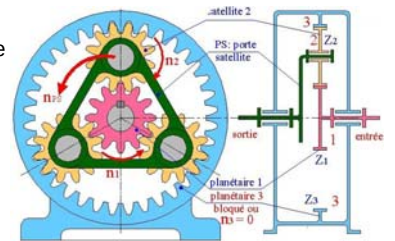
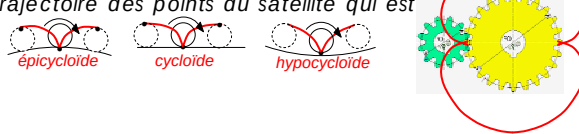


0 – MISE EN SITUATION

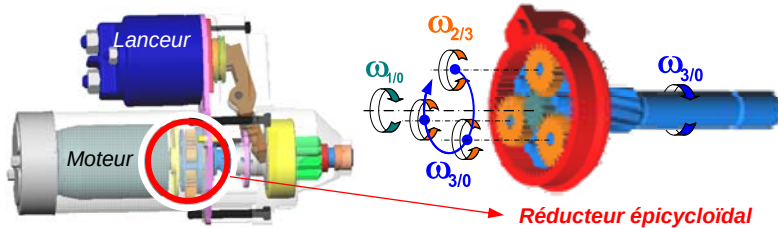
Un train épicycloïdal (ou train planétaire) est un train d'engrenages dont au moins une roue dentée (appelée satellite) est en mouvement épicycloïdal par rapport au carter fixe.

Le terme "épicycloïdal" provient de la trajectoire des points du satellite qui est une courbe appelée « épicycloïde ».



Exemple: Démarreur électrique

La puissance nécessaire au lancement du volant moteur (V) d'un véhicule est fournie par le moteur électrique (M) et transmise et adaptée par le réducteur à train épicycloïdal (R). Les mouvements d'entrée et de sortie du réducteur sont des mouvements de rotation de vitesse respective de $\omega_{1/0}$ et $\omega_{3/0}$. Seuls **les trois satellites (2)** sont en mouvement épicycloïdal.

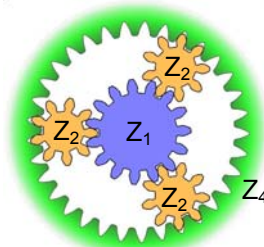


Le mouvement épicycloïdal plan de 2/0 est la composition de deux rotations:
Mvt 2/0 = Mvt 2/3 + Mvt 3/0 soit pour les vitesses :

$$\omega_{2/0} = \omega_{2/3} + \omega_{3/0}$$

Terminologie (empruntée au système solaire) :

- Le train planétaire est composé de :
 - ⇒ un planétaire intérieur ou pignon solaire : pignon 1
 - ⇒ plusieurs satellites : pignons 2
 - ⇒ un porte-satellite : pièce 3
 - ⇒ un planétaire extérieur (ou couronne) : roue dentée 4



1 – APPROCHE FONCTIONNELLE

On rappelle ici la fonction ainsi que les critères d'appréciation d'un réducteur en général:

Fp1: Transmettre une puissance mécanique de rotation en adaptant couple et vitesse aux besoins du récepteur

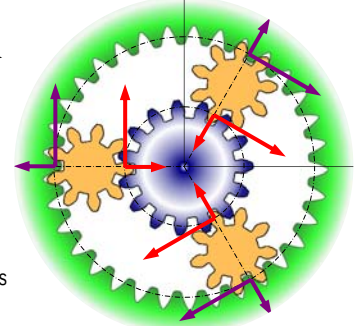
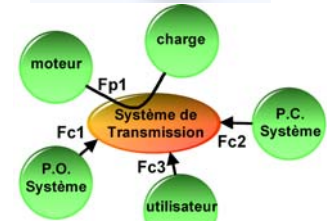
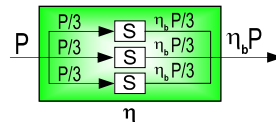
Le réducteur à train planétaire peut remplir cette fonction mais avec deux avantages très nets sur son homologue à train simple :

⇒ **La puissance** est transmise non plus en série mais en parallèle par au moins 3 satellites (S). Les composants sont moins sollicités, dimensionnés en conséquence, donc moins volumineux et moins lourds.

⇒ Les efforts radiaux inévitables qui sollicitent habituellement les éléments de guidage des pignons, ici se compensent et s'annulent! Les éléments de guidages sont beaucoup moins sollicités, voire plus du tout. Le porte-satellite en particulier est parfois monté "flottant" et donc auto-centré par les satellites.

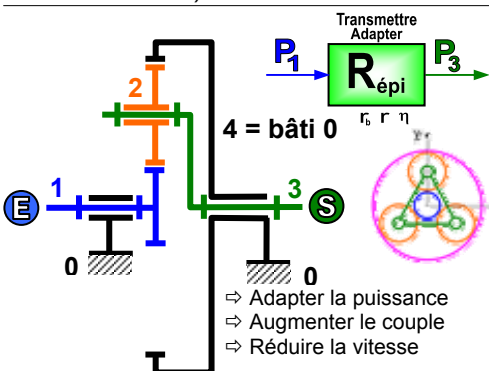
Mais le réducteur à train planétaire est bien plus qu'un super réducteur ; ses 3 éléments mobiles permettent 3 cas d'utilisation et de nombreuses configurations:

critère	niveau
⇒ Puissance	Watt
⇒ Couple	Nm
⇒ Vitesse	rd/s
⇒ Pertes (rendement)	en %
⇒ Précision	homocinétisme
⇒ Réversibilité	
⇒ Sens de rotation	
⇒ Inertie	E/S en kg.m ²
⇒ Encombrement	en dm ³



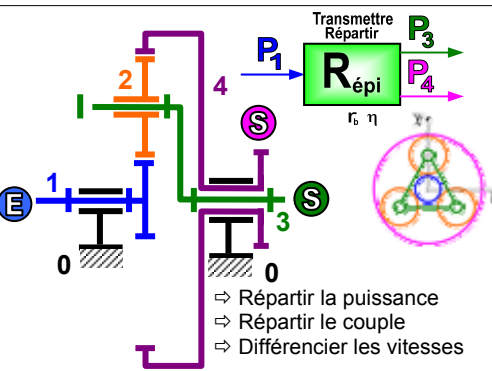
Cas 1 : Transmettre et Adapter

On peut bloquer un élément et conserver une entrée, une sortie. On assure ainsi les mêmes fonctions qu'un réducteur classique mais avec des performances accrues (réduction et d'encombrement).



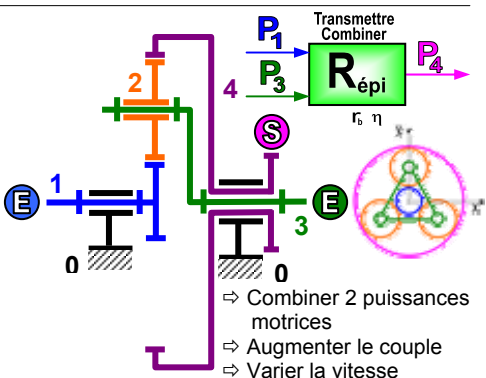
Cas 2 : Transmettre et Répartir

On peut également transmettre et répartir la puissance d'un même moteur à 2 récepteurs différents (1E/2S, ex: transmission classique ou intégrale de véhicule).

