

Transmissions mécaniques

**Caractéristiques fondamentales,
Transmission positive et non-positive,
Cas de la liaison hélicoïdale**

Dr. S. Soubielle



Dans ce cours, nous allons...

- ... **Définir les caractéristiques fondamentales d'une transmission mécanique**
 - ... Puissances d'entrée et de sortie, notion de pertes et rendement
 - ... Distributeur et collecteur de puissance
 - ... Notion de réversibilité de la transformation
 - ... Définition du rapport de transmission
- ... **Caractériser les liaisons positive et non-positive**
 - ... Principes fondamentaux, avantages & inconvénients
- ... **Établir les expressions de rendement pour la liaison hélicoïdale**
 - ... Transf. « Rotation → Translation » et « Translation → Rotation »

Principes fondamentaux (1/3)

• Calcul de la puissance

- S'exprime en Watts = Newton × mètre / seconde
- C'est la dérivée du travail mécanique
- **Puissance en translation** → $\dot{W} = F \cdot V$
- **Puissance en rotation** → $\dot{W} = C \cdot \omega$

• Puissances d'entrée et de sortie, pertes et rendement

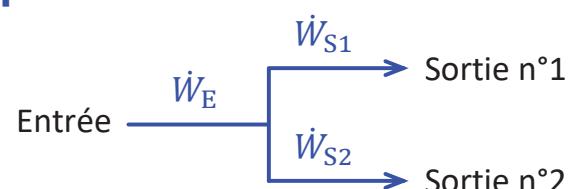


- Pertes : $\dot{Q} = \dot{W}_E - \dot{W}_S$
- Rendement : $\eta = \dot{W}_S / \dot{W}_E$

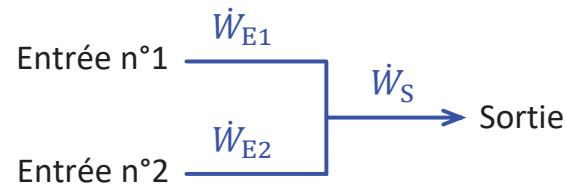
Principes fondamentaux (2/3)

• Distributeur / collecteur de puissance

- **Distributeur de puissance**
→ $\dot{W}_E = \dot{W}_{S1} + \dot{W}_{S2}$



- **Collecteur de puissance**
→ $\dot{W}_{E1} + \dot{W}_{E2} = \dot{W}_S$



• Réversibilité de la transmission

- Transmission réversible → on peut inverser l'entrée et la sortie
- Transmission non-réversible → blocage si on inverse (E) et (S)

Principes fondamentaux (3/3)

- **Rapport de transmission i**



- Caractérise la cinématique de la transmission

- $i = \text{Vitesse d'entrée} / \text{Vitesse de sortie}$

- ω_E / ω_S si Rotation → rotation
- V_E / V_S si Translation → translation
- ω_E / V_S si Rotation → translation
- V_E / ω_S si Translation → rotation

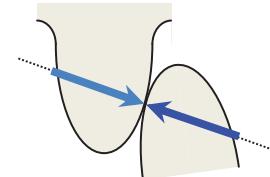
- **Terminologie**

- $|i| > 1$ → Réducteur de vitesse
- $|i| < 1$ → Multiplicateur de vitesse
- $i < 0$ → Inverseur de marche

Positive ou non-positive ? (1/2)

- **Transmission « positive » = par obstacle**

- Travail mécanique fourni par la composante normale de force
- Ex. : engrenages, courroies crantées, chaîne, came



- **Transmission « non-positive » = par frottement**

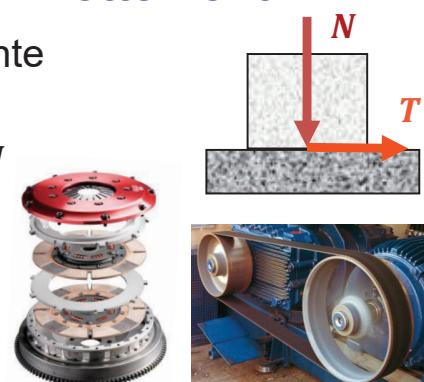
- Travail mécanique fourni par la composante tangentielle de force

$$\rightarrow \text{Frottement statique} \rightarrow T_{\text{Max}} = \mu_0 \cdot N$$

$$\rightarrow \text{Frottement dynamique} \rightarrow T = \mu \cdot N$$

$$+ \text{ Frottement visqueux} \rightarrow T = K \cdot V$$

- Ex. : disque d'embrayage et de frein, courroie lisse, pneumatique de véhicule



Positive ou non-positive ? (2/2)

