vitesse de rotation de l'organe récepteur. Ce rapport dépend des dimensions de l'organe moteur et de l'organe récepteur.

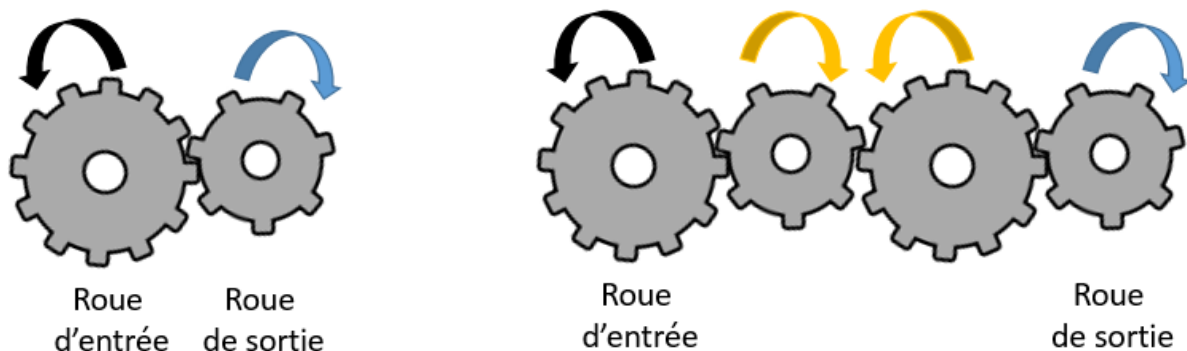
Bien qu'un mécanisme de transmission du mouvement ne change pas le type de mouvement transmis, il peut en modifier le sens, l'axe de rotation, mais aussi la vitesse. On dit qu'il y a changement de vitesse lorsque l'organe moteur ne tourne pas à la même vitesse que l'organe récepteur.

- Les changements dans les sens de rotation des mécanismes
- Les changements de vitesse dans les systèmes d'engrenage ou de chaîne et de roues dentées
- Les changements de vitesse dans les systèmes de roues de friction ou de courroie et de poulies
- Les changements de vitesse dans les systèmes de roue et de vis sans fin
- Le couple moteur et le couple résistant

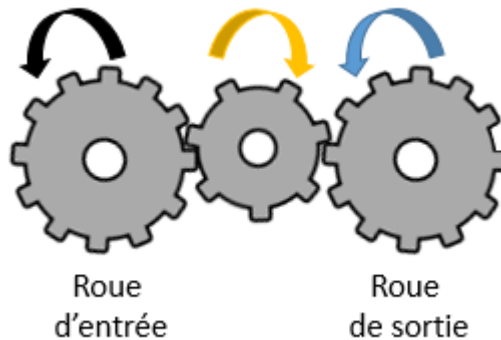
13. CHANGEMENT SENS DE ROTATION

La roue menante (nommée ci-dessous roue d'entrée) entraîne par le contact successif de ses dents la roue menée (nommée ci-dessous roue de sortie). Dans un système d'engrenage, lorsque le nombre de roues dentées est pair, les sens de rotation de la roue d'entrée et de la roue de sortie sont inversés. À l'inverse, lorsque le nombre de roues dentées est impair, le sens de rotation des roues d'entrée et de sortie est identique. Les roues de friction répondent aux mêmes règles.

Lorsque le nombre de roues est **pair**, le sens de rotation de la roue d'entrée et le sens de rotation de la roue de sortie sont **inversés**.



Lorsque le nombre de roues est **impair**, le sens de rotation de la roue d'entrée et le sens de rotation de la roue de sortie sont **identiques**.



Dans le cas où une roue dentée s'engrène à l'intérieur d'une autre roue dentée, le sens de rotation des roues est identique.

Lorsqu'une roue dentée s'engrène à l'intérieur d'une autre roue dentée, le sens de rotation des roues est identique.



14. DANS DES SYSTÈMES A ENGRENAGES OU CHAÎNE ET ROUES DENTEE

On peut utiliser les engrenages ou les systèmes de chaîne et roues dentées pour changer la vitesse de rotation du système. Dans ces deux cas, ce sont les **nombre de dents des roues dentées impliquées** qui devront être considérés afin de déterminer quel sera le changement de vitesse. Si le nombre de dents de la roue menante (organe moteur) est égal au nombre de dents de la roue menée (organe récepteur), il n'y aura pas de changement de vitesse. Au contraire, si le nombre de dents de la roue menante est différent du nombre de dents de la roue menée, il y aura alors un changement de vitesse.