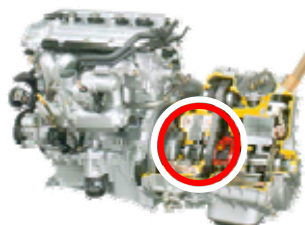


Cas 3 : Transmettre et Combiner

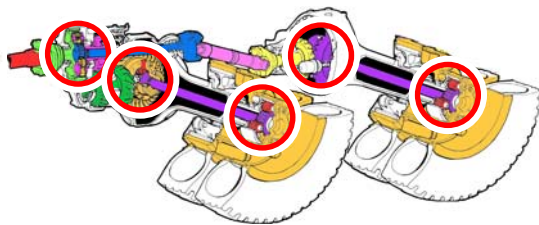
On peut également gérer et optimiser 2 puissances motrices tout en variant la vitesse du récepteur (véhicule hybride).



Ces avantages rendent leurs applications très fréquentes dans tous les secteurs industriels. Pour ne citer que le secteur automobile, on trouve par exemple:



Motorisation hybride
D'après Documents "Toyota"



Transmission intégrale de poids lourd
D'après Documents "Scania"

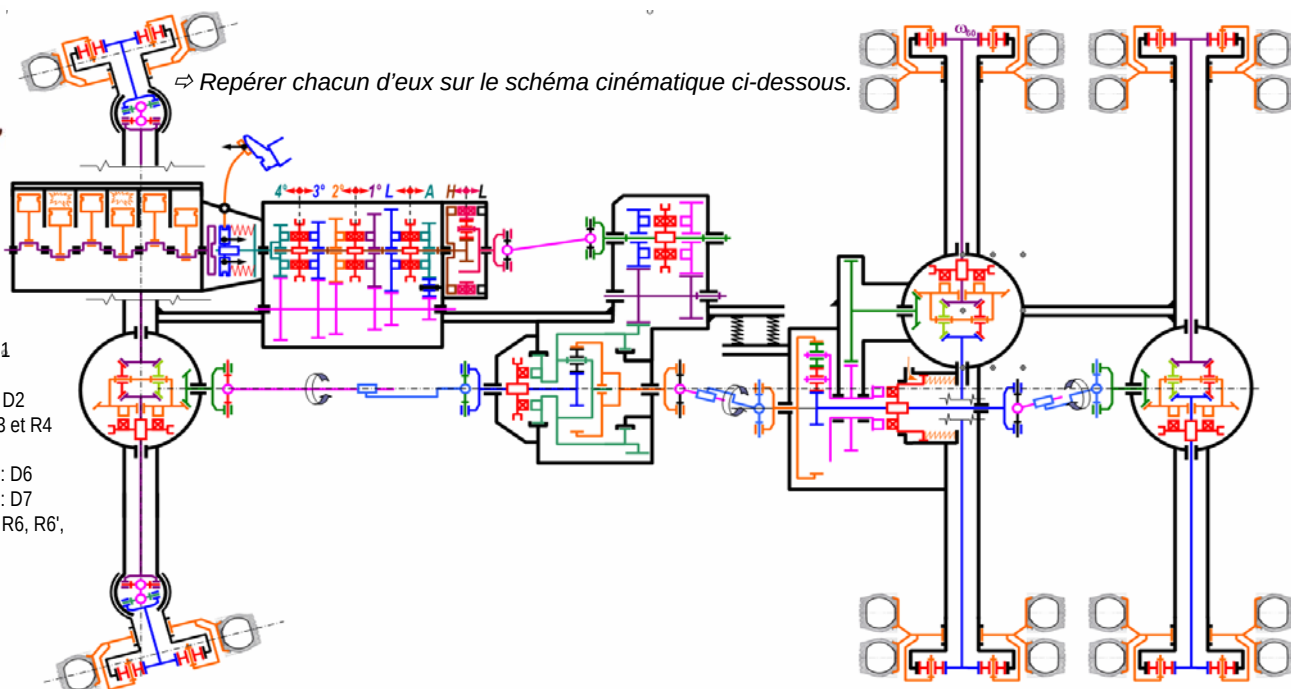


Boîte automatique
D'après Documents "Volvo"



Rétroviseur électrique
D'après Documents "Renault"

Exemple: Implantation de 12 trains épicycloïdaux dans une transmission intégrale 6x6 d'un camion de chantier



Doubleur de gamme : D.G.1
Différentiel Inter-pont : D1
Différentiel de pont Avant : D2
Réducteurs de roue AV: R3 et R4
Différentiel de Bogie : D5
Différentiel de pont Arrière : D6
Différentiel de pont Arrière : D7
Réducteurs de roue ARR : R6, R6',
R7 et R7'

2 – APPROCHE STRUCTURELLE

Les trains épicycloïdaux peuvent être :

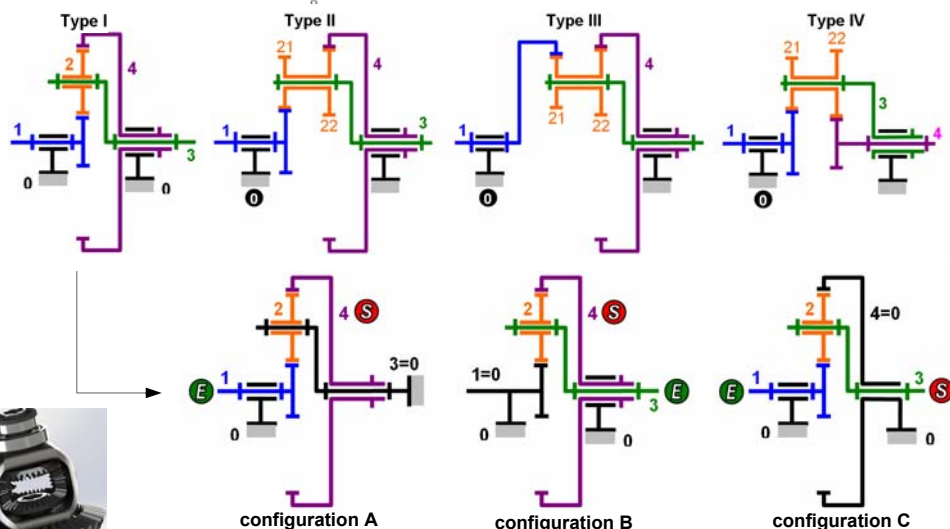
⇒ de type I, II, III ou IV

Type I : 1 planétaire intérieur et 1 extérieur
Type II : idem type I avec satellite double
Type III : 2 planétaires extérieurs
Type IV : 2 planétaires intérieurs

⇒ en configuration A, B ou C

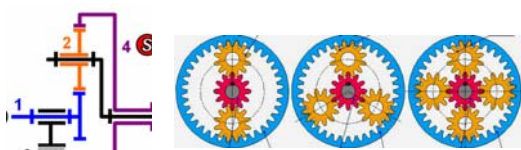
A : porte-satellite bloqué
B : planétaire intérieur bloqué
C : planétaire extérieur bloqué

