

Cours	Cours TE 4	TSI1 (Période 3)
	Transmission d'énergie avec modification de la vitesse angulaire	1h
	Cycle 7 : Transmettre l'énergie mécanique	4 semaines

RESOUDRE : Proposer une démarche permettant d'obtenir une loi entrée-sortie géométrique ou cinématique. ⇔

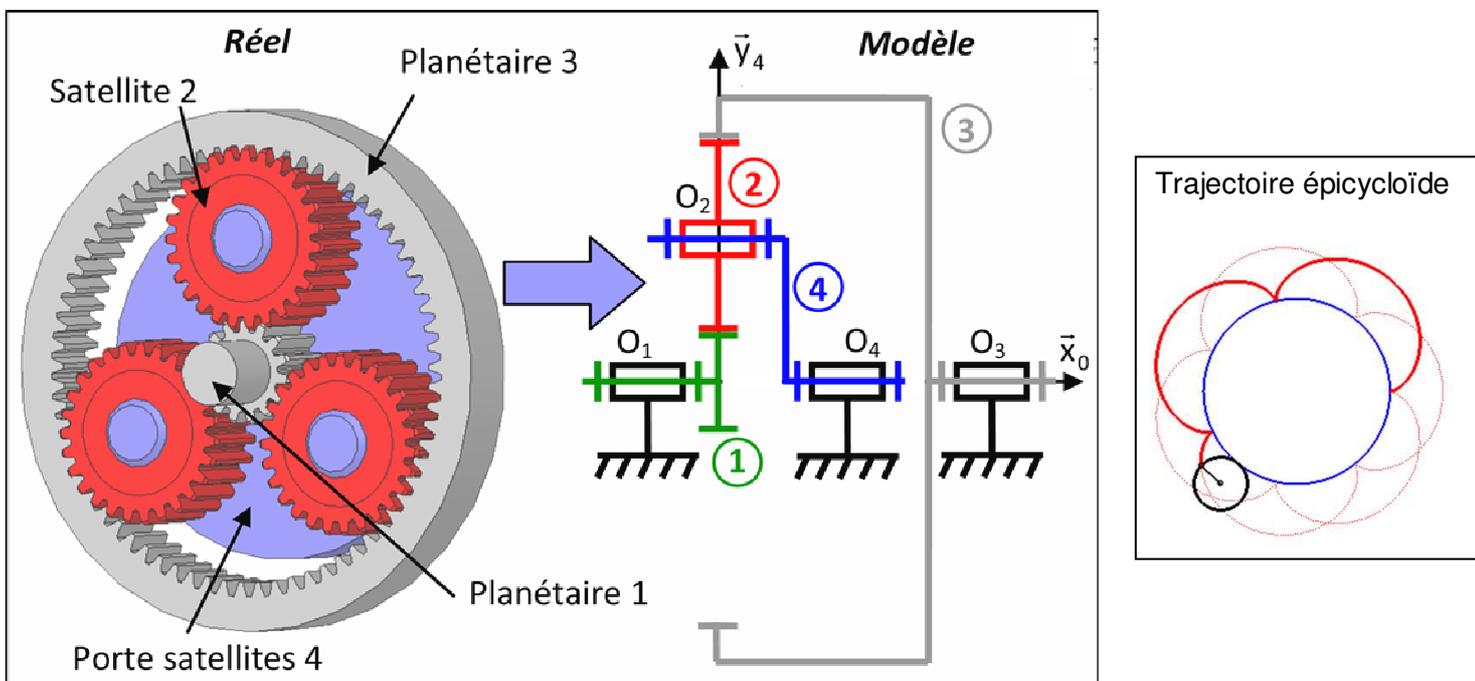
RESOUDRE : Déterminer les relations entre les grandeurs géométriques ou cinématiques.

CONCEVOIR : Choisir la technologie des composants de la chaîne de puissance.