Le tableau suivant explique comment changer la vitesse de rotation dans les systèmes d'engrenage et dans ceux de chaîne et roues dentées:

Changement de vitesse	Système d'engrenage Système à chaîne et roues dentées
Augmentation	Lorsque le mouvement est transmis d'une roue dentée ayant plus de dents vers une roue dentée ayant moins de dents.
Diminution	Lorsque le mouvement est transmis d'une roue dentée ayant moins de dents vers une roue dentée ayant plus de dents.
Aucun changement	Lorsque le mouvement est transmis entre deux roues ayant le même nombre de dents.

Afin de quantifier le changement de vitesse, on peut établir le rapport d'engrenage entre les roues dentées à l'aide de la formule suivante:

FORMULE

$$\text{Rapport d'engrenage} = \frac{\text{Nombre de dents de la roue menante}}{\text{Nombre de dents de la roue menée}}$$

Un rapport d'engrenage supérieur à 1 indique que la roue menée tourne plus rapidement que la roue menante: il y a augmentation de vitesse. À l'inverse, un rapport inférieur à 1 signifie une diminution de vitesse puisque la roue menée tourne plus lentement que la roue menante.

Le rapport d'engrenage nous permet ensuite de connaître la vitesse de rotation de la roue menée:

FORMULE

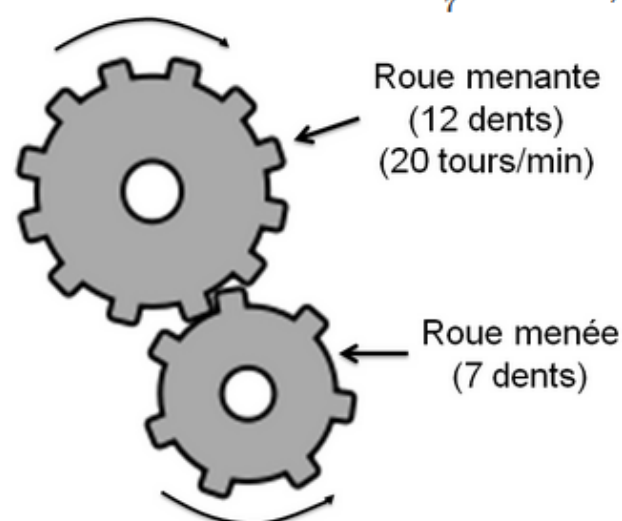
$$\text{Vitesse de la roue menée} = \text{Rapport d'engrenage} \times \text{Vitesse de la roue menante}$$

EXEMPLE

Dans le système d'engrenage ci-dessous, la roue menante possède plus de dents que la roue menée. Ainsi, on peut établir qu'il y aura augmentation de la vitesse de rotation lors de la transmission du mouvement. À l'aide du rapport d'engrenage, on détermine que la vitesse de rotation de la roue menée est de 34,3 tours/min.

$$\text{Rapport d'engrenage} = \frac{12}{7}$$

$$\text{Vitesse de la roue menée} = \frac{12}{7} \times 20 = 34,3 \text{ tours/min}$$



Source

IMPORTANT

Les mêmes calculs s'appliquent autant dans les systèmes d'engrenages que dans les systèmes de chaîne et roues dentées. La seule différence réside dans le sens de rotation des roues: un système d'engrenage inverse le sens de rotation à chaque roue alors qu'un système de chaîne et roues dentées permet de mettre en rotation les roues dans le même sens.

15. DANS DES SYSTEMES ROUES FRICTION, COURROIE ET POULIES

Les systèmes de roues de friction et de courroie et poulies obéissent aux mêmes règles que les systèmes d'engrenages: si les roues ne sont pas de la même taille, il y aura changement de vitesse. Toutefois, étant donné que les roues sont lisses, on utilise le diamètre des roues plutôt que le nombre de dents pour déterminer quel sera le changement de vitesse.