- **Avantages / inconvénients**

- **Transmission positive**

- Densité de puissance élevée
 - Faible encombrement
 - Synchronisation des vitesses
 - ☒ Géométries complexes



- **Transmission non-positive**

- ☒ Échauffement local
 - ☒ Densité de puissance faible
 - Possibilité d'exploiter la non-linéarité de la loi de comportement (adhérence vs. glissement)
 - Limiteur de couple (fonction de sécurité)
 - Embrayage de véhicule (autorise le patinage)
 - Possibilité de transmission à rapport variable continu (boîte CVT)



Retour sur la liaison hélicoïdale

- **Cas de l'assemblage boulonné, serré et $M_D = 0$**

- **Fonction =** Assurer le maintien en position (liaison totale)
 - Liaison vis-écrou autoblocante \leftrightarrow $\delta'_0 > \alpha_2$

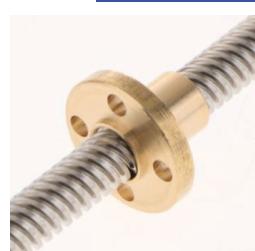
- **Liaisons vis / écrou non autobloquantes**

- **Fonction =** Transformer un mouvement de rotation en mouvement de translation (ou vice-versa)



- **Solutions techniques**

- Par frottement → Vis « mère »
 - Par roulement → Vis à billes



Rendement de la liaison hélicoïdale (1/4)

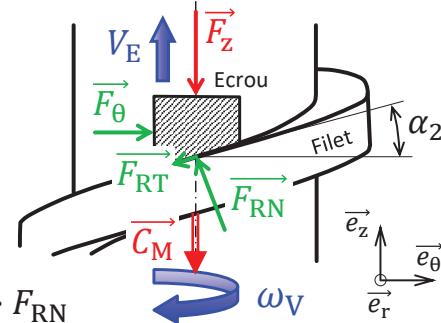
- Hypothèses**

- Les forces et les couples sont constants
- La vis tourne et l'écrou translate (cas le plus fréquent)

- Transformation rotation → translation**

$$\frac{\dot{W}_E = C_M \cdot \omega_V}{\text{Entrée (vis)}} \xrightarrow{\text{TRANSFORMATION}} \text{Rotation} \rightarrow \text{Translation} \xrightarrow{\dot{W}_S = F_z \cdot V_E} \text{Sortie (écrou)}$$

- **Écrou bloqué en rotation**
→ Monte à vitesse V_E sous l'effet de ω_V
- **Effort résistant axial F_z sur l'écrou**
→ Effort de réaction vis / écrou :
 $\vec{F}_R = \vec{F}_{RN} + \vec{F}_{RT}$ avec $F_{RT} = \mu' \cdot F_{RN} = \tan \delta' \cdot F_{RN}$

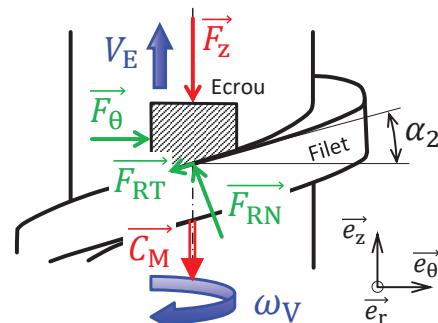


Rendement de la liaison hélicoïdale (2/4)

- Transf. rotation → translation (suite)**

- **Éq. statique sur l'écrou**

- Forces : $\vec{e}_\theta \rightarrow F_\theta - F_R \cdot \sin(\alpha_2 + \delta') = 0$
 $\vec{e}_z \rightarrow F_R \cdot \cos(\alpha_2 + \delta') - F_z = 0$
 $\rightarrow F_\theta = F_z \cdot \tan(\alpha_2 + \delta')$
- Moments : $\vec{e}_z \rightarrow C_M = F_\theta \cdot d_2/2$



