

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 \rightarrow Translation » et « Translation \rightarrow 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** $\rightarrow \dot{W} = F \cdot V$
- **Puissance en rotation** $\rightarrow \dot{W} = C \cdot \omega$

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



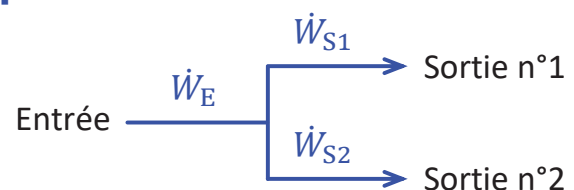
- Pertes : $\dot{Q} = \dot{W}_E - \dot{W}_S$
- Rendement : $\eta = \dot{W}_S / \dot{W}_E$

Principes fondamentaux (2/3)

• Distributeur / collecteur de puissance

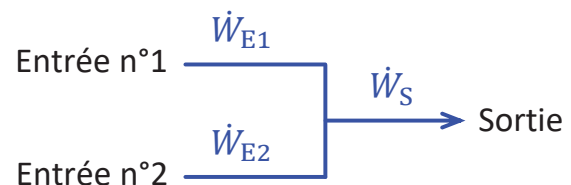
– Distributeur de puissance

$$\rightarrow \dot{W}_E = \dot{W}_{S1} + \dot{W}_{S2}$$



– Collecteur de puissance

$$\rightarrow \dot{W}_{E1} + \dot{W}_{E2} = \dot{W}_S$$



• Réversibilité de la transmission

- Transmission réversible \rightarrow on peut inverser l'entrée et la sortie
- Transmission non-réversible \rightarrow 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

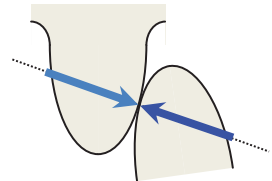
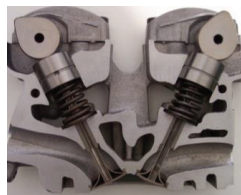
• $i < 0$ → Inverseur de marche

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

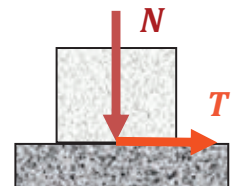
– Travail mécanique fourni par la composante tangentielle de force

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

→ Frottement dynamique → $T = \mu \cdot N$

+ Frottement visqueux → $T = K \cdot V$

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

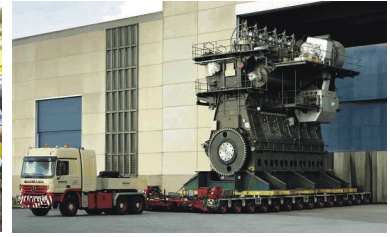


Positive ou non-positive ? (2/2)

• 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 (boite CVT)



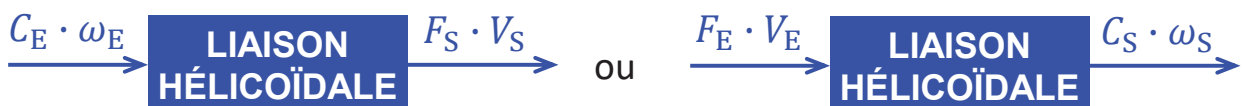
Retour sur la liaison hélicoïdale

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

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

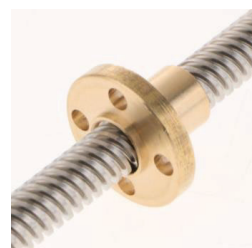
• Liaisons vis / écrou non autobloquantes

- **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



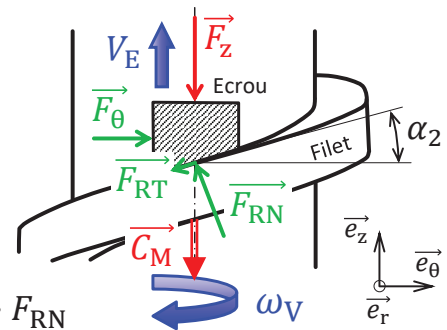
– Écrou bloqué en rotation

→ Monte à vitesse V_E sous l'effet de ω_V

– Effort résistant axial F_Z sur l'écrou

→ Effort de réaction vis / écrou :

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



S. Soubielle

9

Rendement de la liaison hélicoïdale (2/4)

• Transf. rotation → translation (suite)

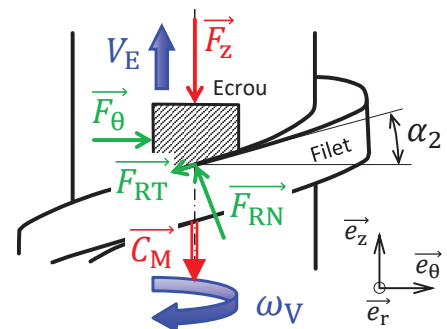
– Éq. statique sur l'écrou

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

$\vec{e}_z \rightarrow F_R \cdot \cos(\alpha_2 + \delta') - F_Z = 0$

→ $F_\theta = F_Z \cdot \tan(\alpha_2 + \delta')$

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



– Travail investi sur un tour

→ $W_E = C_M \cdot 2\pi$

Or $C_M = F_Z \cdot \tan(\alpha_2 + \delta') \cdot d_2 / 2$

→ $W_E = F_Z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \tan(\alpha_2 + \delta')$

– Travail récupéré sur un pas

→ $W_S = F_Z \cdot P$

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

→ $W_S = F_Z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \tan \alpha_2$

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

S. Soubielle

10

Rendement de la liaison hélicoïdale (3/4)

• Transformation translation → rotation

– Hypothèse préliminaire

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

– Travaux mécaniques d'entrée et de sortie



– Écrou bloqué en rotation

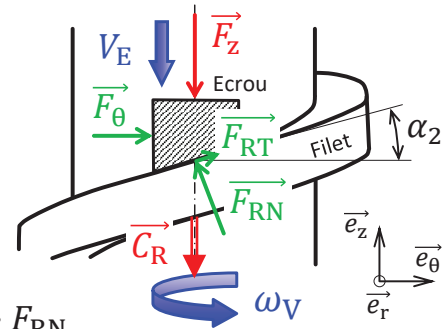
\rightarrow Descend à vitesse V_E sous l'effet de F_z

\rightarrow Entraîne la rotation de la vis

– Couple résistant C_R sur l'écrou

\rightarrow 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

$\rightarrow W_E = F_z \cdot P$

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

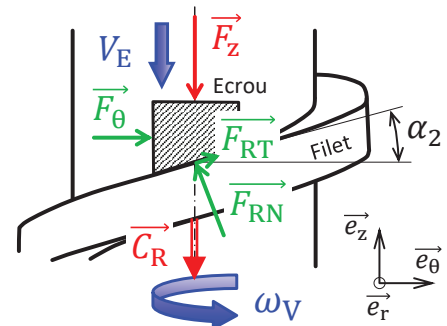
$\rightarrow W_E = F_z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \tan \alpha_2$

– Travail récupéré sur un tour

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

Or $C_R = F_z \cdot \tan(\alpha_2 - \delta') \cdot d_2/2 \rightarrow W_S = F_z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \tan(\alpha_2 - \delta')$

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



Des questions ?