Le tableau suivant explique comment changer la vitesse de rotation dans les systèmes de roues de frictions et dans ceux de courroie et poulies:

Changement de vitesse	Système à roues de friction Système à courroie et poulies
Augmentation	Lorsque le mouvement est transmis d'une roue ou d'une poulie d'un diamètre plus grand vers une roue ou une poulie d'un diamètre plus petit.
Diminution	Lorsque le mouvement est transmis d'une roue ou d'une poulie d'un diamètre plus petit vers une roue ou une poulie d'un diamètre plus grand.
Aucun changement	Lorsque le mouvement est transmis entre deux roues ou deux poulies de même diamètre.

Afin de quantifier le changement de vitesse, on peut établir le rapport de diamètre entre les roues de friction à l'aide de la formule suivante:

FORMULE

$$\text{Rapport de diamètre} = \frac{\text{Diamètre de la roue menante}}{\text{Diamètre de la roue menée}}$$

Un rapport de diamètre supérieur à 1 indique que la roue menée tourne plus rapidement que la roue menante: il y a augmentation de vitesse. À l'inverse, un rapport inférieur à 1 signifie une diminution de vitesse puisque la roue menée tourne plus lentement que la roue menante.

Le rapport de diamètre nous permet ensuite de connaître la vitesse de rotation de la roue menée:

FORMULE

$$\text{Vitesse de la roue menée} = \text{Rapport de diamètre} \times \text{Vitesse de la roue menante}$$

EXEMPLE

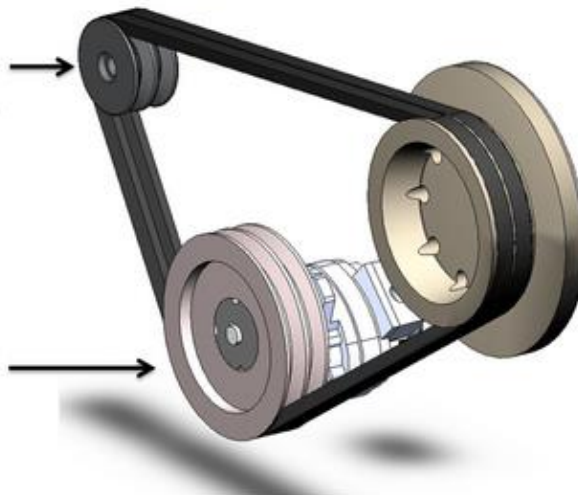
Dans le système de courroie et poulies ci-dessous, la roue menante (petite roue noire) possède un diamètre plus petit que la roue menée (grande roue rose). Ainsi, on peut établir qu'il y aura diminution de la vitesse de rotation lors de la transmission du mouvement. À l'aide du rapport de diamètre, on détermine que la vitesse de rotation de la roue menée est de 50 tours/min.

$$\text{Rapport de diamètre} = \frac{15}{30}$$

$$\text{Vitesse de la roue menée} = \frac{15}{30} \times 100 = 50 \text{ tours/min}$$

Roue menante
(15 cm)
(100 tours/min)

Roue menée
(30 cm)



Source

IMPORTANT

Les mêmes calculs s'appliquent autant dans les systèmes de roues de friction que dans les systèmes de courroie et poulies. La seule différence réside dans le sens de rotation des roues: un système de roues de friction inverse le sens de rotation à chaque roue alors qu'un système de courroie et poulies permet de mettre en rotation les roues dans le même sens.

