

### Exemple d'élément de transmission de puissance LE TRAIN EPICYCLOÏDAL

Avec un seul train d'engrenage simple, la réduction de vitesse n'est généralement pas suffisante. De plus les arbres de sortie et d'entrée ne sont pas coaxiaux. L'utilisation de trains simples à plusieurs étages permet de combler ces problèmes mais cette solutions devient rapidement encombrante et lourde. Par conséquent on utilise des trains épicycloïdaux qui permettent d'obtenir de grands rapports de réduction dans un encombrement faible. L'objectif de ce cours est de mettre en place les modèles et les techniques de calcul pour déterminer les lois entrées sorties sur différentes technologies de trains épicycloïdaux.

## 1. Définitions et dispositions constructives

### Définition

Un train épicycloïdal est composé d'organes rotatifs dont au moins un élément, appelé satellite, est susceptible de prendre deux mouvements de rotation indépendants : une rotation autour de son axe propre et une rotation par rapport à l'axe général du système.

Sur l'exemple ci-dessus, on constate que le satellite 2 a un mouvement de rotation autour de son axe propre ( $O_2, \vec{x}_0$ ) et un mouvement de rotation autour de l'axe ( $O_1, \vec{x}_0$ ).

### Vocabulaire : planétaire, satellites et porte satellite

La ou les roues qui tournent autour d'un axe en mouvement dans le repère lié au bâti sont appelées satellites (*pièces 2 sur le schéma cinématique*). Le porte-satellites est l'élément avec lequel les satellites sont en liaison pivot (*pièce 4*). Les planétaires sont les deux éléments dentés en contact avec les dents des satellites (*pièces 1 et 3*).

### Remarque importante :

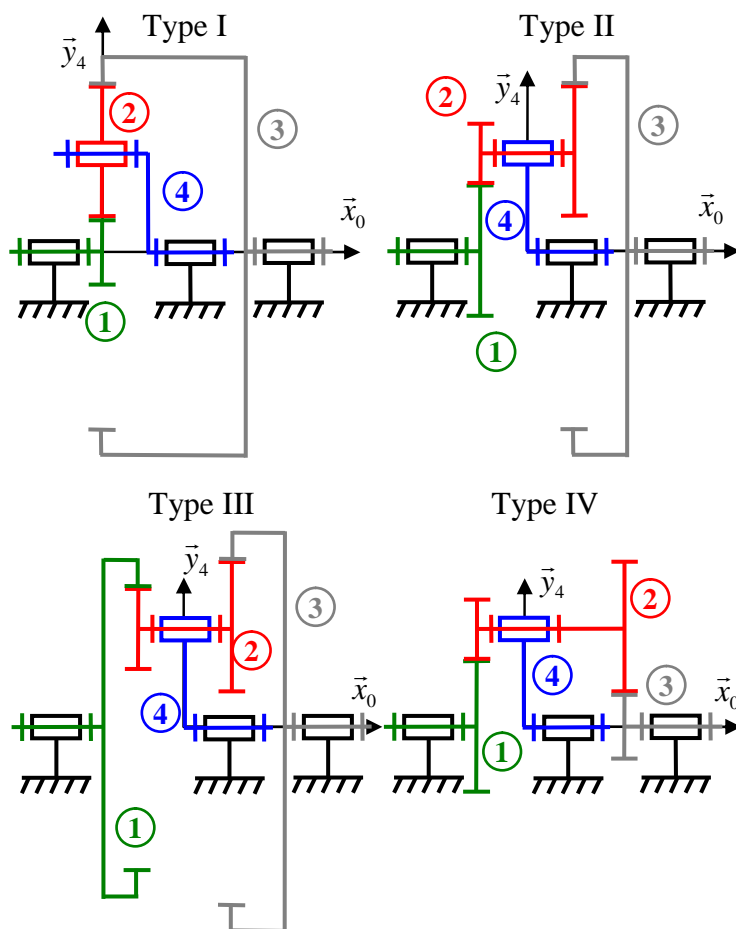
L'utilisation de plusieurs satellites ne change rien à la cinématique du train épicycloïdal. Ils sont ajoutés pour supprimer les efforts radiaux sur les arbres et réduire les efforts sur les dents.

