

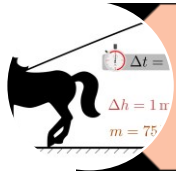
CONCEPTION MÉCATRONIQUE INNOVANTE – CAO (CI3)

Éléments de machines

ALAA HASSAN

2022-2023

Plan



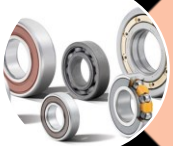
Notion de puissance



Engrenages



Courroies



Roulements

Notion de puissance

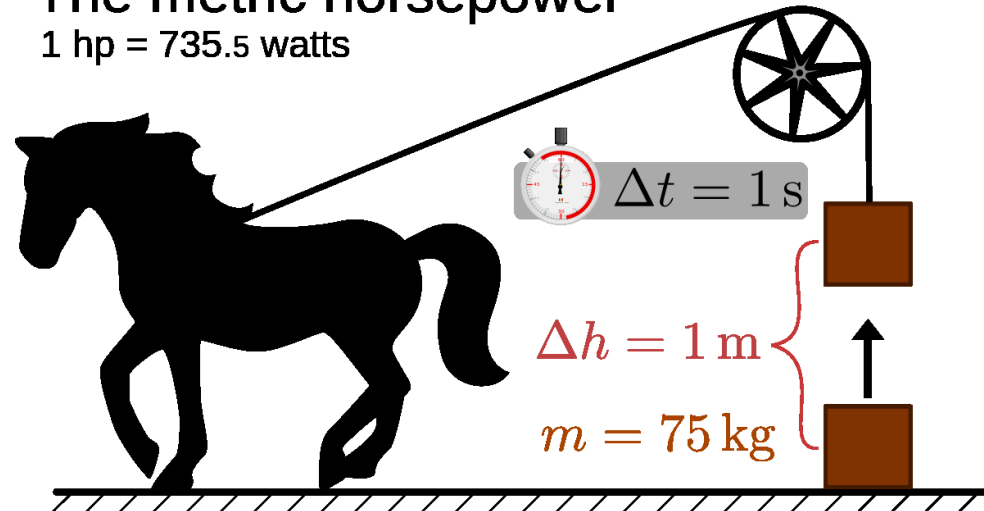
La puissance définit la quantité de travail effectué par unité de temps (par seconde) ou autrement dit le débit d'énergie.

$$1 \text{ Watt} = \frac{1 \text{ Joule}}{1 \text{ seconde}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{ ou } \text{J} \cdot \text{s}^{-1}$$

Autre unité usuelle : le cheval (cv) $1 \text{ cv} = 735,5 \text{ W}$

The metric horsepower

$1 \text{ hp} = 735.5 \text{ watts}$



Notion de puissance : le moteur utilisé

Datasheet

**RS PRO, 6 V dc, 202 gcm,
 Brushed DC Motor,
 Output Speed 176 rpm**

Stock No: 752-2002

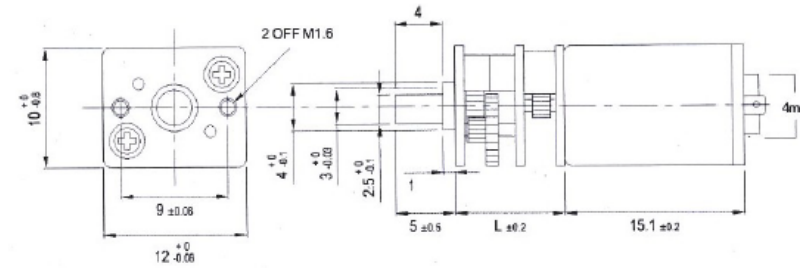


Specifications:

| Output Speed | 176 rpm |
|-----------------------|----------|
| Supply Voltage | 6 V dc |
| Maximum Output Torque | 202 g.cm |
| DC Motor Type | Brushed |
| Shaft Diameter | 3mm |
| Power Rating | 0.46 W |
| Gearhead Type | Spur |
| Length | 24.25mm |
| Width | 12mm |
| Current Rating | 170 mA |
| Weight | 10g |

rspro.com

ENGLISH



Operating relative humidity 20% ~ 85%
 Operating temperature range -10°C ~ +50°C

| Ratio | L |
|-------|--------|
| 102:1 | 9.15mm |

| Gearbox Housing material | Plastic |
|--------------------------------|-----------|
| Backlash at no-load | < 1.5° |
| Bearing at output | Bronze |
| Radial load (10mm from flange) | < 0.4 kgf |
| Shaft axial load | < 0.2 kgf |
| Shaft press fit force max | < 2 kgf |
| Radial play of shaft | < 0.06mm |
| Thrust play of shaft | < 0.2mm |

| Reduction Ratio | Rated tolerance Torque | Max momentary Tolerance Torque | Efficiency |
|-----------------|------------------------|--------------------------------|------------|
| 1/102 | 0.8 kgf-cm Max. | 2.4 kgf-cm | 66% |

| Reduction Table RPM SUPPLY VOLTAGE | 6v |
|---------------------------------------|-----|
| 752-2002 | 176 |

Note: Motor speeds may vary by (+) or (-) 12.5%

Notion de puissance : le moteur utilisé

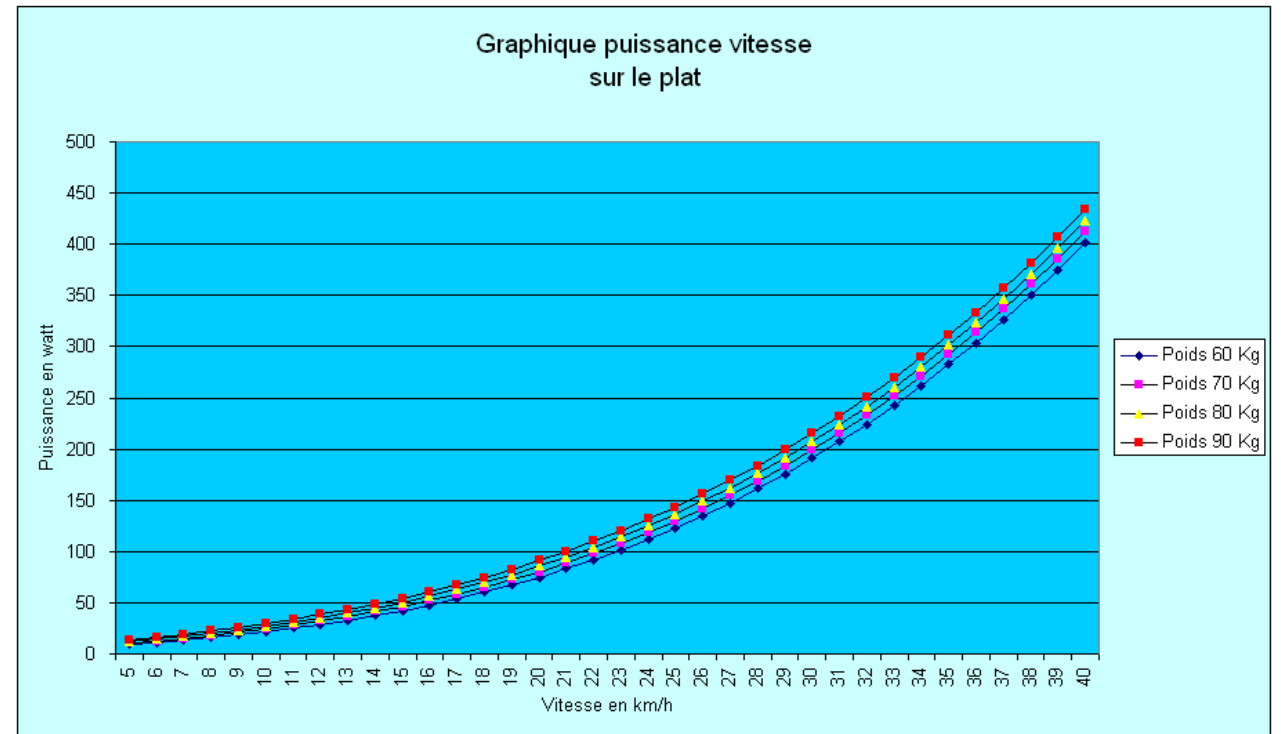


| | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Fabricant | Gebildet |
| Dimensions du colis | 17 x 10.2 x 2.5 cm; 230 grammes |
| Référence | E358 |
| Couleur | 8pcs Motor |
| Matière | Plastique |
| Tension | 6 Volts, 3 Volts |
| Puissance en cheval-vapeur (ch) | 0.1 hp |

Notion de puissance

Quelle puissance pour faire avancer mon vélo?

Ce graphique (à 90kg) semble correspondre à ce qui est proche du vélo minimum utilitaire: pouvoir rouler sur une piste cyclables française sans casser le vélo.



http://fitnesscar.free.fr/rendement_energetique_de_velos.htm

Notion de rendement

Le rendement η (éta) d'une machine est égal au rapport de l'énergie restituée sur l'énergie fournie ou reçue.

$$\eta = \frac{W_s}{W_e} = \frac{W_e - W_p}{W_e} = 1 - \frac{W_p}{W_e}$$

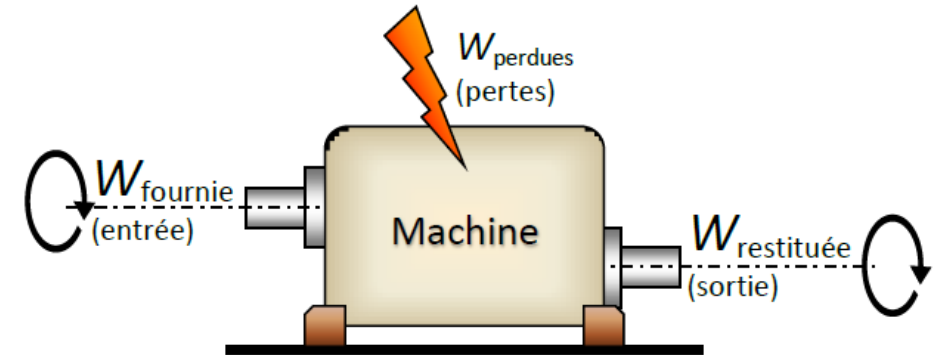
Et pour la puissance:

$$\eta = \frac{P_s}{P_e} = \frac{P_e - P_p}{P_e} = 1 - \frac{P_p}{P_e}$$

$$P = C \times \omega$$

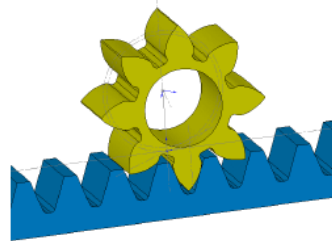
P : puissance en [W] ; C : couple en [Nm] ; ω : vitesse de rotation en [rad/s]

Remarque : l'énergie perdue peut l'être sous forme de chaleur, de frottement, etc.