- **Travail investi sur un tour** $\rightarrow W_E = C_M \cdot 2\pi$

Or $C_M = F_z \cdot \tan(\alpha_2 + \delta') \cdot d_2/2 \rightarrow W_E = F_z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \tan(\alpha_2 + \delta')$

- **Travail récupéré sur un pas** $\rightarrow W_S = F_z \cdot P$

Or $P/(\pi \cdot d_2) = \tan \alpha_2 \rightarrow W_S = F_z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \tan \alpha_2$

- **Rendement** $\rightarrow \eta_{M \rightarrow F} = \frac{\dot{W}_S}{\dot{W}_E} = \frac{W_S}{W_E} = \frac{\tan(\alpha_2)}{\tan(\alpha_2 + \delta')}$

Rendement de la liaison hélicoïdale (3/4)

- Transformation translation → rotation

- Hypothèse préliminaire

Pas d'autoblocage → $\delta'_0 < \alpha_2 \rightarrow \delta' < \alpha_2$

- Travaux mécaniques d'entrée et de sortie

$$\frac{\dot{W}_E = F_z \cdot V_E}{\text{Entrée (écrou)}} \xrightarrow{\text{TRANSFORMATION}} \text{Translation} \rightarrow \text{Rotation} \xrightarrow{\dot{W}_S = C_R \cdot \omega_V} \frac{\dot{W}_S}{\text{Sortie (vis)}}$$

- Écrou bloqué en rotation

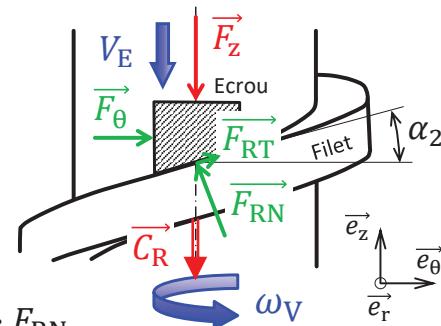
→ Descend à vitesse V_E sous l'effet de F_z

→ Entraîne la rotation de la vis

- Couple résistant C_R sur l'écrou

→ Effort de réaction vis / écrou :

$$\vec{F}_R = \vec{F}_{RN} + \vec{F}_{RT} \text{ avec } F_{RT} = \mu' \cdot F_{RN} = \tan \delta' \cdot F_{RN}$$



Rendement de la liaison hélicoïdale (4/4)

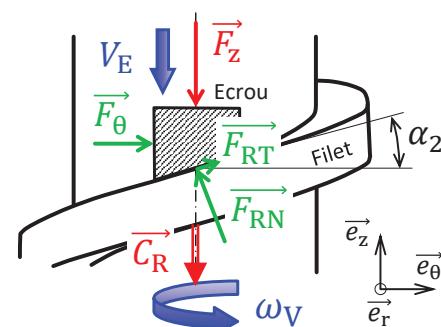
- Transf. Translation → rotation (suite)

- Éq. statique sur l'écrou

- Forces : $\vec{e}_\theta \rightarrow F_\theta - F_R \cdot \sin(\alpha_2 - \delta') = 0$
 $\vec{e}_z \rightarrow F_R \cdot \cos(\alpha_2 - \delta') - F_z = 0$

$$\rightarrow F_\theta = F_z \cdot \tan(\alpha_2 - \delta')$$

- Moments : $\vec{e}_z \rightarrow C_R = F_\theta \cdot d_2 / 2$



- Travail investi sur un pas

$$\text{Avec } P / (\pi \cdot d_2) = \tan \alpha_2$$

$$\rightarrow W_E = F_z \cdot P$$

$$\rightarrow W_E = F_z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \tan \alpha_2$$

- Travail récupéré sur un tour

$$\text{Or } C_R = F_z \cdot \tan(\alpha_2 - \delta') \cdot d_2 / 2$$

$$\rightarrow W_S = C_R \cdot 2\pi$$

$$\rightarrow W_S = F_z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \tan(\alpha_2 - \delta')$$

- Rendement → $\eta_{F \rightarrow M} = \frac{\dot{W}_S}{\dot{W}_E} = \frac{W_S}{W_E} = \frac{\tan(\alpha_2 - \delta')}{\tan(\alpha_2)}$

Des questions ?