### Dispositions constructives :

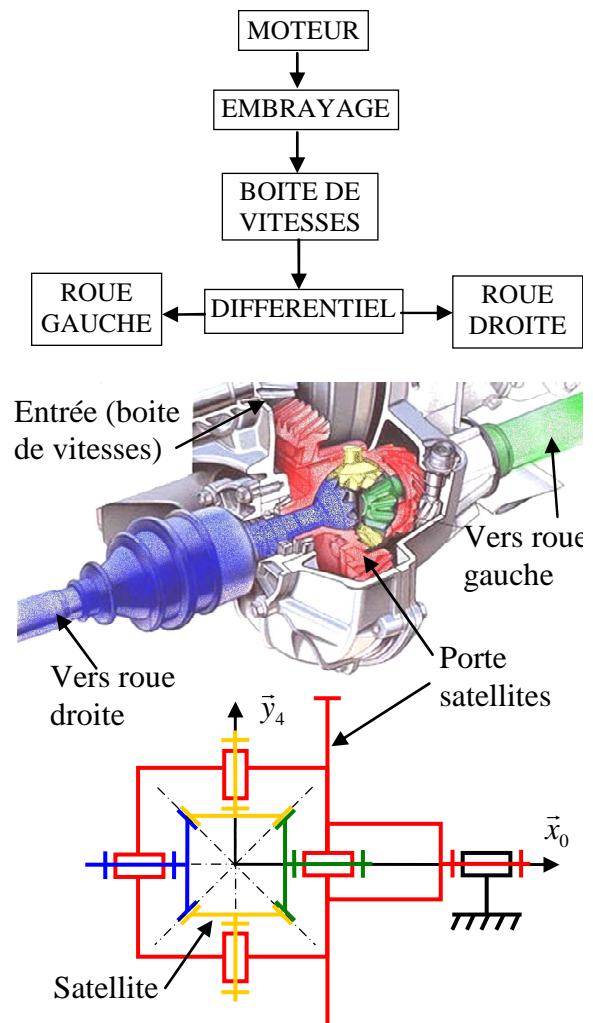
Un train épicycloïdal est dit plan si tous les axes sont parallèles, ce sont la majorité des trains (roue de camion, treuil, motoréducteur, ...). Il existe 4 configurations de train épicycloïdal plan. Un train épicycloïdal est dit sphérique si tous les axes sont concourants, on y retrouve donc des engrenages coniques (différentiel de voiture, ...).



Les 4 configurations de trains épicycloïdaux plans.



Différentiel automobile.



Pour les trains épicycloïdaux plans, les planétaires ou le porte satellite peuvent être l'arbre d'entrée ou de sortie mais généralement pour la majorité des cas, un des deux planétaires est l'entrée alors que l'autre est fixe et le porte satellite est la sortie.

Par rapport aux trains d'engrenages simples, les trains épicycloïdaux plans ont l'arbre de sortie et d'entrée alignés et des rapports de réduction élevés. La mise en série de plusieurs trains épicycloïdaux permet d'obtenir de grands rapports de réduction avec un encombrement relativement faible. Ils sont par contre plus chers et plus difficiles à réaliser.

## 2. Relation de Willis

La relation de Willis correspond à la loi d'entrée sortie d'un train épicycloïdal. Elle fournit la relation entre les vitesses de rotation des trois entrées par rapport au référentiel du bâti. Pour déterminer cette relation, on peut écrire les conditions de roulement sans glissement aux points de contact A et B.

$$\frac{\omega_{S/0} - \omega_{PS/0}}{\omega_{E/0} - \omega_{PS/0}} = \lambda \quad \text{avec} \quad \lambda = (-1)^n \cdot \frac{\prod \text{Roues menantes}}{\prod \text{Roues menées}}$$

Le paramètre  $\lambda$  est appelé raison de base du train, c'est une constante qui correspond au rapport de réduction du train d'engrenages simple obtenu en immobilisant le porte satellites.





### Utilisation pratique de la formule de Willis

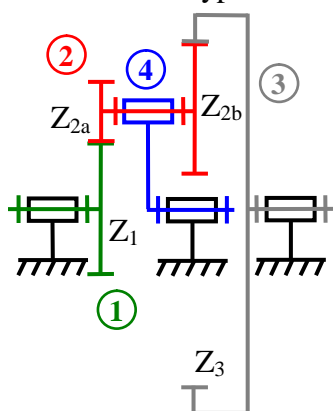
$$\omega_{S/0} - \lambda \cdot \omega_{E/0} + (\lambda - 1) \cdot \omega_{PS/0} = 0 \text{ avec } \lambda = (-1)^n \cdot \frac{\prod \text{Roues menantes}}{\prod \text{Roues menées}}$$

Le paramètre  $\lambda$  est appelé raison de base du train, c'est une constante qui correspond au rapport de réduction du train d'engrenages simple obtenu en immobilisant le porte satellites.

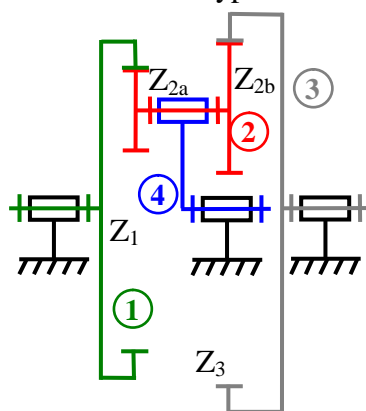
Pour faire fonctionner un train épicycloïdal plan, il faut imposer la vitesse de rotation de deux des trois entrées par rapport au bâti ( $\theta_{1/0}$ ,  $\theta_{3/0}$ , ou  $\theta_{4/0}$ ). Cependant dans la pratique on bloque souvent une de ces entrées ( $\theta_{1/0}$  ou  $\theta_{3/0}$  généralement) et on impose la vitesse de rotation à la deuxième entrée. La troisième ( $\theta_{4/0}$  généralement) est alors donnée par la relation de Willis en prenant en compte la vitesse nulle de l'entrée bloquée.

**Application :** Déterminer la formule de Willis dans le cas des trains de type II, III et IV.

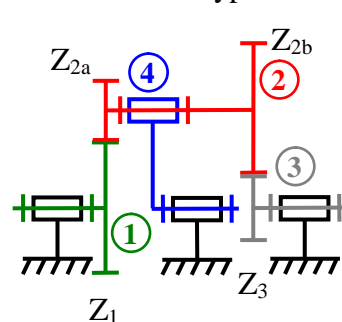
Train de type II



Train de type III



Train de type IV



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....