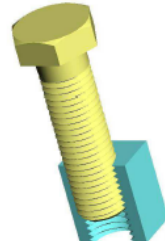


Les systèmes de transmission de puissance mécanique

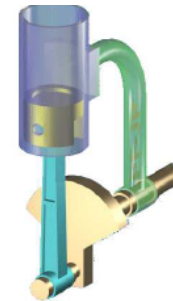
Les transformateurs de mouvement (transforment la nature du mouvement)



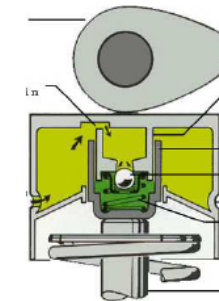
Pignon/crémaillère
($R \leftrightarrow T$)



Vis/écrou
($R \rightarrow T$)



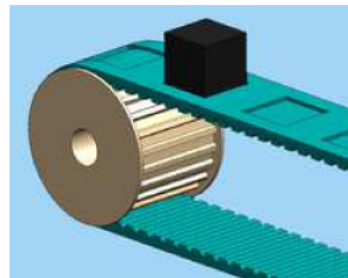
Bielle/manivelle
($R \leftrightarrow T_{\text{alternative}}$)



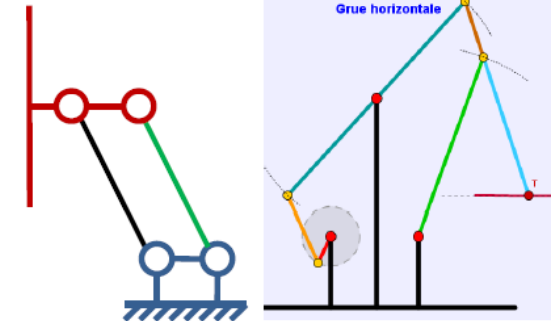
Came/poussoir
($R \rightarrow T_{\text{alternative}}$)



Treuil
($R \rightarrow T$)



Poulies/courroie ou pignons/chaîne
lorsque la courroie (ou la chaîne) est la sortie
($R \rightarrow T$)



Systèmes de barres articulées
(mouvements quelconques)

Les systèmes de transmission de puissance mécanique

Les adaptateurs de mouvement sans transformation (même nature du mouvement E/S) :



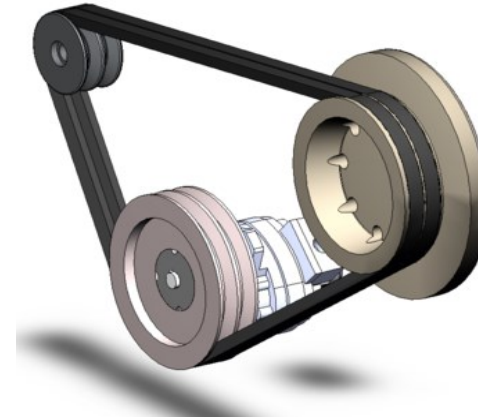
Engrenage droit (à axes parallèles)



Engrenage conique (à axes concourants)



Engrenage gauche (à axes ni parallèles ni concourants)



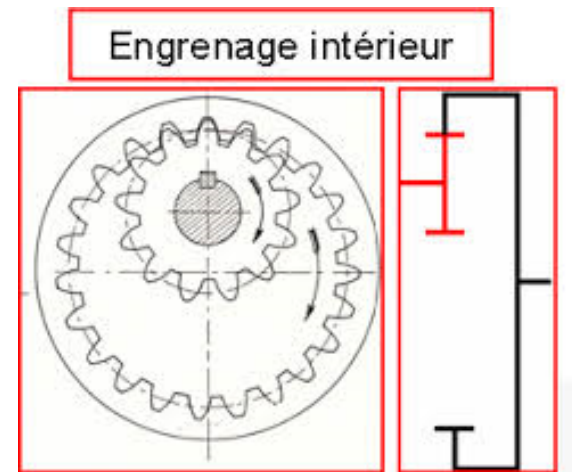
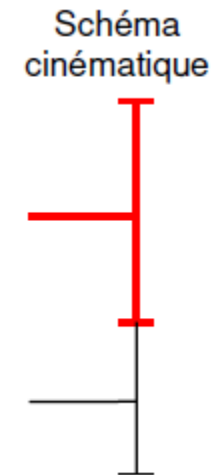
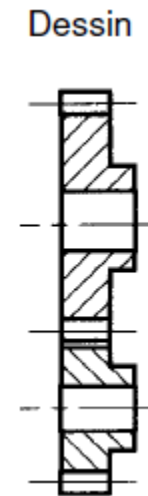
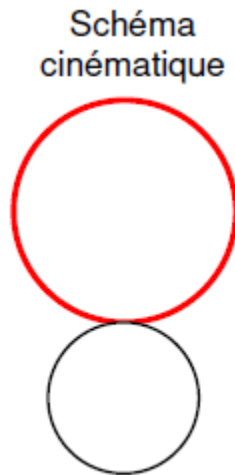
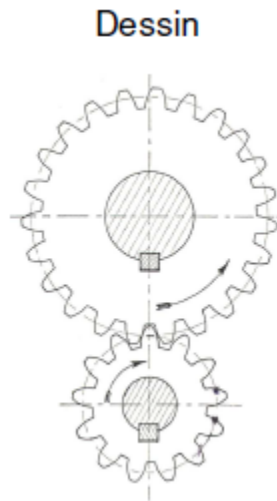
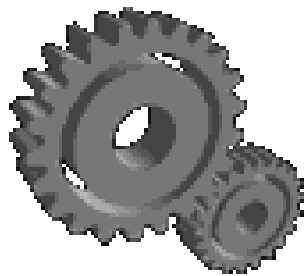
Poulies/courroie ou pignons/chaînes



accouplements

Les engrenages

Un engrenage est un mécanisme composé de deux roues dentées. L'une des roues entraîne l'autre par l'action des dents qui sont successivement en contact (sans glissement possible). La roue la plus petite est appelée pignon.



Les engrenages: principe de fonctionnement

- Roue 1 et 2 en liaison pivot d'axe respectif (O1) et (O2) par rapport au bâti

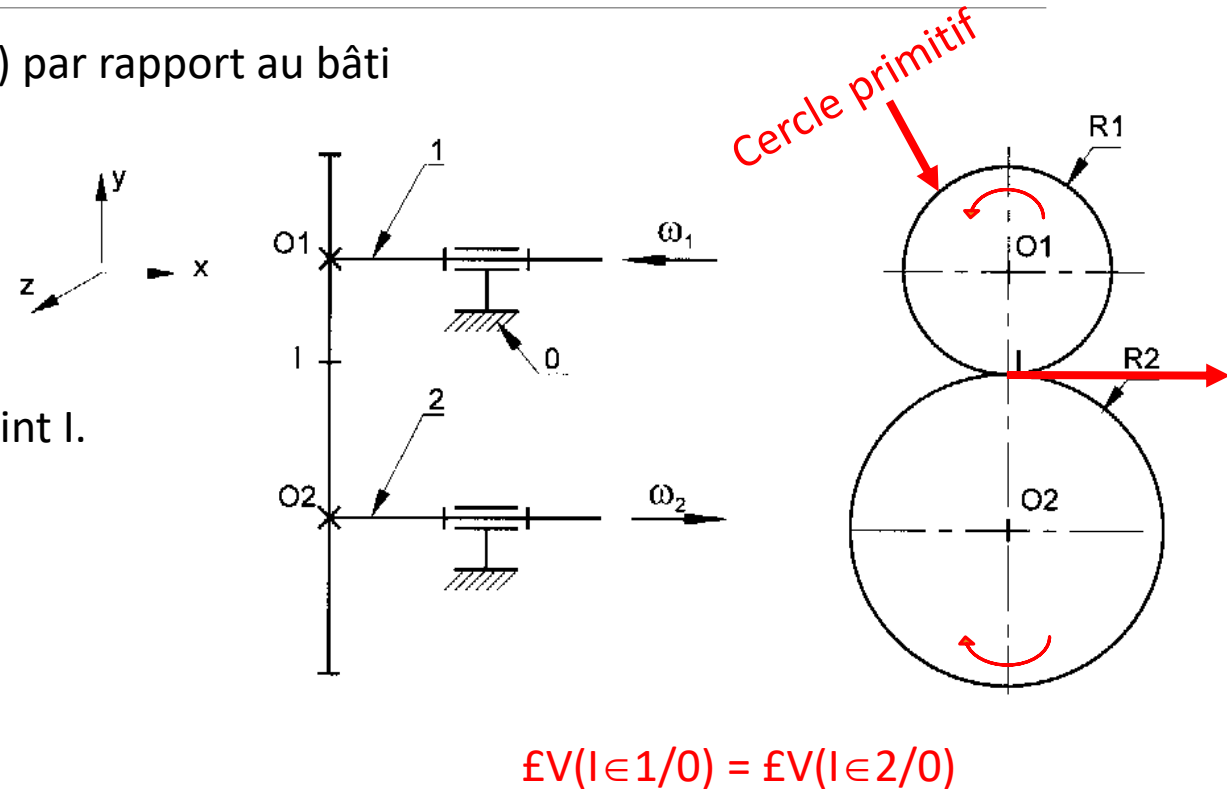
- Roulement sans glissement des roues de friction au point I.