⇒ plans ou sphériques

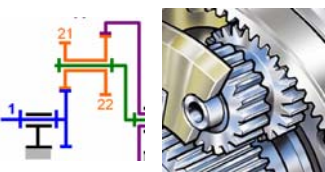


⇒ à satellites simples, doubles (type II, III ou IV) ou multiples

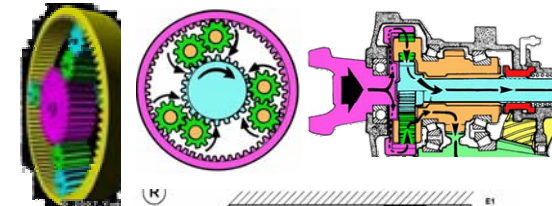
Satellites simples



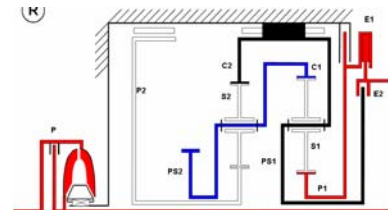
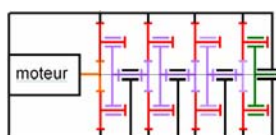
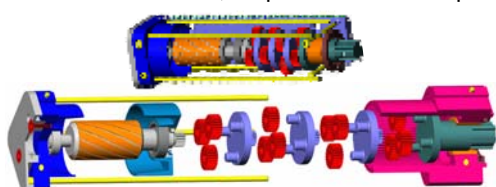
Satellites doubles



Satellites multiples

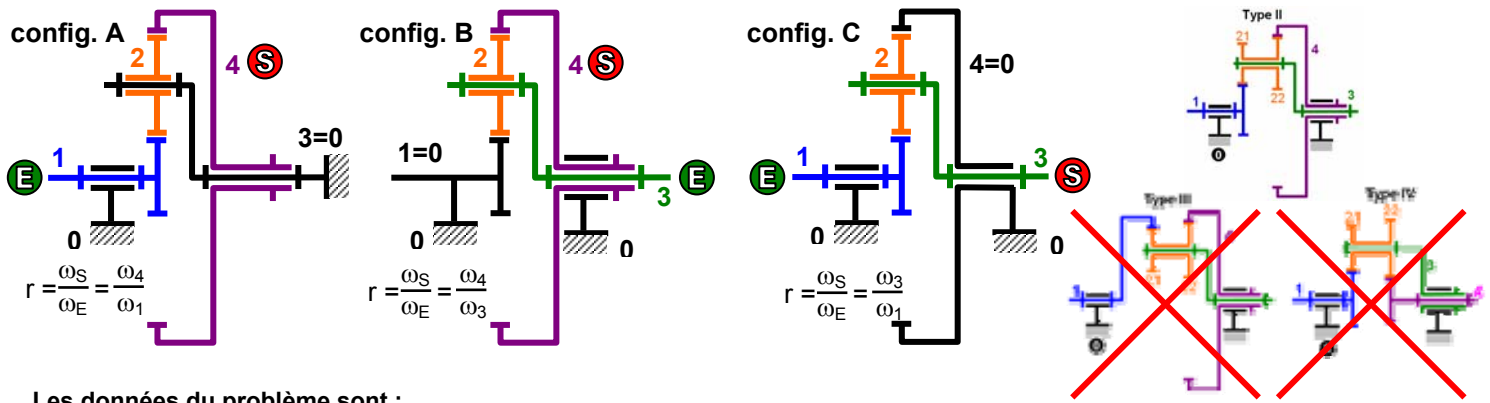


⇒ montés en série, en parallèle ou imbriqués



3 – APPROCHE CINEMATIQUE : TRAIN EPICYCLOIDAL SIMPLE de type 1

L'objectif essentiel ici est de déterminer le rapport de réduction du train épicycloïdal. On se limitera pour cette année aux trains les plus couramment utilisés mais aussi les plus simples ; les trains de type I et II dont un des trois éléments est bloqué.



Les données du problème sont :

- ⇒ l'élément d'entrée, l'élément de sortie et l'élément bloqué
- ⇒ une des deux vitesses : ω_S ou ω_E
- ⇒ les nombres de dents

L'objectif du problème est :

- ⇒ trouver la vitesse manquante ω_S ou ω_E sachant que $r = \frac{\omega_S}{\omega_E}$

Il suffit donc de calculer r et pour cela, on utilise une seule et unique relation : la **formule de Willis**

$$r_b = \frac{\omega_{Sb/PS}}{\omega_{Eb/PS}} = \frac{\omega_{Sb/0} - \omega_{PS/0}}{\omega_{Eb/0} - \omega_{PS/0}} = (-1)^p \frac{\prod Z_{menantes}}{\prod Z_{menées}}$$

r_b est la raison basique du train, c'est-à-dire le rapport de réduction du train dans sa configuration où le porte-satellite est bloqué (train simple ou basique).

L'application de la formule de Willis est délicate et requiert de l'habitude. L'idéal est, dans un premier temps, de la redémontrer.

En effet, r_b n'est pas le rapport de réduction recherché. Mais si on applique la méthode suivante, on trouve à coup sûr r_b et donc r .

⇒1 : Objectif : $r = \omega_{S/0} / \omega_{E/0}$.

Repérez l'entrée E et la sortie S puis exprimer ce que vous cherchez : $r = \omega_{S/0} / \omega_{E/0}$ ainsi que la vitesse nulle de l'élément bloqué.

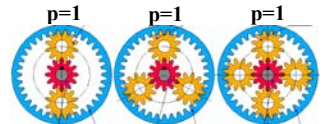
⇒2 : Raison basique : r_b

Bloquer le PS (Porte-satellite), libérer le planétaire bloqué puis, choisissez une entrée et une sortie (dites basiques).

Enfin, exprimer r_b :

$$r_b = \frac{\omega_{Sb/PS}}{\omega_{Eb/PS}} = (-1)^p \frac{\prod Z_{menantes}}{\prod Z_{menées}}$$

Rq : le nombre de satellites n'influe pas sur le rapport de transmission

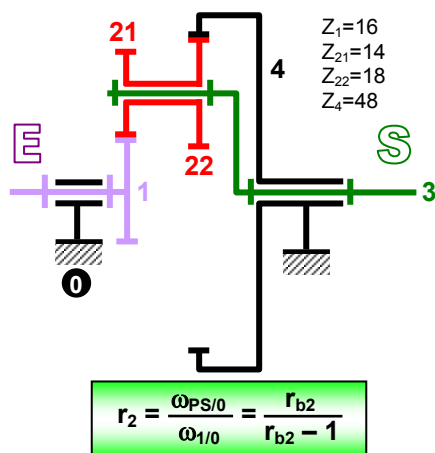


⇒3 : Composition des vitesses par rapport au bâti 0

Exprimer $\omega_{Sb/PS} = \omega_{Sb/0} + \omega_{0/PS} = \omega_{Sb/0} - \omega_{PS/0}$ puis $\omega_{Eb/PS} = \omega_{Eb/0} + \omega_{0/PS} = \omega_{Eb/0} - \omega_{PS/0}$

⇒4 : Rapport de réduction $r = f(r_b)$

Exemple résolu:



Réducteur

1) Objectif: $r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0}$ avec $\omega_{4/0} = 0$

2) Raison basique: Le porte-satellite 3 est bloqué. 4 est libéré

$$r_{b2} = \omega_{4/PS} / \omega_{1/PS} = -Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \approx -0,428$$

3) Composition des vitesses:

$$r_{b2} = (\omega_{4/0} + \omega_{0/PS}) / (\omega_{1/0} + \omega_{0/PS}) = (\omega_{4/0} - \omega_{PS/0}) / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0})$$