16. DANS DES SYSTEMES ROUE / VIS SANS FIN

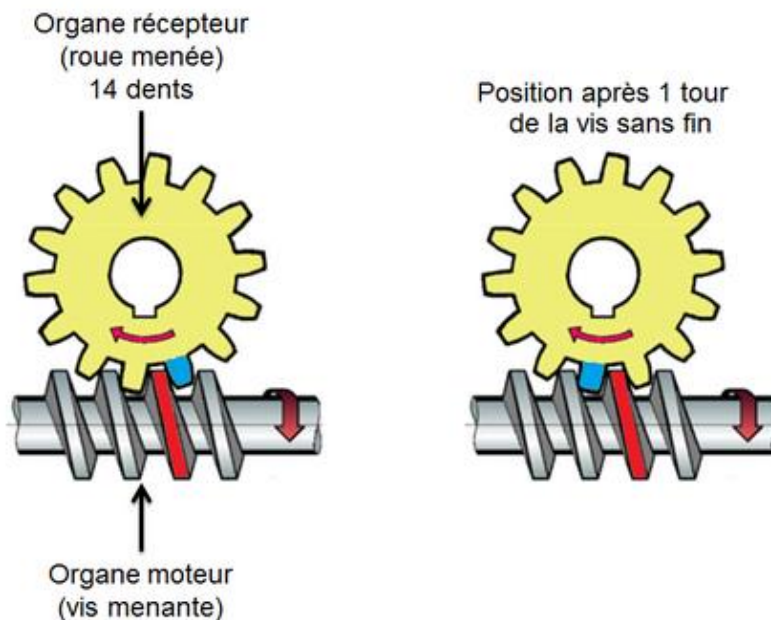
Le système à roue dentée et vis sans fin est un système irréversible: le mouvement est doit être engendré par la vis sans fin. On utilise surtout ce système dans les cas où l'on cherche à diminuer grandement la vitesse de rotation lors de sa transmission. Ainsi, pour chaque tour complet de la vis sans fin, la roue dentée ne se déplace que d'une distance équivalente à une dent. De ce fait, plus le nombre de dents de la roue dentée est important, plus la diminution de vitesse est importante. On peut quantifier cette diminution de vitesse en calculant le rapport d'engrenage suivant:

FORMULE

$$\text{Rapport d'engrenage} = \frac{1}{\text{Nombre de dents de la roue dentée}}$$

EXEMPLE

Le rapport d'engrenage du système roue dentée et vis sans fin suivant est de $\frac{1}{14}$. Il signifie donc que le mouvement de rotation est 14 fois plus lent pour la roue dentée que pour la vis sans fin. Ainsi, il faudra 14 tours de la vis sans fin pour que la roue dentée en effectue 1 complet.



Source

17. COUPLE MOTEUR/COUPLE RESISTANT

Un **couple** est la combinaison deux forces de même intensité mais de directions opposées qui permet d'effectuer un mouvement de rotation autour d'un axe.

Habituellement, lorsque deux forces de même intensité sont dirigées en direction opposées sur une pièce, la force résultante est nulle et la position de la pièce ne change pas. Par exemple, si deux personnes poussent un meuble chacun de leur côté avec la même force, ils n'arriveront pas à déplacer le meuble. Toutefois, si les points d'application des forces sont légèrement désaxés l'un par rapport à l'autre, il est possible que la pièce tourne sur elle-même. Ainsi, un couple détermine la capacité de mettre une pièce en rotation.

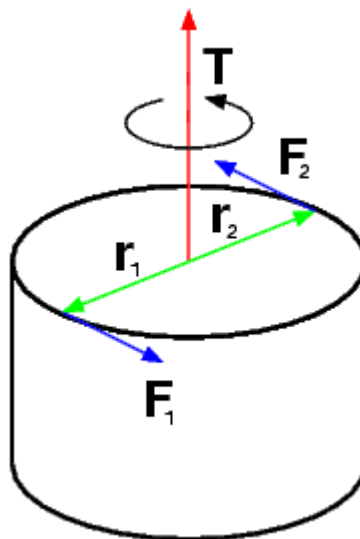
On distingue 2 types de couple:

Un **couple moteur** a pour effet d'engendrer un mouvement ou d'en augmenter la vitesse de rotation.

Un **couple résistant** a pour effet de s'opposer au mouvement ou d'en ralentir la vitesse de rotation.

Si le couple moteur est plus grand que le couple résistant, le système augmente de vitesse. À l'inverse, si c'est le couple résistant qui est plus important, la vitesse du système diminue. Les changements de vitesse occasionnée par la différence d'intensité des couples moteur et résistant respectent les règles suivantes:

Comparaison de l'intensité des couples	Effet sur la vitesse des organes
Couple moteur = couple résistant	Aucun changement de vitesse
Couple moteur > couple résistant	Augmentation de la vitesse
Couple moteur < couple résistant	Diminution de la vitesse



Liens Technologiques

<http://www.cours-et-exercices.com/2016/03/cours-des-engrenages.html#Heading3>

<http://www.cours-et-exercices.com/2016/03/chaines-de-transmission-expose.html>

<http://chauvincpge.free.fr/cin/Tr de P cours.pdf>

<https://www.norelem.fr/fr/fr/Produits/THE-BIG-GREEN-BOOK/norelem-actionne-Syst%C3%A8mes-et-composants-pour-la-construction-de-machines-et-d-installations/22000-%C3%89l%C3%A9ments-de-transmission.html>