$$| \mathcal{FV}(I \in 1/0) | = \omega_1 \cdot R1 = - \omega_2 \cdot R2$$

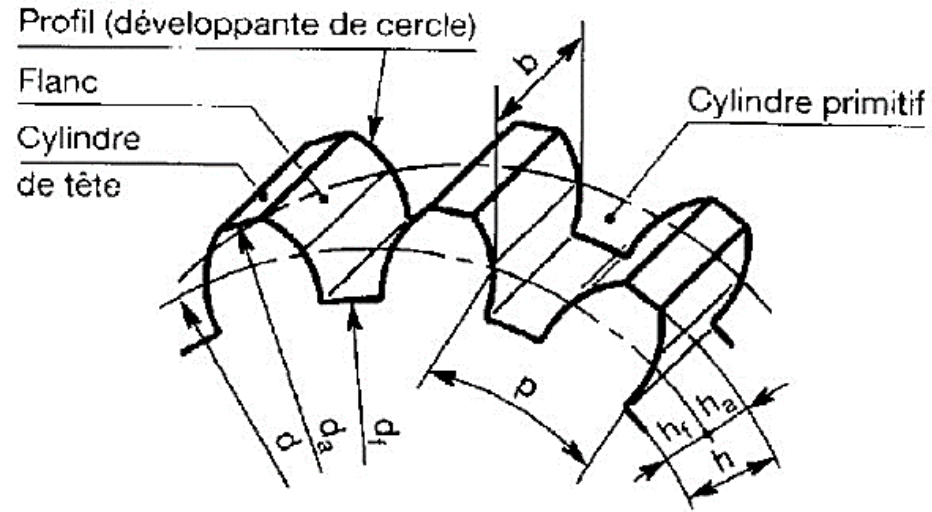
Rapport de vitesse :

$$r = - \frac{\omega_2}{\omega_1} = - \frac{d_1}{d_2} = - \frac{Z_1}{Z_2}$$

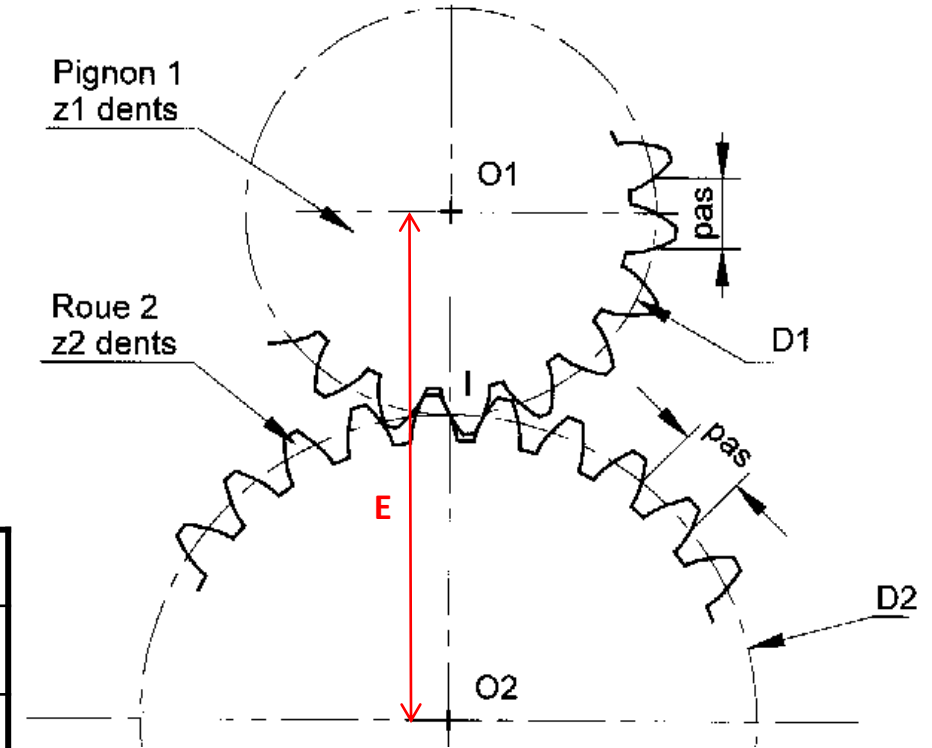
Z : Nombre de dents



Les engrenages: Caractéristiques



| | | |
|-------------------|---|---|
| Module | m | À choisir parmi des modules normalisés |
| Nombre de dents | Z | Nombre entier et positif |
| Pas | p | $p = \pi.m$ |
| Diamètre primitif | d | $d = m.Z$ |
| Entraxe | E | $E = \frac{d_1 + d_2}{2}$ |



Dans le module CI3, $m = 2$

Les engrenages: Caractéristiques

b : largeur de denture
 ($b = k.m$ avec k compris entre 6 et 10)

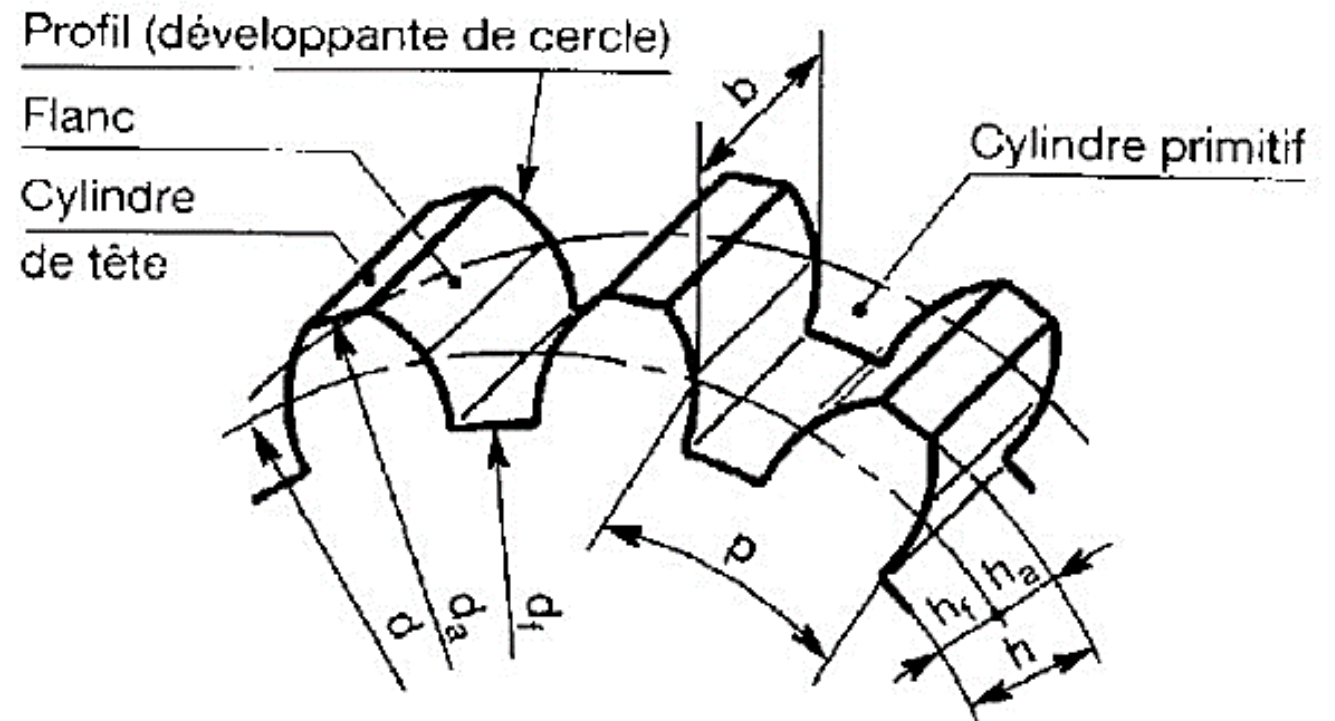
h_a : saillie de dent ($h_a = m$)

h_f : creux de dent ($h_f = 1.25m$)

h : hauteur de dent ($h = h_a + h_f$)

d_a : diamètre de tête ($d_a = d + 2m$)

d_f : diamètre de pied ($d_f = d + 2.5m$)



Les engrenages: La fonction involute

Soit la développante de cercle formée par l'ensemble des points A quand la droite D roule sans glisser sur le cercle de base C_b . Soit M_0 le point de rebroussement et A un point quelconque du profil situé sur un cercle de rayon r_A . On a :

$$r_b = r_A \cdot \cos \alpha_A \quad (1)$$

$$\widehat{M_0 N} = r_b \cdot \theta$$

$$= \widehat{M_0 N} - \widehat{NM}$$

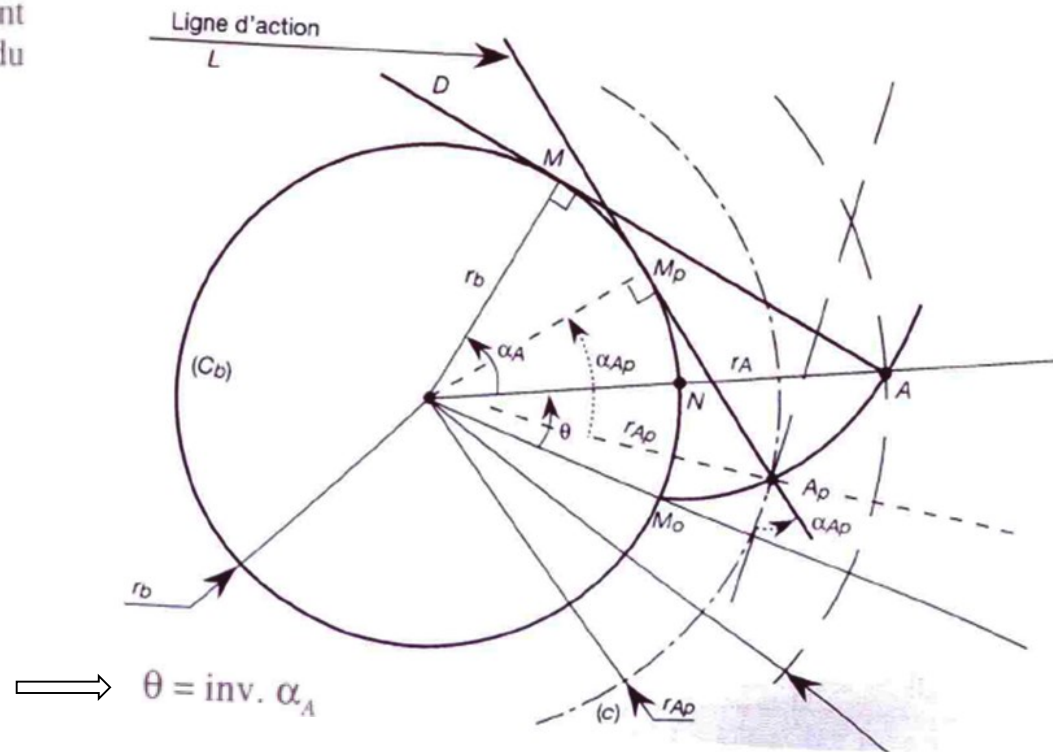
Et, de part la définition de la développante de cercle :