4) $r = f(r_{b2})$: avec $\omega_{4/0} = 0$

$$\Rightarrow r_{b2} = -\omega_{PS/0} / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0})$$

$$\Rightarrow -\omega_{PS/0} = \omega_{1/0} \cdot r_{b2} - \omega_{PS/0} \cdot r_{b2}$$

$$\Rightarrow \omega_{PS/0} (r_{b2} - 1) = \omega_{1/0} \cdot r_{b2}$$

$$\Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} = r_{b2} / (r_{b2} - 1)$$

$$\Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} = +0,3 \approx 1/3,3$$

Variante: en développant r_{b2} :

$$r_{b2} = -\omega_{PS/0} / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0}) = -Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4$$

$$\Rightarrow -\omega_{PS/0} \cdot Z_{21} Z_4 = -\omega_{1/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} + \omega_{PS/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22}$$

$$\Rightarrow +\omega_{1/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} = \omega_{PS/0} \cdot (Z_1 \cdot Z_{22} + Z_{21} Z_4)$$

$$\Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} = Z_1 \cdot Z_{22} / (Z_1 \cdot Z_{22} + Z_{21} Z_4)$$

$$\Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} = 16.18 / (16.18 + 14.48)$$

$$\Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} = +0,3 \approx 1/3,3$$

Exemple à résoudre:

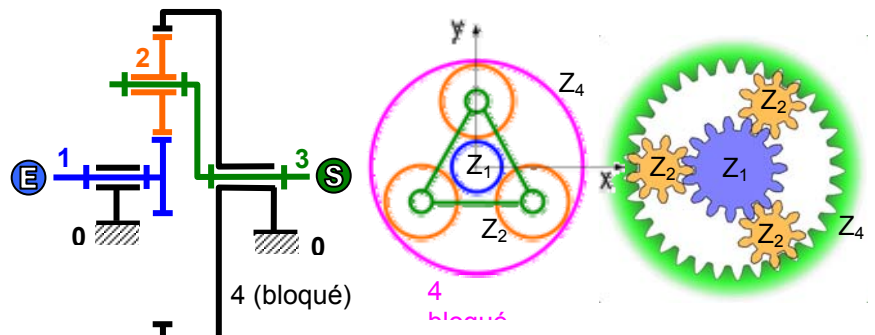
Soit le train épicycloïdal ci-contre :

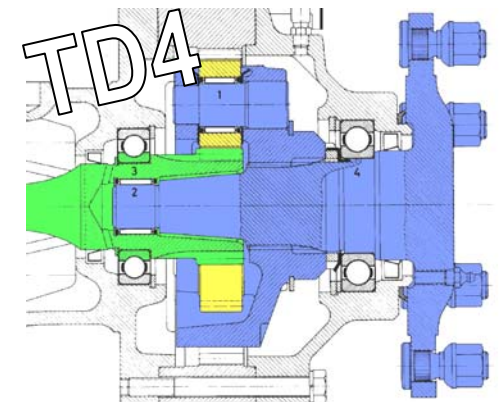
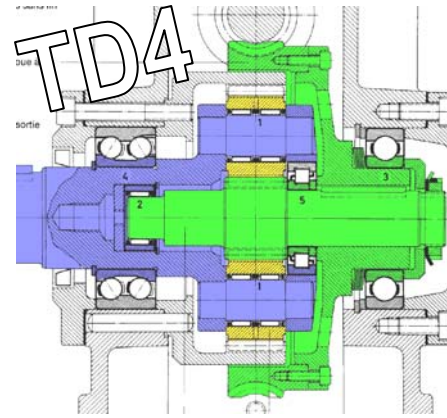
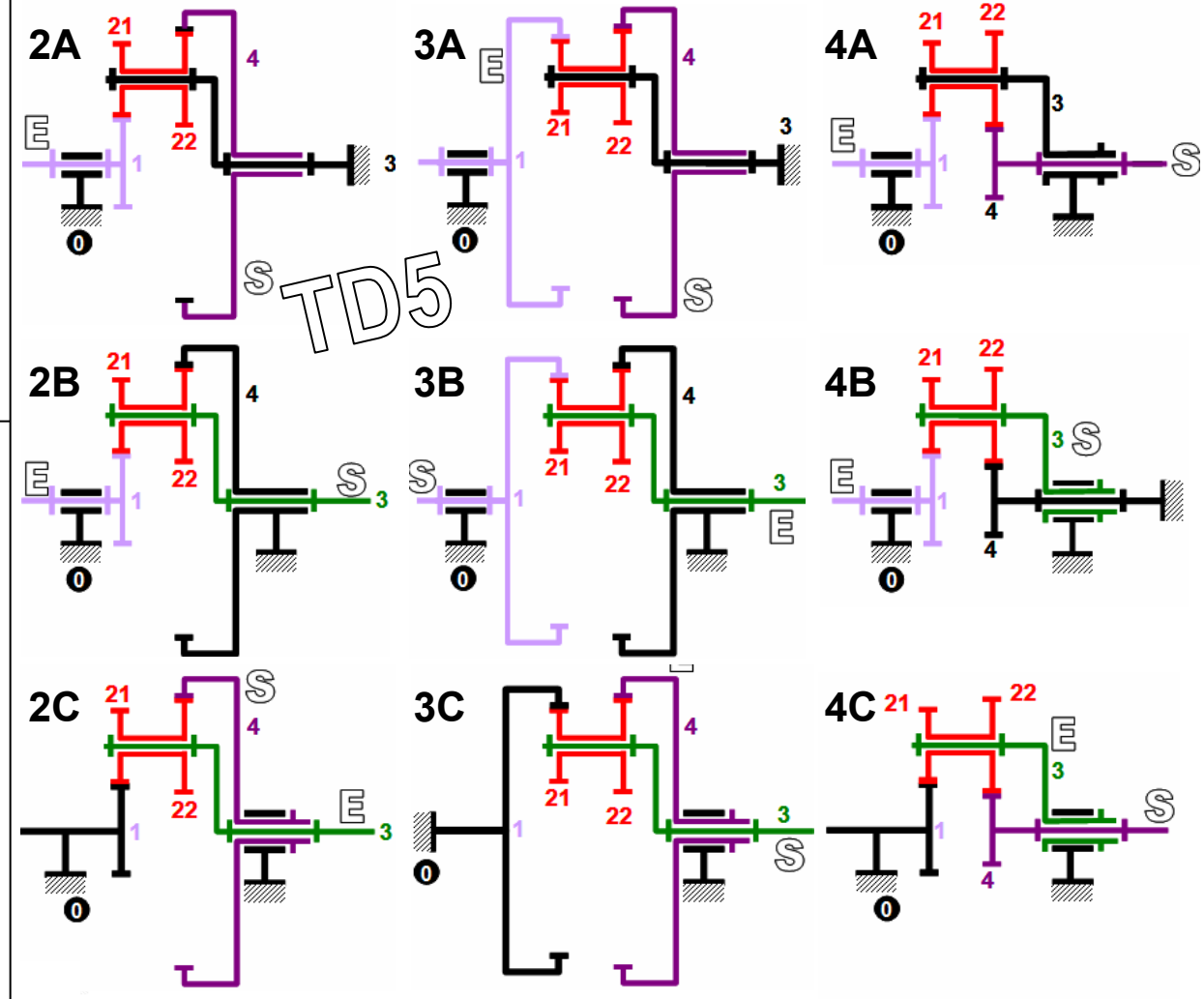
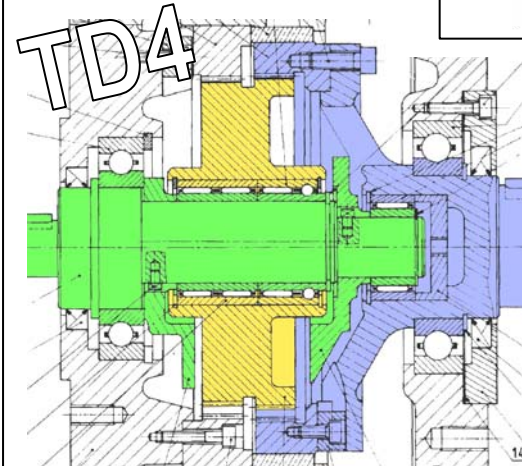
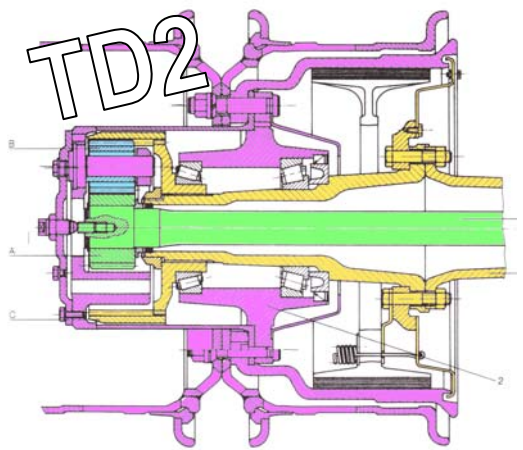
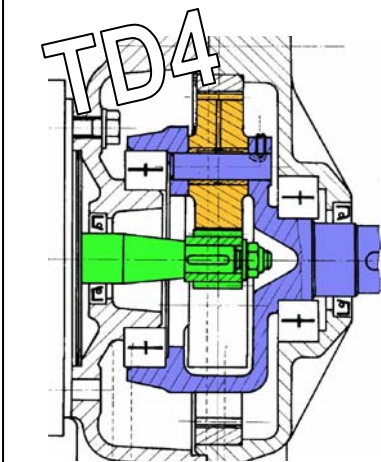
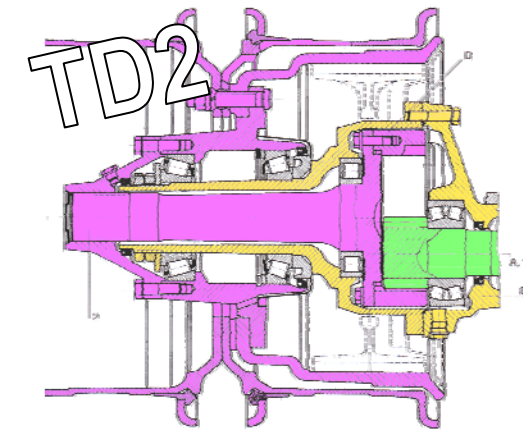
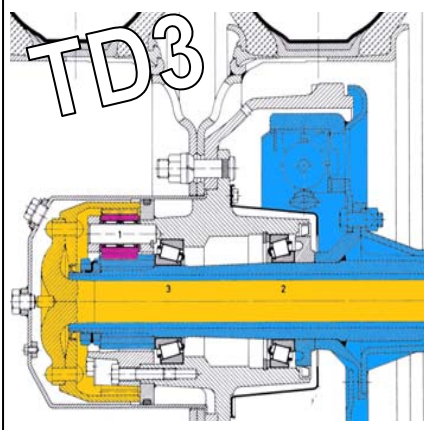
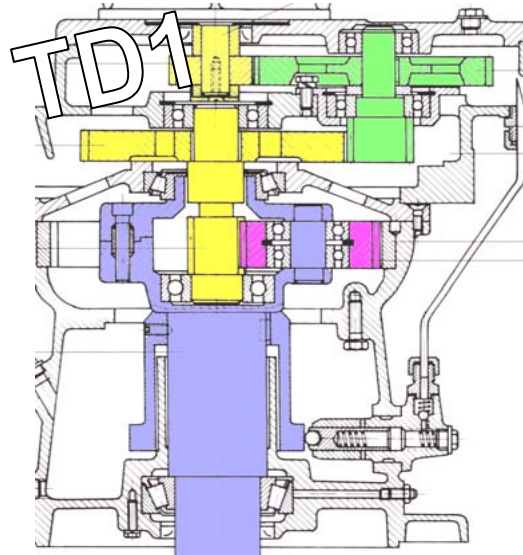
1 est l'entrée, 3 est la sortie et 4 est bloqué