1 Train d'engrenage épicycloïdal : présentation

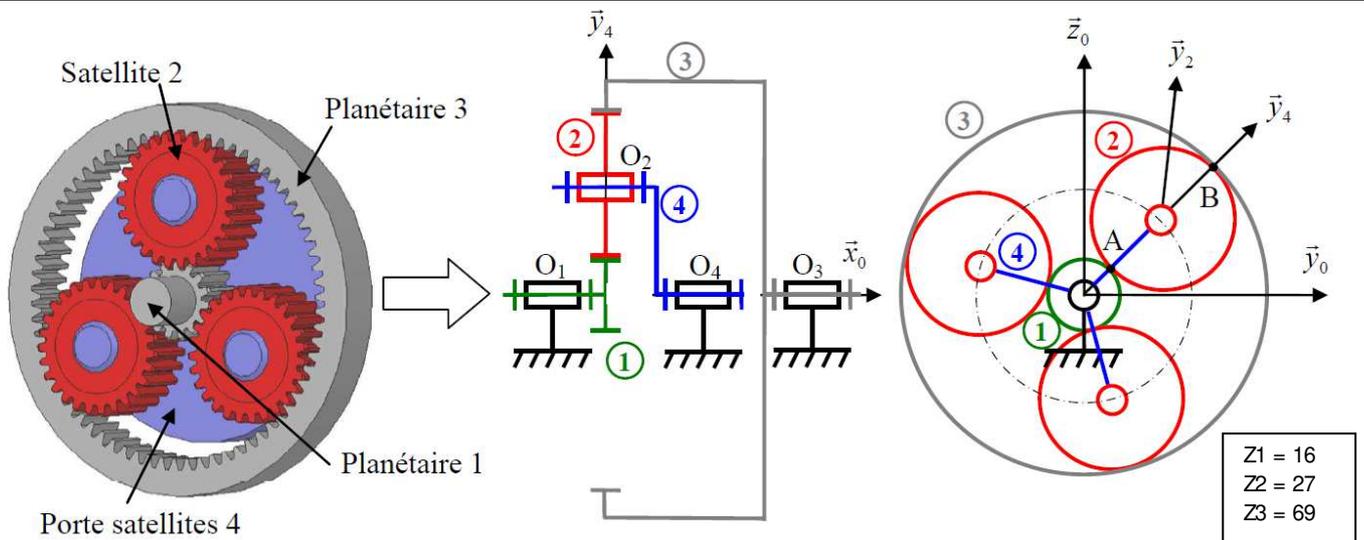
Le train d'engrenage épicycloïdal est un réducteur de type particulier. Il permet d'assurer une transmission de puissance avec modification de la fréquence de rotation. Il présente l'avantage d'avoir les arbres d'entrée et de sortie colinéaires.

Vocabulaire :



Description : Un tel réducteur est caractérisé par le fait que l'axe de rotation de certains de ses pignons (les satellites) sont mobiles par rapport aux axes de rotation des autres roues.

Si on place un point sur une des dents de ce pignon la trajectoire du point est alors une épicycloïde.



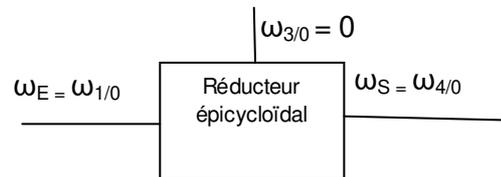
- Deux roues (pignons ou couronnes) qualifiées d'entrée et de sortie du train simple sont en rotation autour d'un axe fixe : ce sont les **planétaires**.
- Le **porte-satellite** est coaxial (concentrique pour les trains sphériques) aux planétaires,
- Les **satellites** tournent autour des planétaires et sont guidés en rotation par le porte-satellite.

Notations :

- $\omega_{1/0}$, $\omega_{4/0}$, $\omega_{3/0}$ sont les vitesses du solaire 1, du porte-satellite 4 et du planétaire 3,
- ω_E et ω_S sont les vitesses en entrée et sortie du réducteur.

Pour des raisons d'optimisation de rendement, de rapport de réduction et de conception, la configuration la plus fréquente pour le réducteur est :

- Entrée E = pignon solaire 1 ($\omega_{1/0}$),
- Sortie S = porte satellite 4 ($\omega_{4/0}$),
- fixe (bâti 0) = couronne planétaire 3 ($\omega_{3/0}$),



Avantages :

- ☺ Encombrement plus réduit à même rapport de réduction qu'un train simple,
- ☺ Coaxialité entre l'entrée et la sortie du réducteur,
- ☺ Fortes réductions ou multiplications possibles,
- ☺ La possibilité de se connecter à 3 éléments en même temps (E,S + porte satellite) permet de répartir l'énergie d'une entrée vers 2 sorties (et inversement). Exemple : différentiel ci-après.

Inconvénients :

- ☹ Équilibrage délicat du porte-satellite (donc plus cher) qui implique souvent de multiplier les satellites (3 satellites en général),
- ☹ Entraxes à respecter dans plusieurs directions (plusieurs satellites) : $D_3 = D_1 + 2 \cdot D_2$

2 Etude cinématique des trains d'engrenages épicycloïdaux

La méthode la plus simple est d'observer le train épicycloïdal comme étant un train simple par rapport au porte satellite.