$$\widehat{M_0 M} = MA = r_b \tan \alpha_A$$

Avec $\widehat{NM} = r_b \cdot \alpha_A$, il vient :

$$\widehat{M_0 N} = r_b \cdot \theta = r_b \tan \alpha_A - r_b \cdot \alpha_A$$

Soit $\theta = \tan \alpha_A - \alpha_A$



Les engrenages: La fonction involute

Dans le cas particulier où A est situé sur le cercle primitif (C) , on l'appelle alors A_p :

$$r_b = r_{Ap} \cdot \cos \alpha_{Ap}$$

Avec $\alpha_{Ap} = \alpha$: angle de pression déjà défini ;

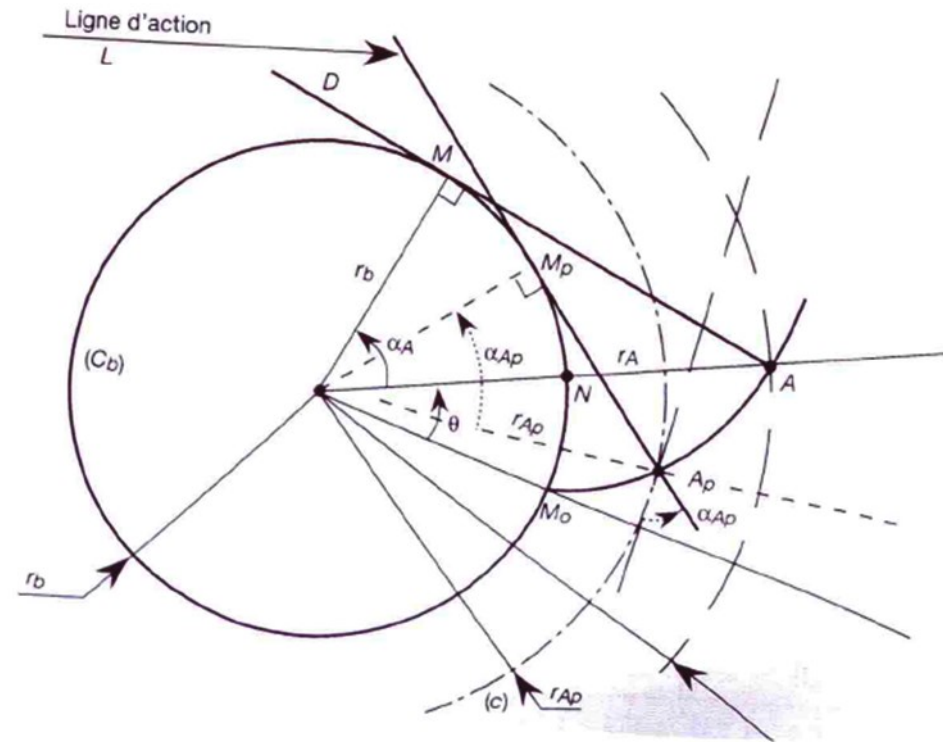
$r_{Ap} = r$: rayon primitif.

On a donc :

$$r_b = r \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

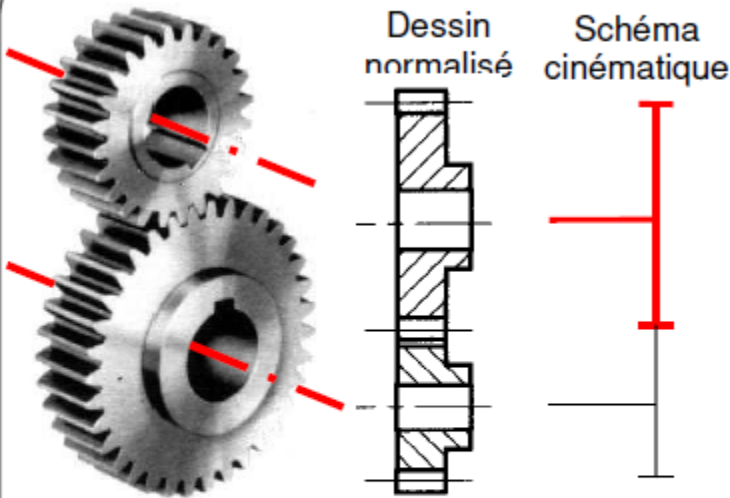
Les relations (1) et (3) conduisent à :

$$\cos \alpha_A = \frac{r}{r_A} \cdot \cos \alpha$$



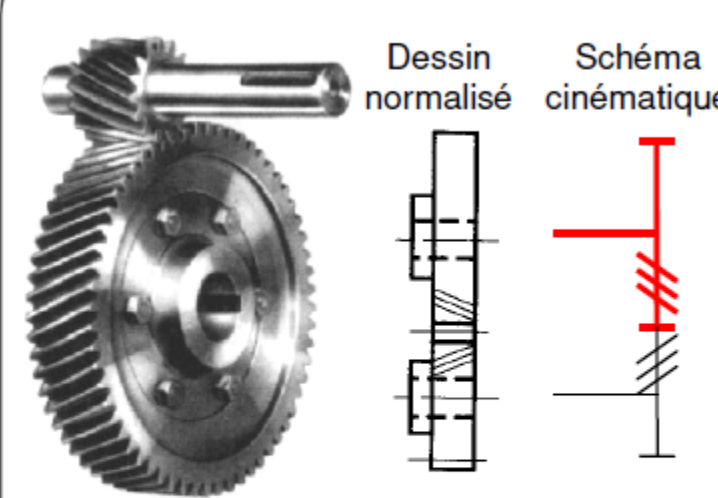
Différents type d'engrenages

à denture droite




+ : Peu couteux ;
 Très bon rendement ($\approx 98\%$).
 - : Engendrent bruit et vibrations.

à denture hélicoïdale



+ : Peu de bruit et de vibrations ;
 Transmettent de grandes puissances
 Rendement $\approx 95\%$.
 - : Engendrent un effort axial.

à chevrons
 (= 2 x dentures hélicoïdales)

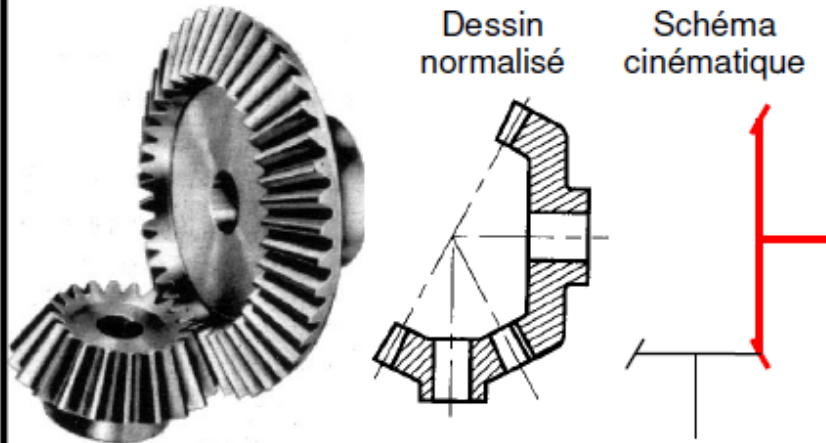


+ : Pas d'effort axial ;
 Puissances très grandes.
 - : Mise en œuvre.

Différents type d'engrenages

Engrenage conique

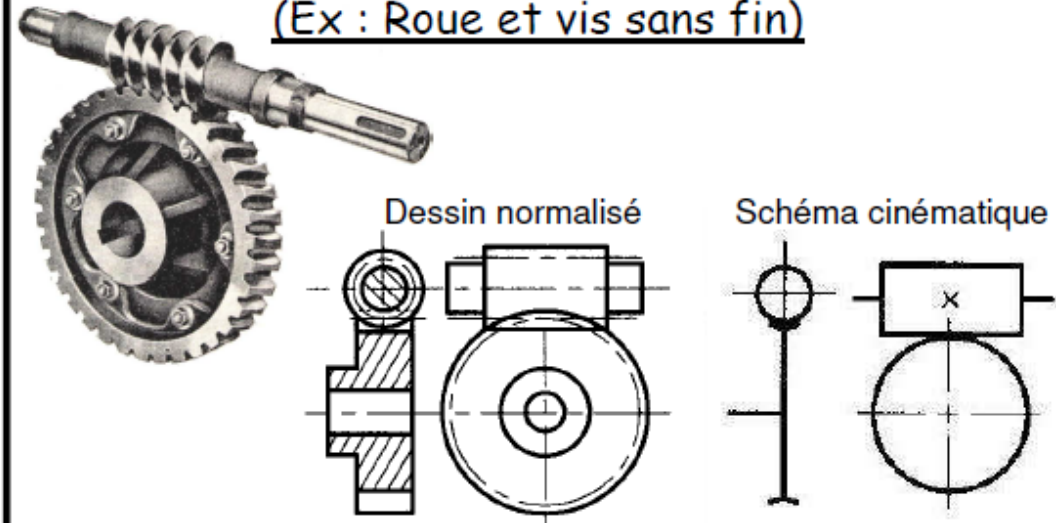
(à axes concourants)



- + : Renvoi d'angle de la transmission.
- : Nécessitent un réglage précis.