$Z_1=15$, $Z_2=9$, $Z_4=33$,

$\omega_1=157 \text{ rd.s}^{-1}$

Calculer ω_3 !!!!

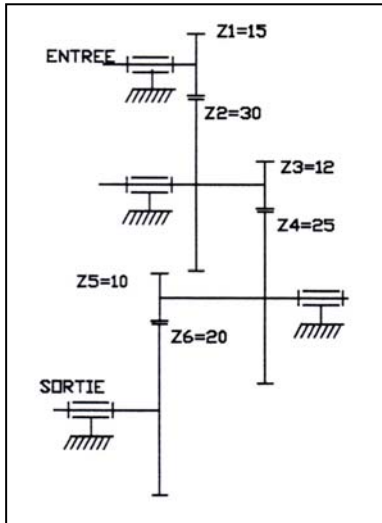




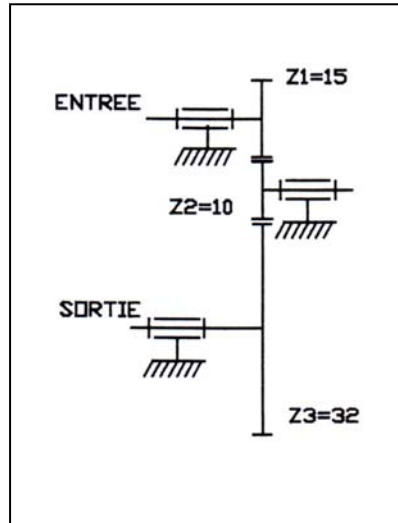
Exercice 1 : trains simples

Déterminer le rapport de réduction. Expression littérale puis application numérique.

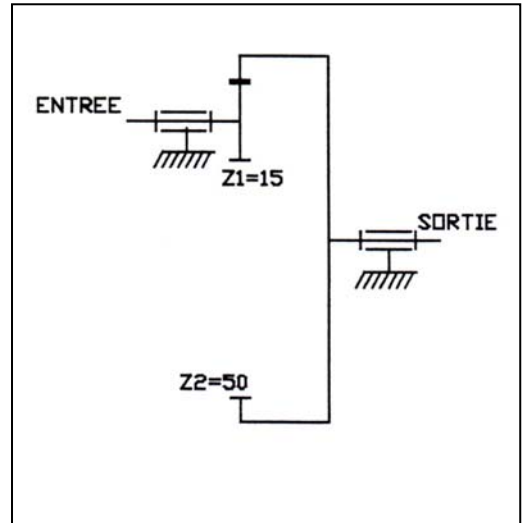
Réducteur 1



Réducteur 2



Réducteur 3

**Exercice 2 : train simple et train épicycloïdal**

Déterminer la vitesse, le couple et la puissance de sortie. Expression littérale puis application numérique.