En effet, vu du porte satellite :

- les planétaires sont en rotation d'axe fixe puisque cet axe est aussi commun au porte-satellite,
- les satellites sont guidés en rotation par le porte satellite, leur axe de rotation est donc fixe par rapport au porte-satellite.

➤ Etape ① : Raison de base r_b du train épicycloïdal.

Le rapport du train simple observé par rapport au porte satellite est appelé "raison de base" du train épicycloïdal. Il est obtenu en considérant le porte satellite comme fixe.

Formule de Willis (applicable seulement aux trains simples)

$$r_b = \frac{\omega_{s/ps}}{\omega_{e/ps}} = (-1)^n \frac{\prod Z \text{ menantes}}{\prod Z \text{ menées}}$$

où n est le nombre d'engrenages extérieurs (couple de roues à dentures extérieures)
 $\prod Z$ est le produit des nombres dents Z des roues menantes ou des roues menées

exemple : $r_b = \frac{\omega_{3/4}}{\omega_{1/4}} = -\frac{Z_1}{Z_3} = -0,23 = -1/4,3$

ATTENTION : le rapport exprimé ici fait intervenir des vitesses de rotation observées par rapport au porte-satellite. Pour obtenir le rapport de vitesses de la sortie sur l'entrée vue du bâti, on va utiliser la composition des vitesses.

➤ Etape ② : Ecriture des vitesses par rapport au bâti (ici 0) par composition des vitesses

La composition des vitesses conduit à l'écriture des vitesses par rapport au bâti 0 : $r_b = \frac{\omega_{3/4}}{\omega_{1/4}} = \frac{\omega_{3/0} + \omega_{0/4}}{\omega_{1/0} + \omega_{0/4}}$

En multipliant par le dénominateur : $r_b \cdot (\omega_{1/0} + \omega_{0/4}) = \omega_{3/0} + \omega_{0/4}$

qui avec $\omega_{0/4} = -\omega_{4/0}$ se met sous la forme

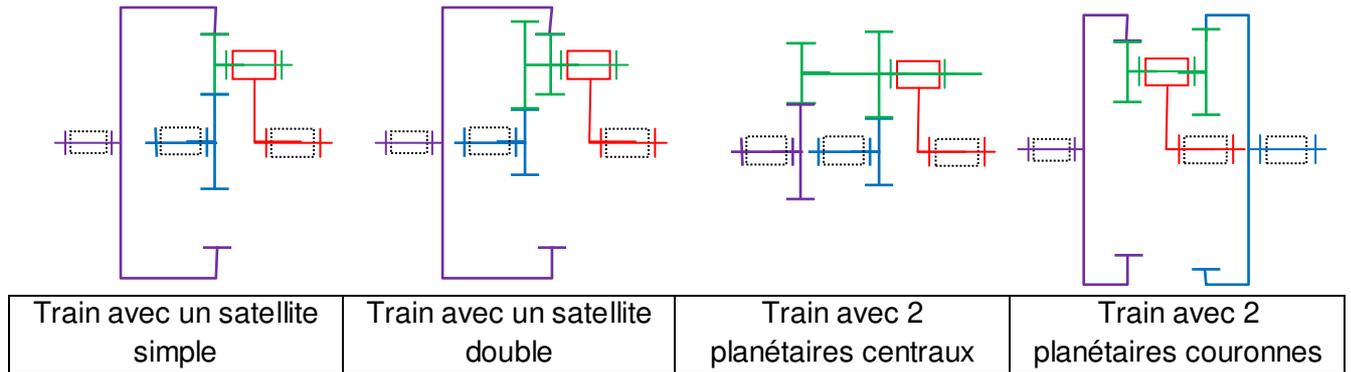
$$\omega_{3/0} + (r_b - 1) \cdot \omega_{4/0} - r_b \cdot \omega_{1/0} = 0$$

Notez bien :

- Cette dernière formule n'est pas à retenir (elle peut varier en fonction des indices des composants)
- Cette équation est parfois appelée formule de Willis du train épicycloïdal car elle est une conséquence directe de la formule de Willis des trains simples.
- On remarquera que la somme des facteurs présents devant les vitesses est nulle :
 $1 + (r_b - 1) - r_b = 0$ (moyen mnémotechnique pour vérifier que l'équation est correcte)