Engrenage gauche (autres cas)

(Ex : Roue et vis sans fin)



- Le nombre de *dents* de la vis est son nombre de **filets**
- + : Très grand rapport de réduction ; Peut être **irréversible**.
 - : Mauvais rendement ($\approx 60\%$) ;
Engendre un effort axial important.

Rendement global d'un train d'engrenages

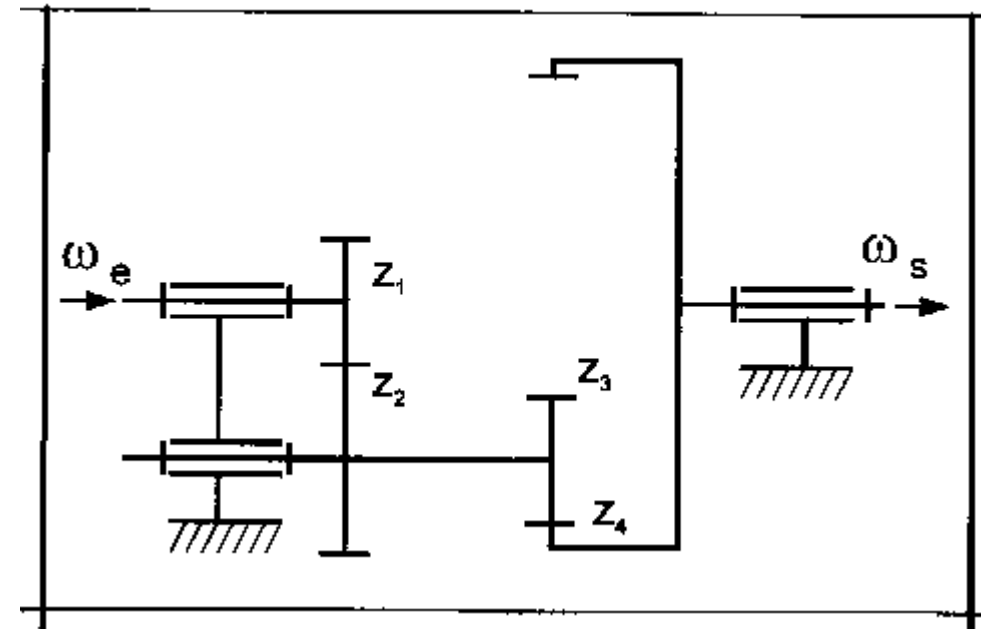
$$r = \frac{\omega_{\text{sortie}}}{\omega_{\text{entrée}}} = \frac{N_{\text{sortie}}}{N_{\text{entrée}}} = (-1)^n \frac{\text{Produit du nombre de dents des roues menantes}}{\text{Produit du nombre de dents des roues menées}}$$

n : nombre de contact extérieurs entre roues

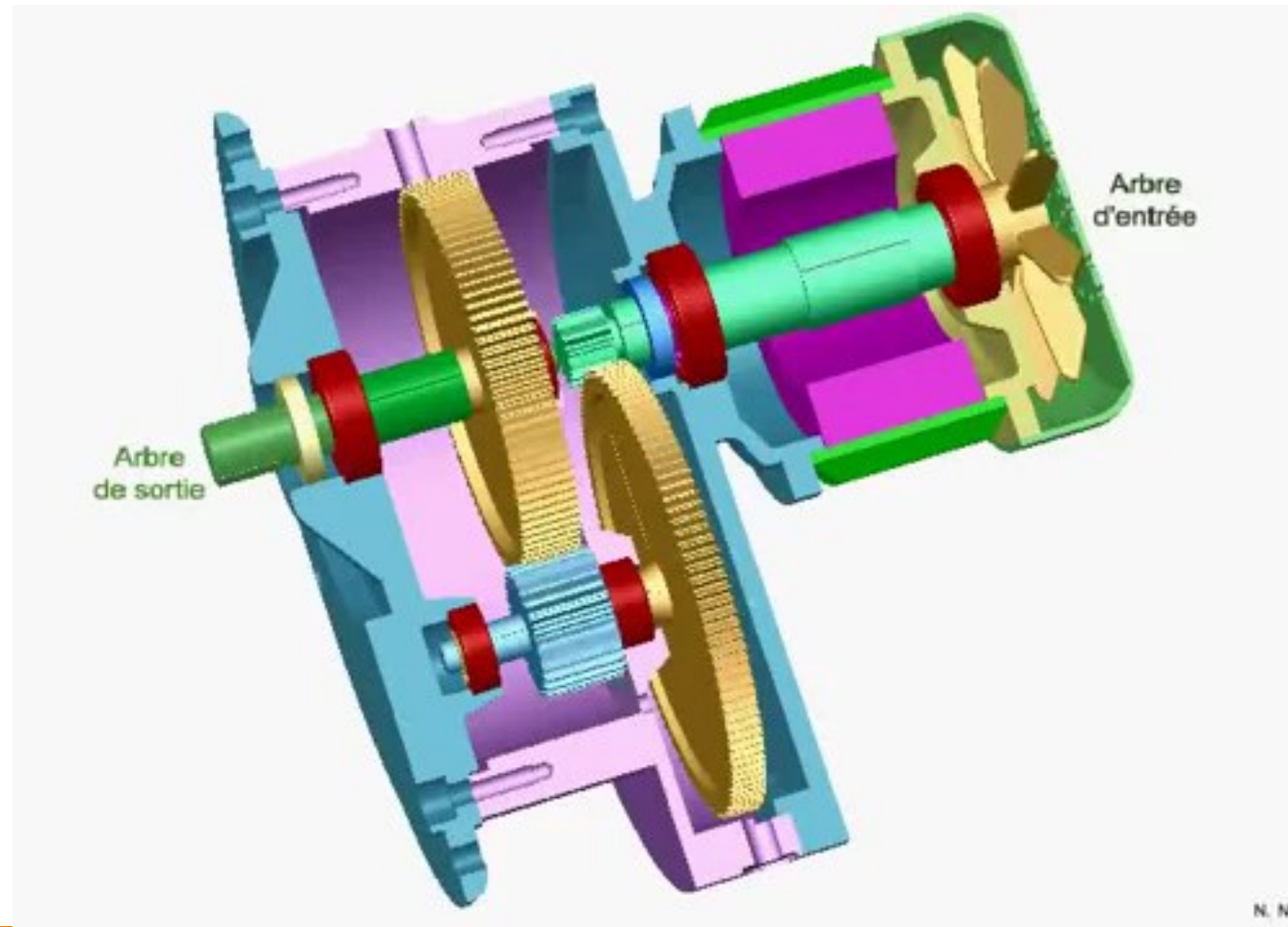
Roue menante : roue motrice dans un engrenage

Roue menée : roue réceptrice dans un engrenage

$$r = \frac{w_s}{w_e} = ?$$



Les engrenages : vidéo



N. N.

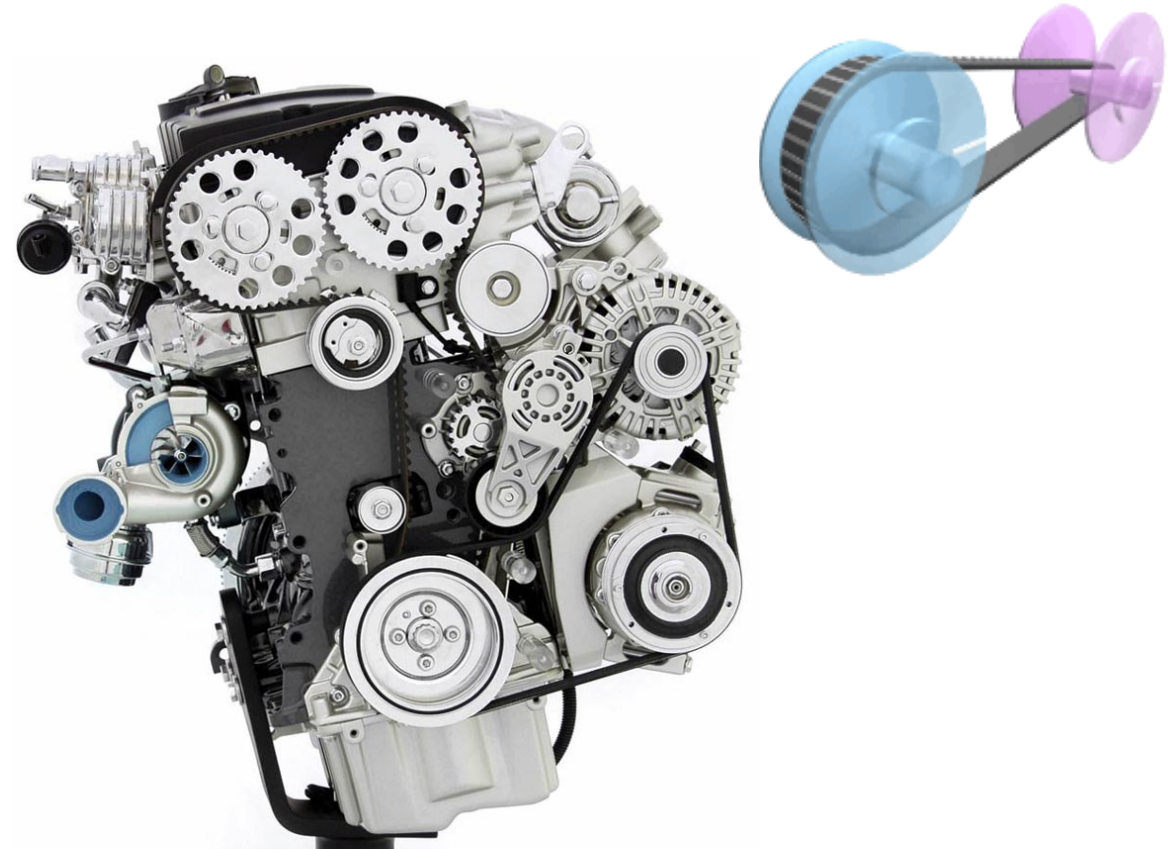
Le système poulies courroies

Avantages :

- Silencieux
- Amortissent les chocs et les vibrations
- Les arbres de transmission peuvent être très éloignés

Inconvénients :