Données:

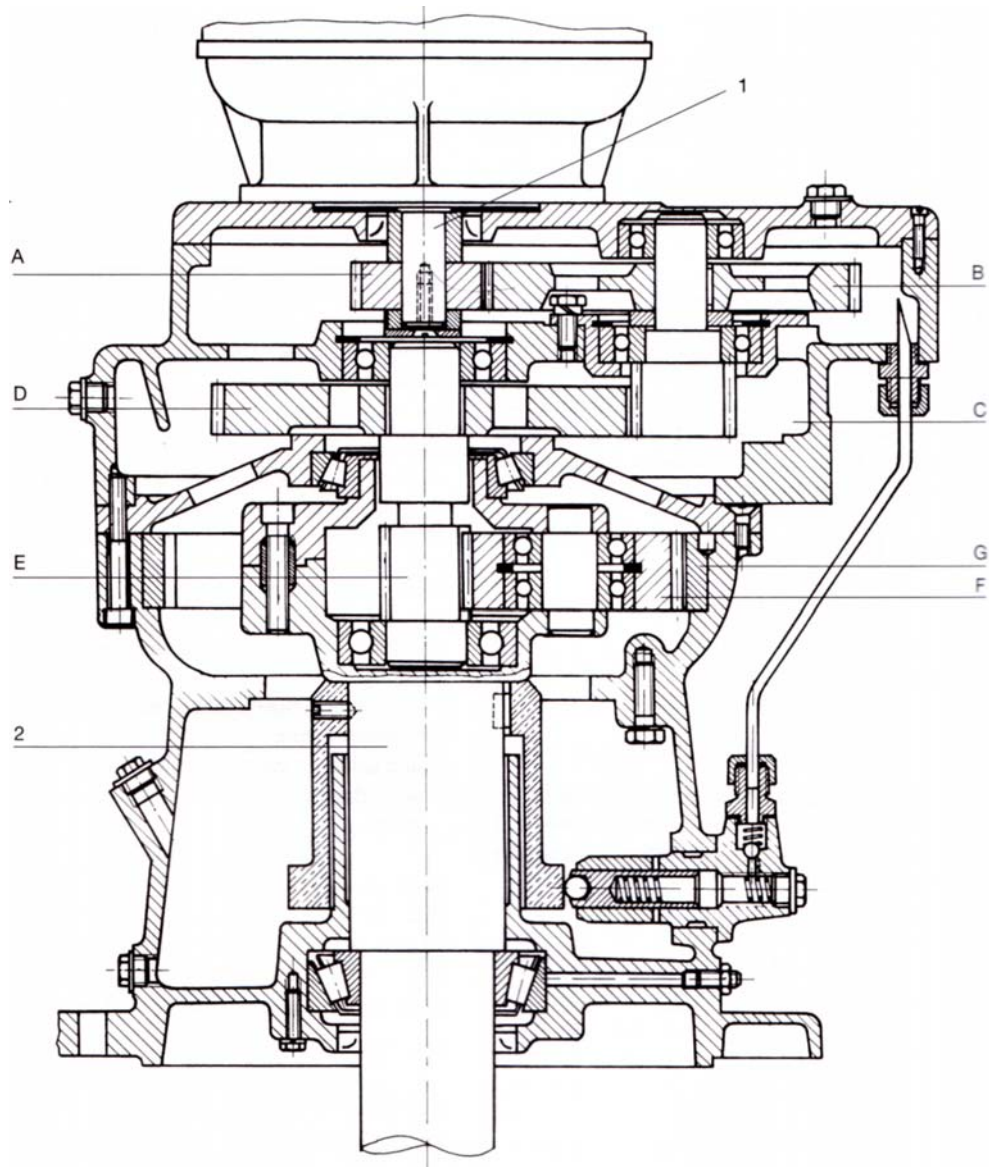
$$P_m = 2 \text{ kW}, N_m = 1500 \text{ tr.mn}^{-1}$$

$$Z_A = 20 \quad Z_C = 16 \quad Z_E = 14 \quad Z_G = 82$$

$$Z_B = 48 \quad Z_D = 52 \quad Z_F = 34$$

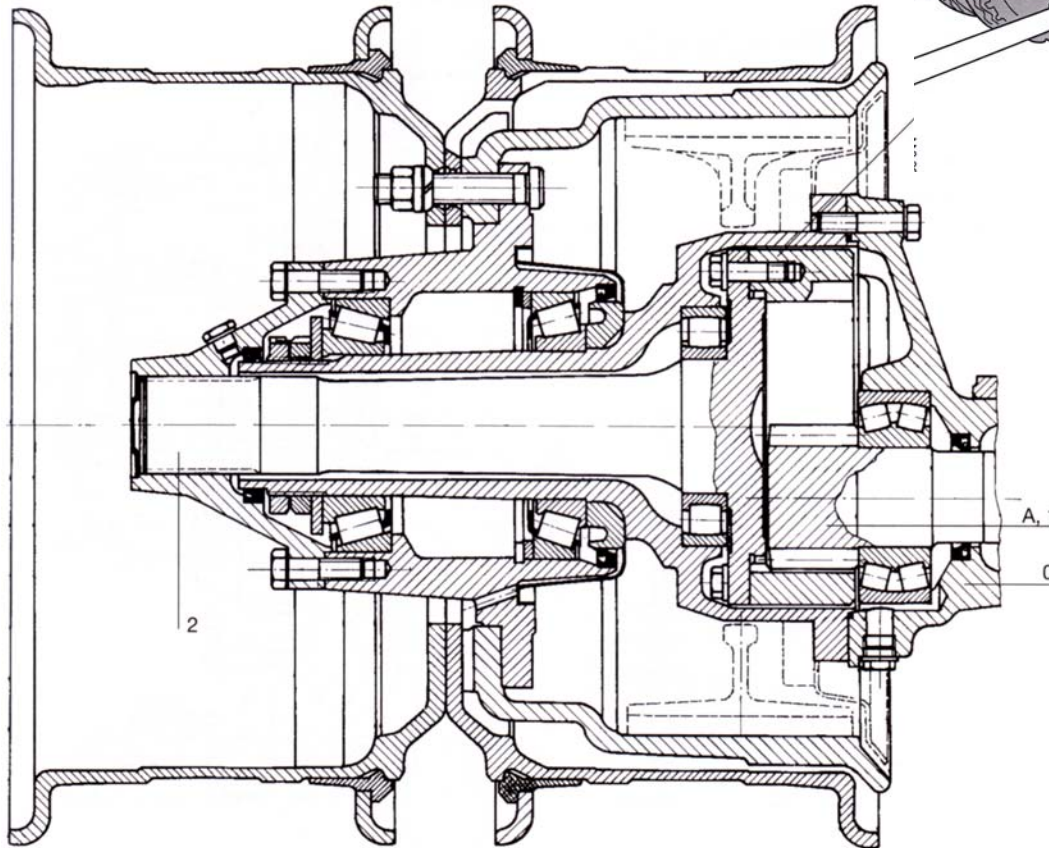
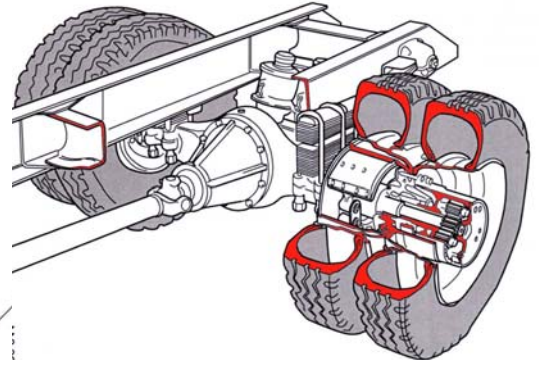
Le rendement η_{12} de la chaîne cinématique sera calculé en adoptant pour chaque réducteur élémentaire (étage de réduction) un rendement élémentaire $\eta_e = 0,98$.