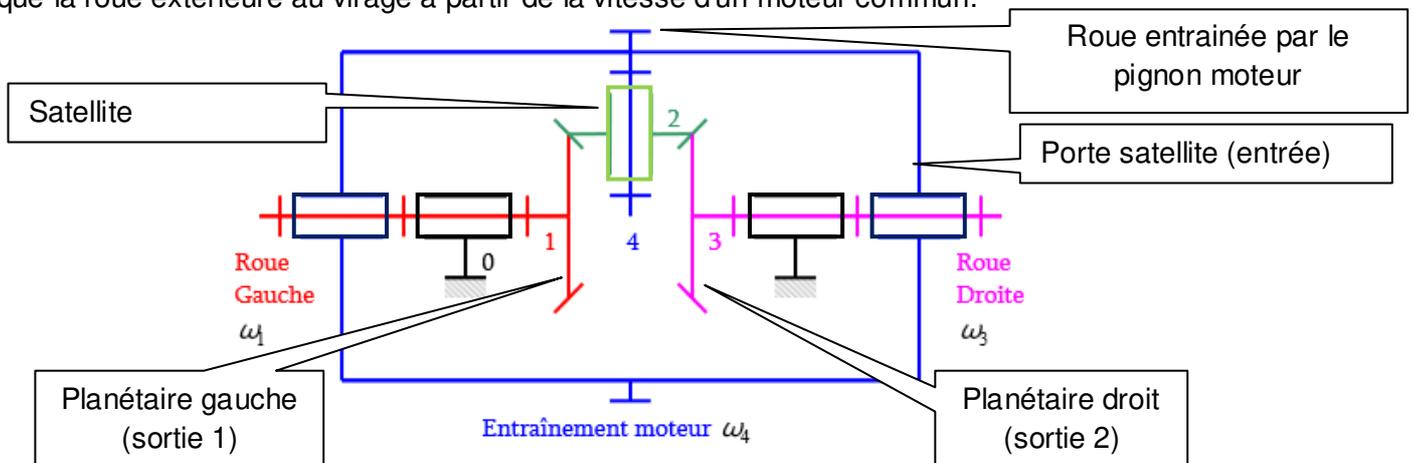
➤ Etape ③ : Rapport de transmission du train épicycloïdal $k = \frac{\omega_S}{\omega_E}$ obtenu en écrivant la nullité d'une des vitesses (ou parfois une relation entre deux vitesses imposée par l'extérieur)

Ici $\omega_S = \omega_{4/0}$, $\omega_E = \omega_{1/0}$ et $\omega_{3/0} = 0 \rightarrow k = \frac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}} = \frac{r_b}{r_b - 1} = 0,19$ (formule spécifique à ce type de train)

Différentes structures :**3 Différentiel**

Un différentiel a 1 entrée (le moteur) et 2 sorties (vers les roues).

Le différentiel permet à une voiture de pouvoir prendre un virage en entrainant la roue intérieure moins vite que la roue extérieure au virage à partir de la vitesse d'un moteur commun.



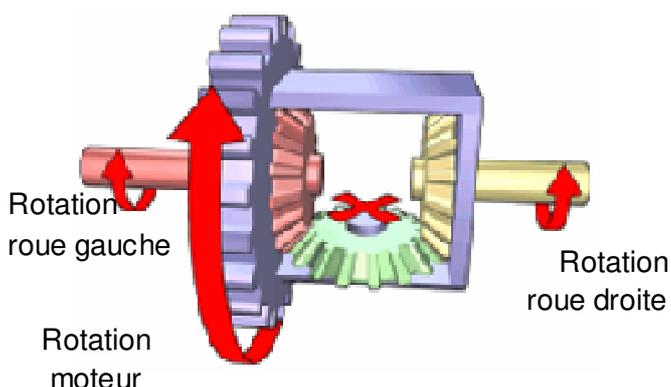
Ligne droite : vitesses des roues identiques → le différentiel tourne en bloc à la vitesse du porte satellite.

En virage, le différentiel délivre 2 vitesses différentes :

- les engrenages donnent une loi entrée sortie,
- le rayon de courbure de la trajectoire du véhicule et le roulement sans glissement des roues sur le sol donne la deuxième relation.

Si une des roues patine (sur un sol glacé) alors toute la vitesse du moteur va dans cette roue et le véhicule n'est plus motorisé → solution : blocage du différentiel (véhicules 4*4).

Remarque : sur un véhicule 4x4 il faut 3 différentiels → 4 vitesses pour les 4 roues.



Exemple de différentiel : différentiel pour transmission de voiture en modèle réduit.

La roue cylindrique à denture droite est ici entraînée par le moteur.

Elle est liée au porte satellite du train épicycloïdal à dentures coniques.

Sur le schéma, les 2 sorties (les roues planétaires) vont vers les roues du véhicule et tournent à même vitesse.

Si une des roues ralentit, l'autre sera accéléré

d'autant. Le véhicule tourne mais la vitesse du centre du véhicule reste constante.