- Nécessitent une tension de la courroie, qui génère des efforts
- Durée de vie faible (nécessitent une maintenance préventive)



Types de courroies

| Courroie lisse | Courroie ronde | Courroie trapézoïdale | Courroie à nervures | Courroie crantée |
|----------------|----------------|-----------------------|---------------------|------------------|
|----------------|----------------|-----------------------|---------------------|------------------|



Pas chères
 Le glissement peut être important
 Puissance transmissible faible

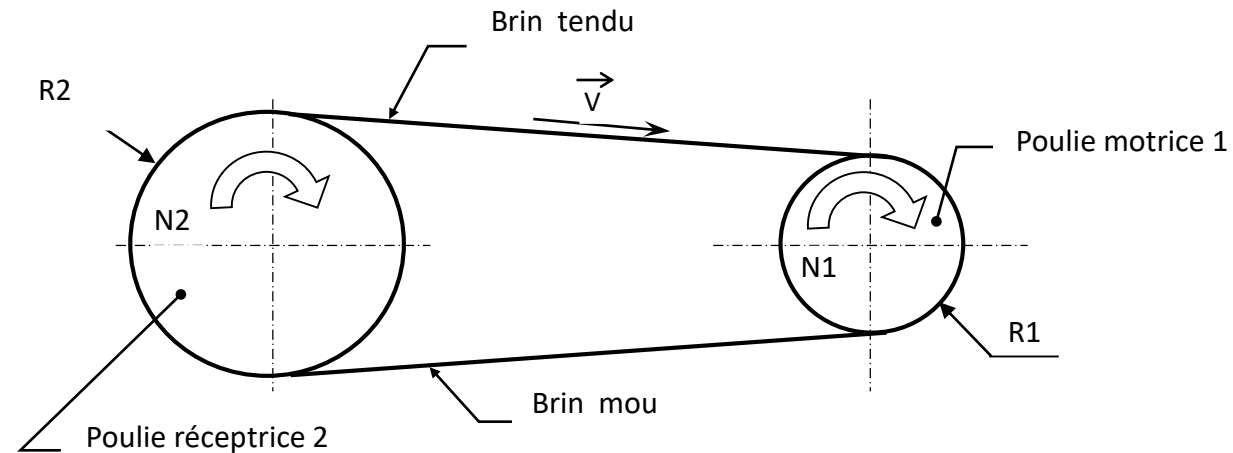
Augmente la puissance transmissible

Pas de glissement

Le fonctionnement de poulie-courroie

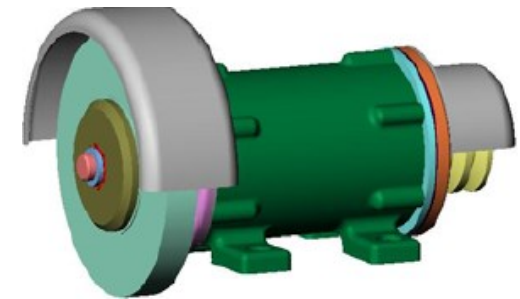
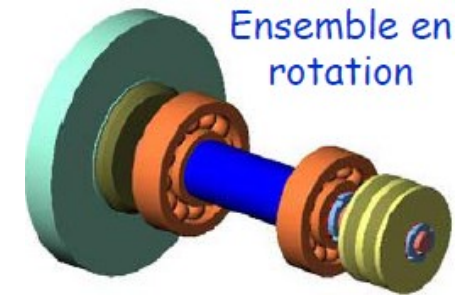
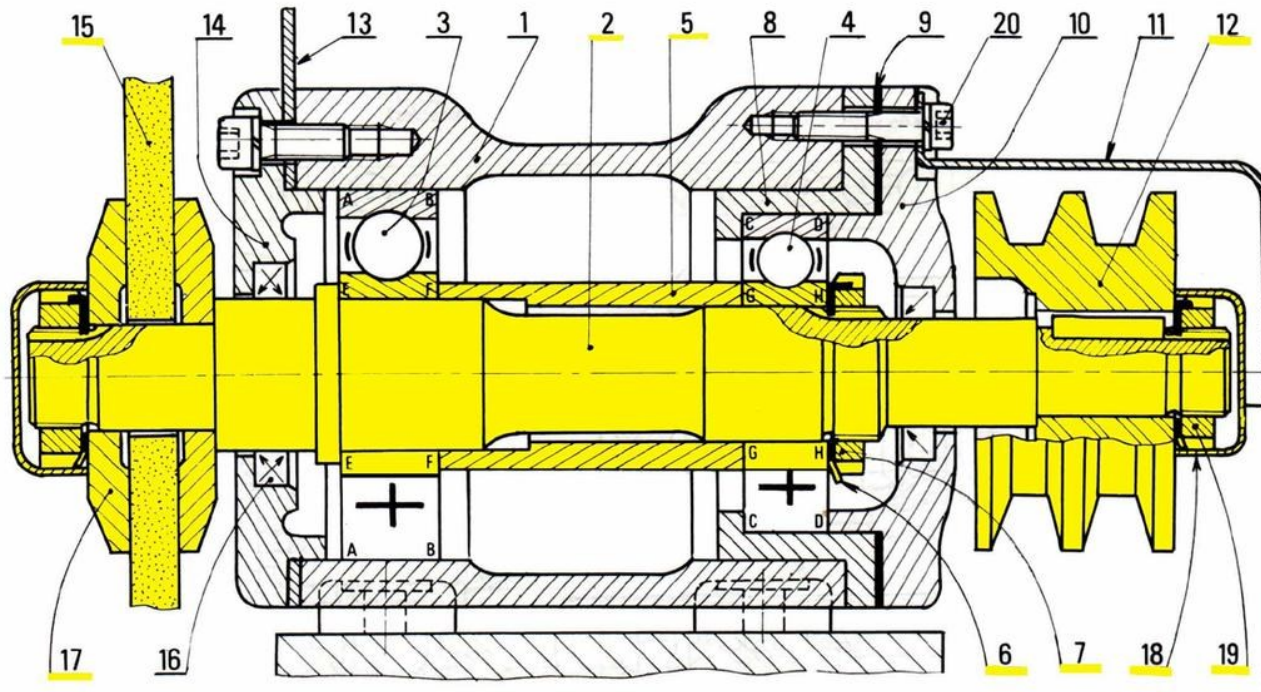
Rapport de vitesse :

$$r = \frac{N_2}{N_1} = \frac{R_1}{R_2}$$



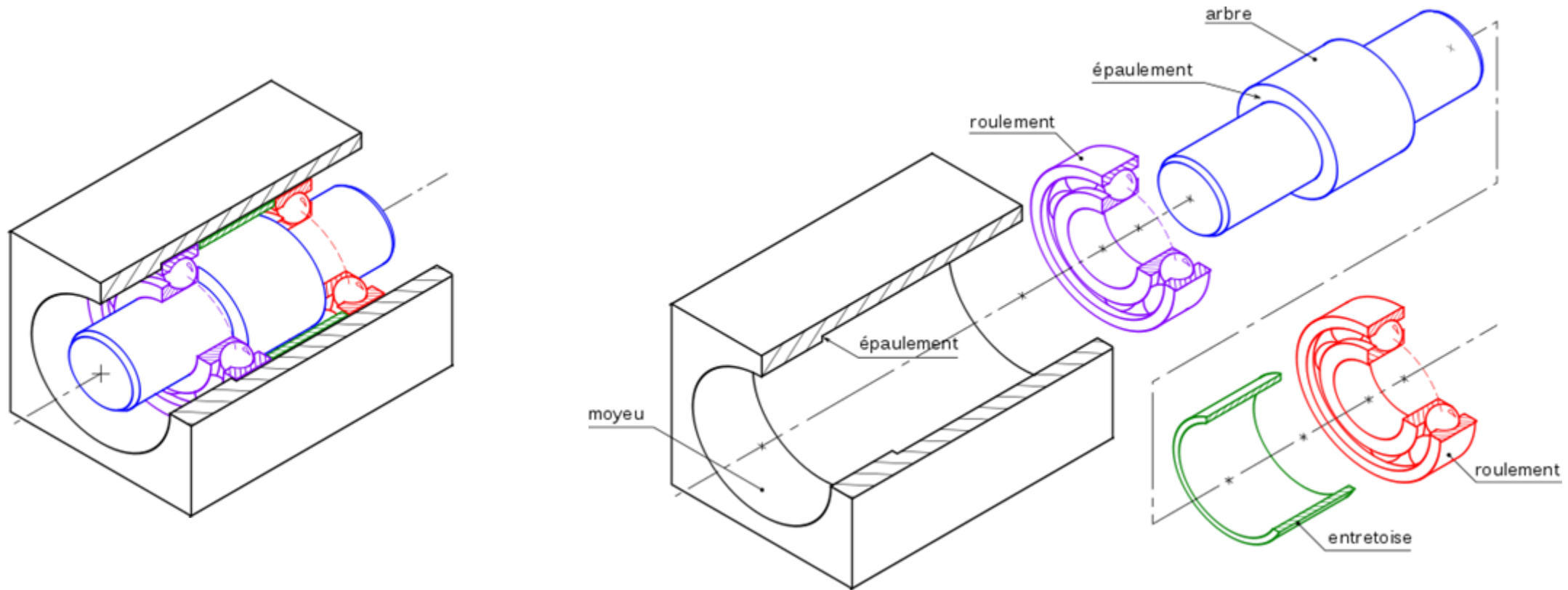
Guidage en rotation: Les roulements

Touret à meuler :



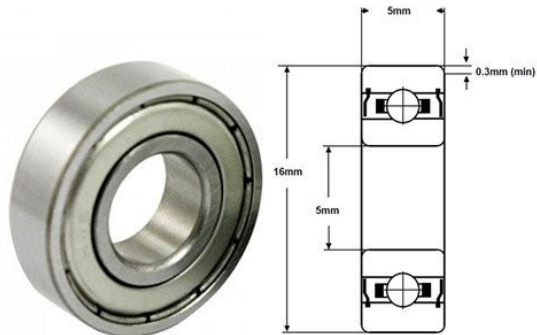
Guidage en rotation: Les roulements

Assemblage d'une liaison pivot assurée par des roulements à billes et vocabulaire associé



https://fr.wikipedia.org/wiki/Roulement_m%C3%A9canique


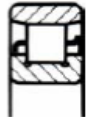
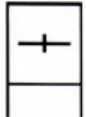