Calculer le couple C_2 disponible en sortie de réducteur.



Exercice 1 :

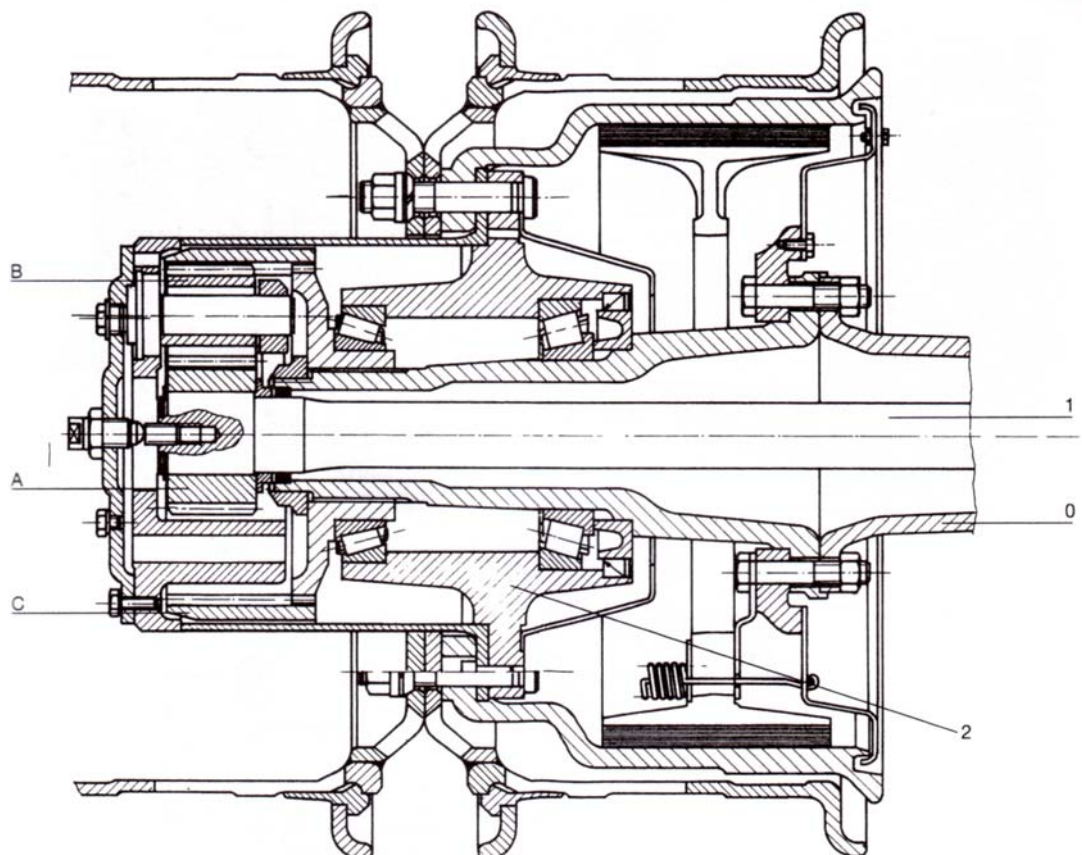
Pour chacun des deux réducteurs ci-dessous, tracer le schéma cinématique et déterminer le rapport de réduction. Expression littérale puis application numérique. La fréquence de rotation du pignon d'entrée est $N_A = 600$ tr/mn. Déterminer la fréquence de sortie N_2 dans les deux cas.



$$Z_A = 34, Z_B = 74$$

$$Z_A = 40, Z_B = 26, Z_C = 92$$

Attention : train
épicycloïdal.



Réducteur final de transmission d'un poids lourd

Exercice 1 :

Pour le réducteur ci-dessous, déterminer le rapport de réduction. Expression littérale puis application numérique. La fréquence de rotation de la couronne d'entrée est $N_4 = 600$ tr/mn. Déterminer la fréquence de sortie N_3 .

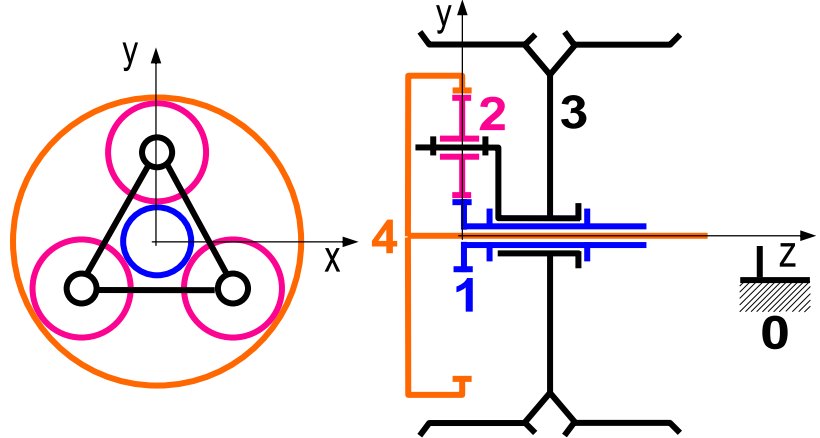
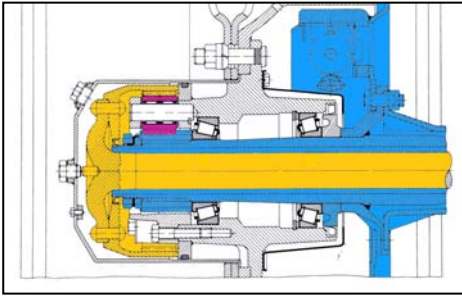
Pour cela :

1. Démontrer que la raison basique du train épicycloïdal est telle que :
$$r_b = \frac{\omega_{4/0} - \omega_{3/0}}{\omega_{1/0} - \omega_{3/0}} = \frac{Z_1}{-Z_4}$$

On suppose pour cela que le porte-satellite est bloqué ($\omega_{3/0} = 0$) puis, on exprime la vitesse absolue ($i/0$) des planétaires « i » par composition des vitesses relatives au porte-satellites ($i/3$).

2. Préciser en complétant le schéma cinématique du réducteur final, quel est le sous-ensemble cinématique fixe et donc lié au châssis du véhicule.