Les types de roulements



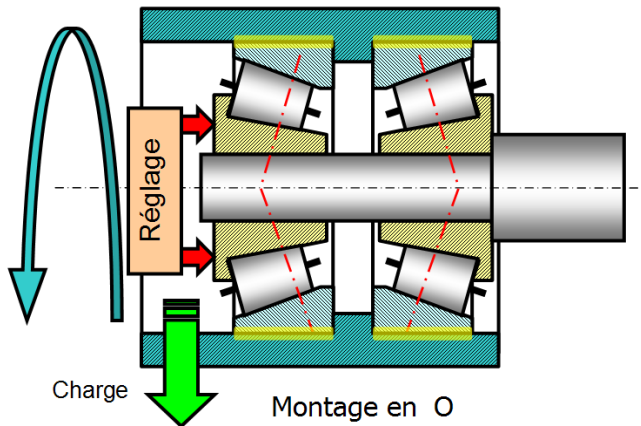
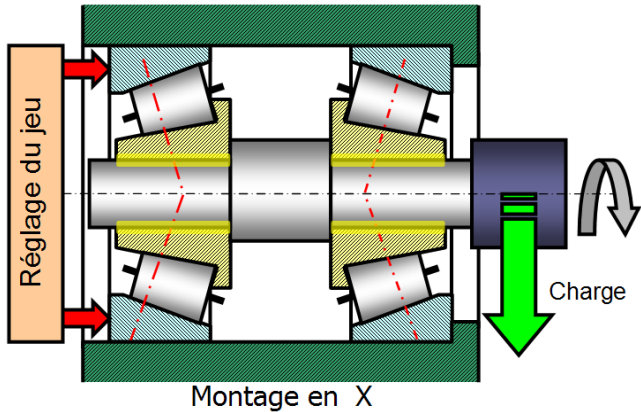
625ZZ

| Type de roulement | | Représentation | | Aptitude à la charge | | Aptitude à la vitesse | Remarques Utilisations |
|---|--|----------------|-----------------|----------------------|----------|-----------------------|--|
| | | Normale | Conventionnelle | Radiale ↓ | Axiale → | | |
| Roulement à billes à contact radial | | | | Élevé | Modéré | Élevé | Le plus utilisé. Très économique. Existe en plusieurs variantes (Étanche, avec rainure et segment d'arrêt ...) |
| Roulement à une de billes à contact oblique | | | | Élevé | Élevé | Modéré | Les roulements à une rangée de billes doivent être montés par paire. Avec une rangée de billes, la charge ne peut être appliquée que d'un côté. |
| Roulement à deux rangées de billes à rotule | | | | Élevé | Passable | Modéré | Il se monte par paire. Il est utilisé lorsque l'alignement des paliers est difficile ou dans le cas d'arbre de grande longueur pouvant fléchir sensiblement. |

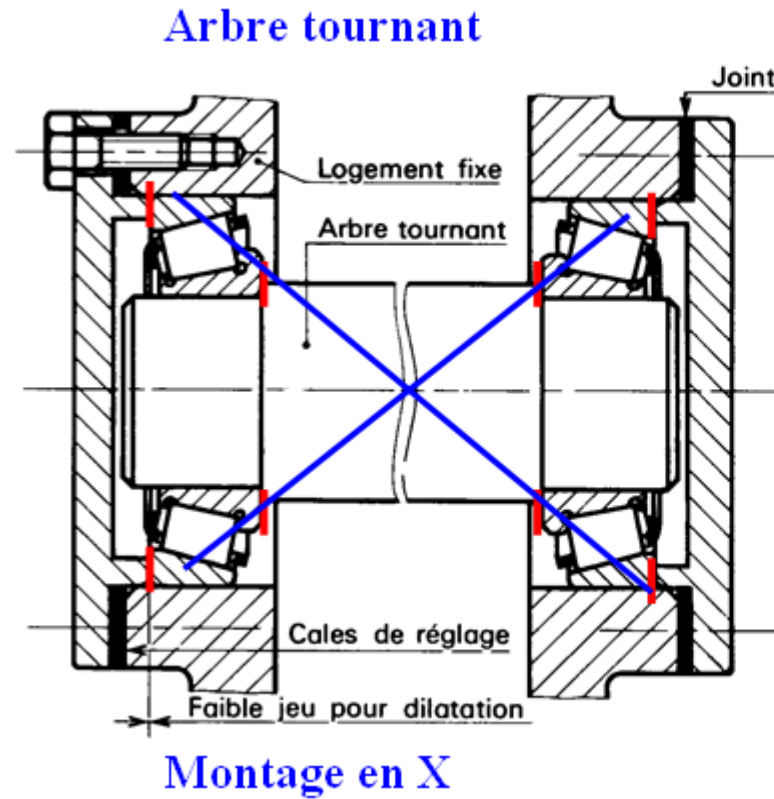
Les types de roulements

| Type de roulement | | Représentation | | Aptitude à la charge | | Aptitude à la vitesse | Remarques Utilisations |
|-----------------------------------|--|---|--|----------------------|----------|-----------------------|--|
| | | Normale | Conventionnelle | Radiale ↓ | Axiale → | | |
| Roulement à rouleaux cylindriques |  |  |  | Très élevé | Nul | Élevé | Il supporte des grandes charges radiales. Les bagues sont séparables, facilitant le montage. |
| Roulement à rouleaux coniques |  |  |  | Très élevé | élevé | Modéré | Il se monte par paire et en opposition. Les bagues sont séparables, facilitant le montage. |

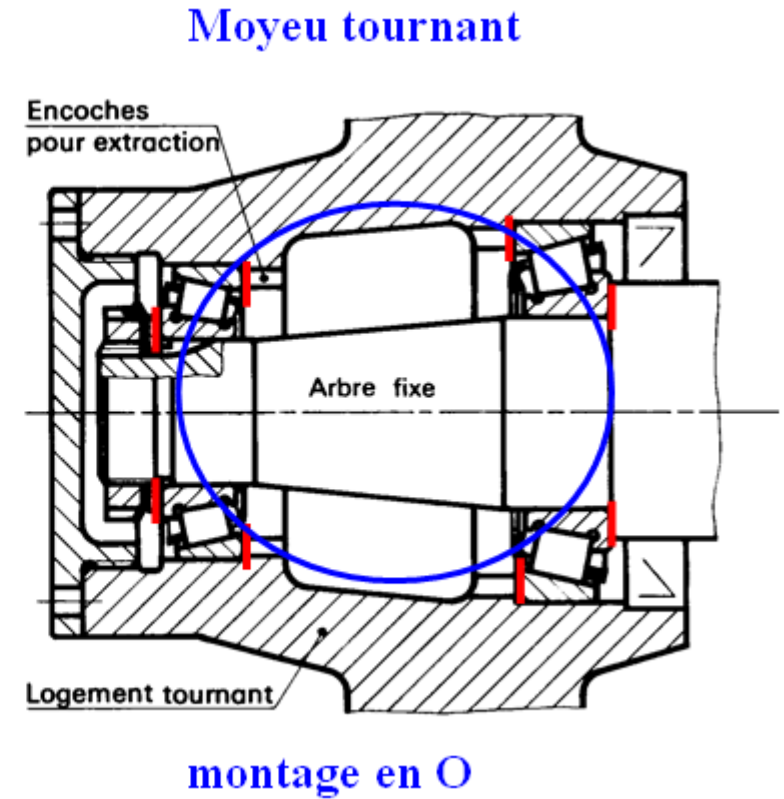
Le montage en X et en O



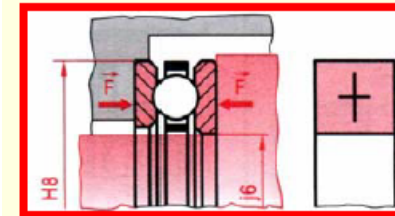
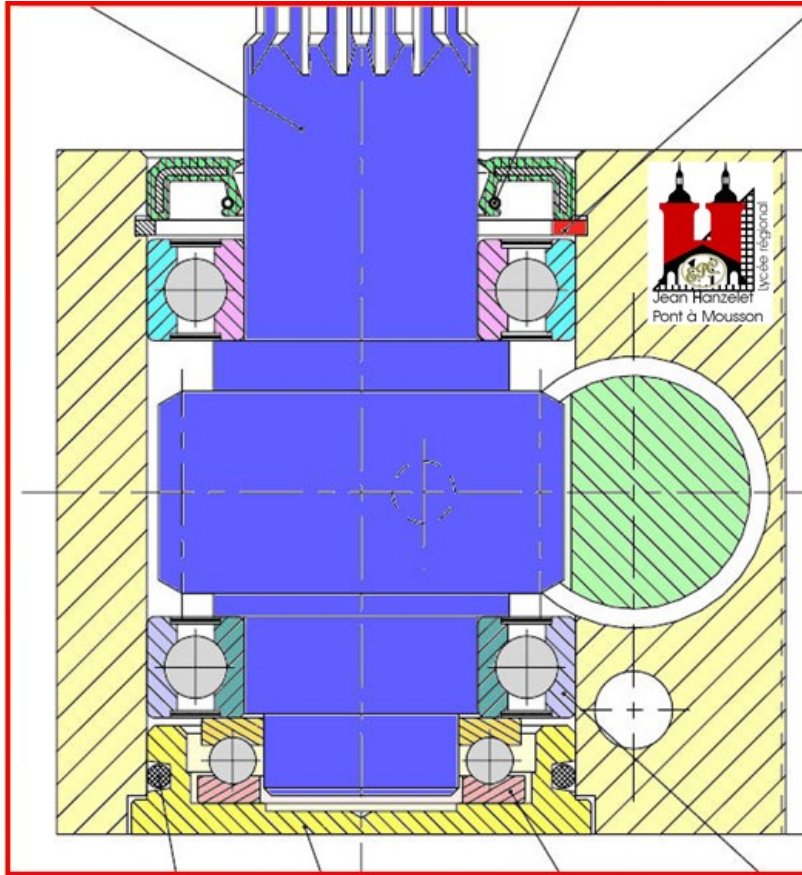
http://bboy78.free.fr/Cours%20TN01/C9_SolutionsTechnologiques.pdf



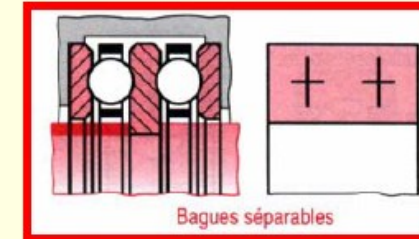
<https://www.cours-et-exercices.com/2016/12/montage-des-roulements.html>



Les types de roulements

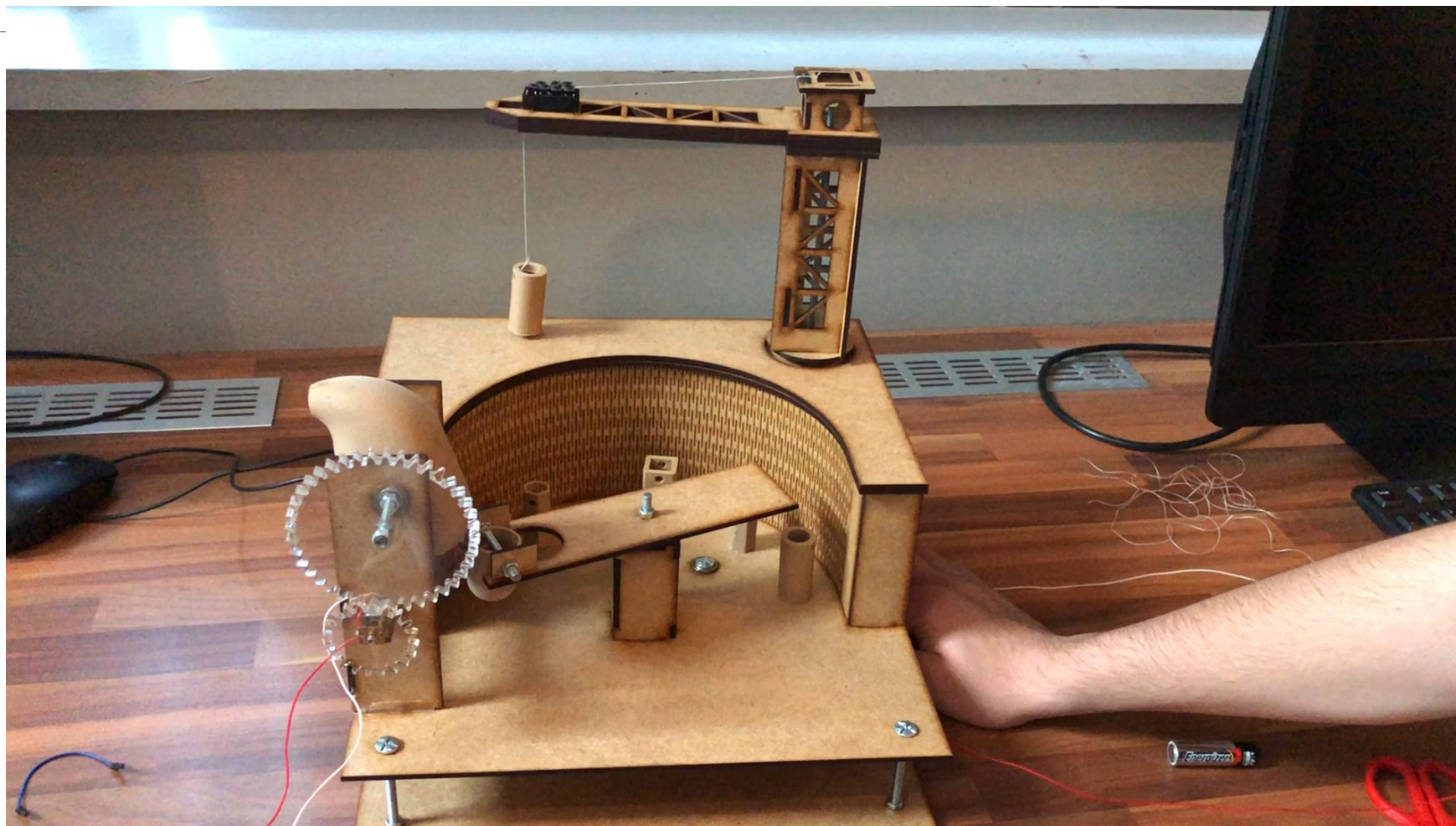


Les butées à simple effet ne supportent que des charges axiales dans un seul sens.



Les butées à double effet sont conçues pour subir des charges axiales alternées.

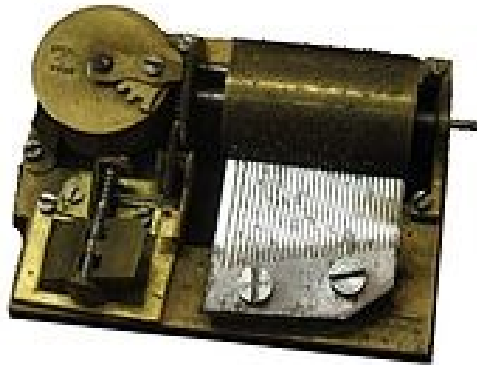
Exemple d'un projet



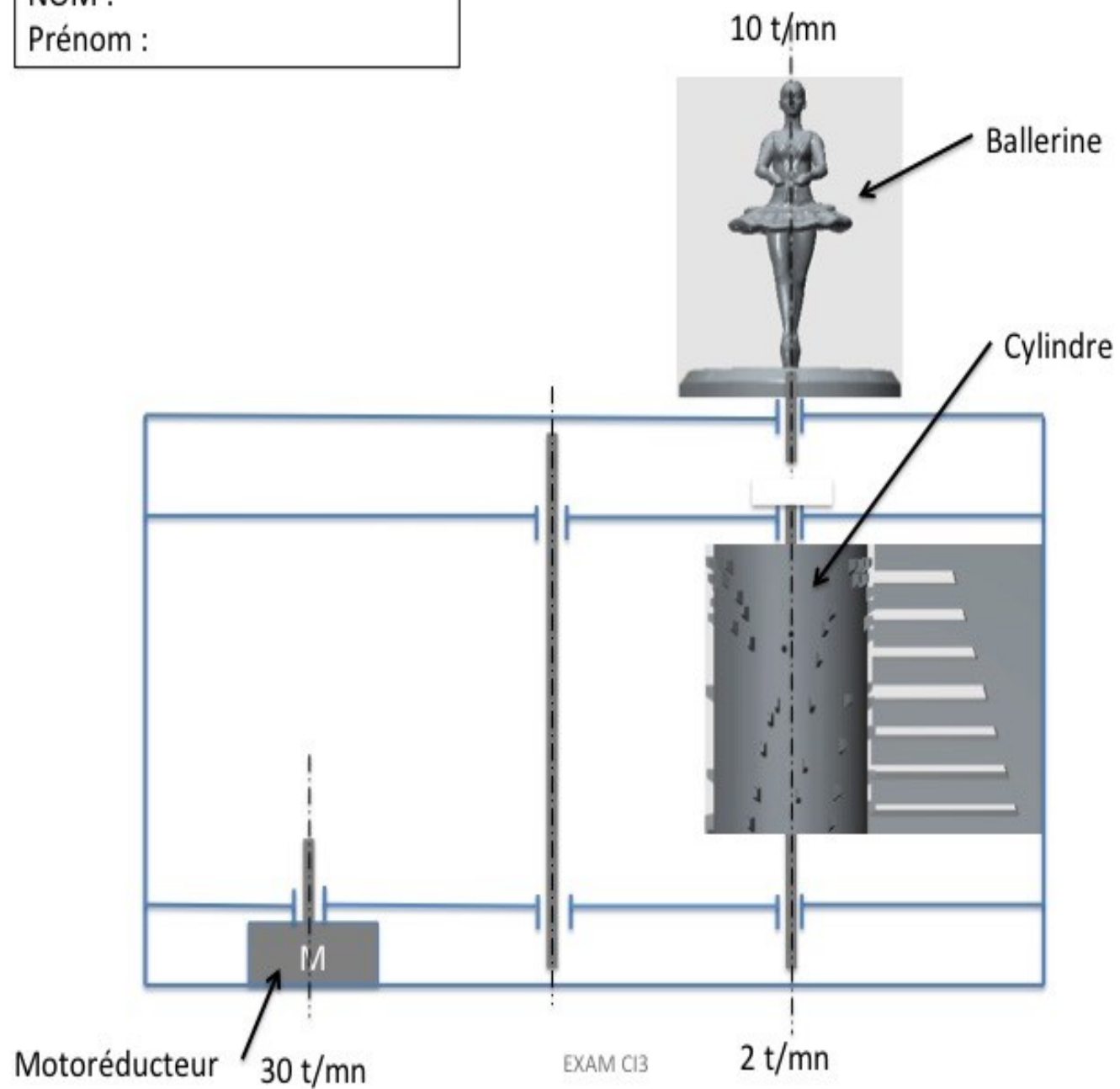
Exercice : Boîte à musique (sujet 2017)

Le travail demandé est la conception du mécanisme associant boîte à musique et personnage (ballerine) tels que décrits dans la fiche annexe. Le mouvement est donné par un micro motoréducteur électrique tournant à une vitesse de 30 tours/minute. Le cylindre a une vitesse de rotation de 2 t/mn et la ballerine de 10 t/mn .

1. Décrire le fonctionnement du mécanisme en complétant le schéma donné en annexe avec les commentaires utiles à la compréhension
2. Dimensionnez les engrenages et les entraxes



NOM :
 Prénom :



NOM :
Prénom :

$m=2$, $Z_1=10$, $d_1=20$ mm
 $d_2= 3 \times 20 = 60$ mm
 $Z_2 = 30$
 $d_3= 20$ mm
 $d_4 = 5 \times 20 = 100$ mm
 $Z_4 = 50$
 $d_5 = 60$, $Z_5 = 30$
 $d_6 = 60$, $Z_6 = 30$