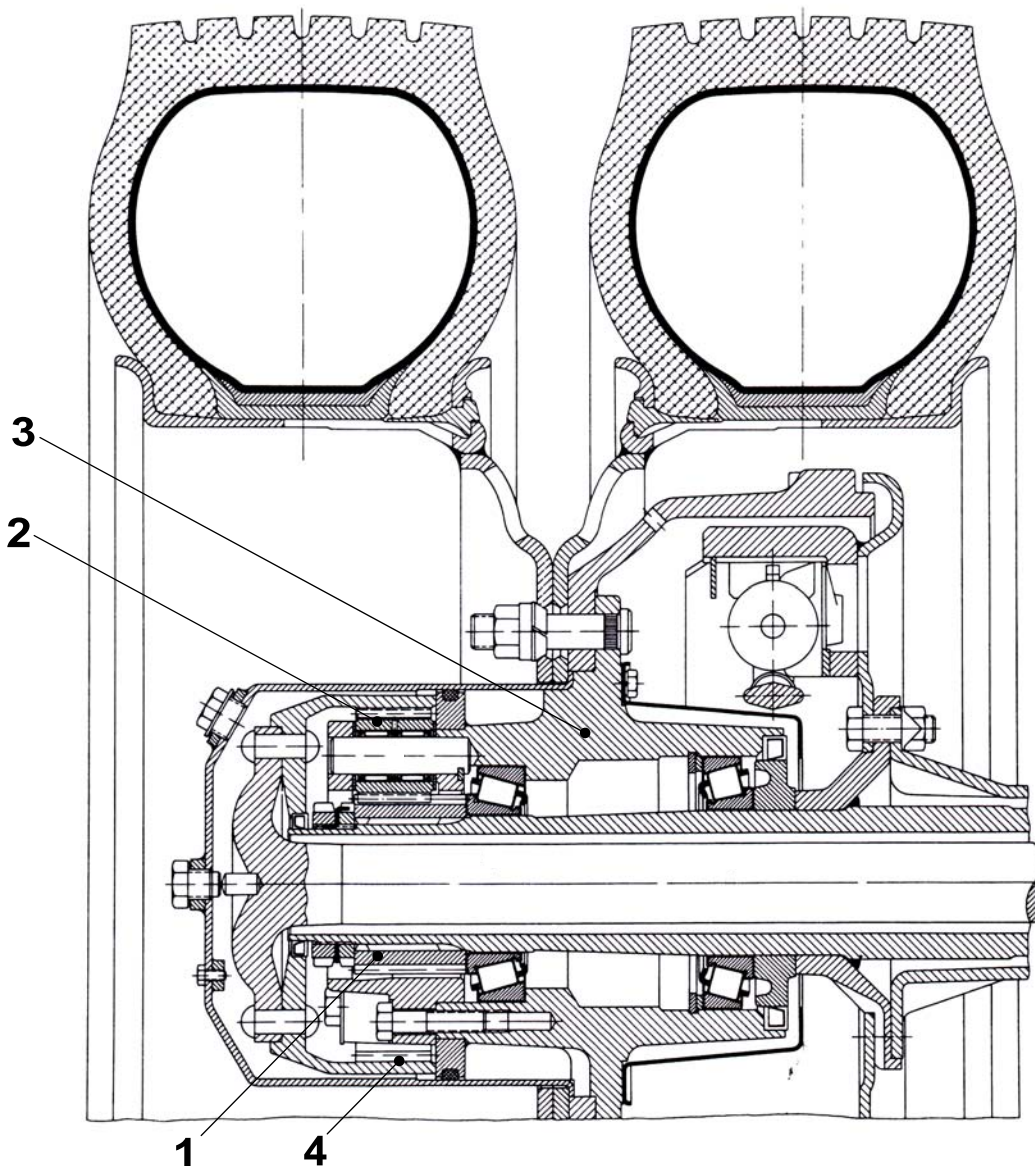
3. Appliquer la formule de Willis précédente et en dé



Données :

$\Rightarrow N_4 = 600$ tr/mn

$\Rightarrow Z_1 = 50, Z_2 = 25, Z_4 = 100$



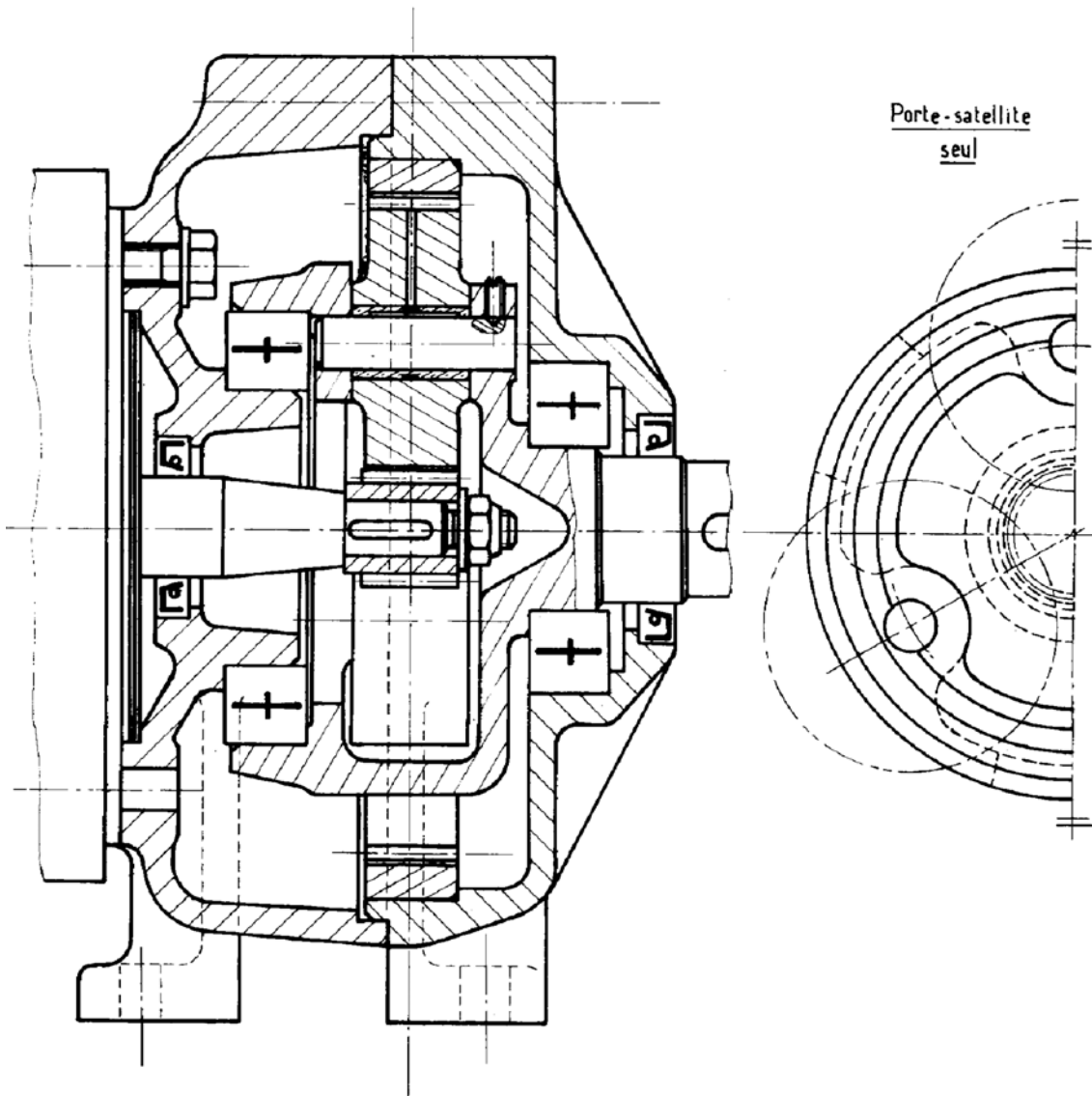
EXERCICE 1

Ce réducteur est utilisé entre un moteur (coté gauche) et un arbre de sortie (coté droit).

On donne les nombres de dents suivants:

planétaire	16 dents
satellite	50 dents
couronne	116 dents

- 1) Etablir le schéma cinématique de ce réducteur.
- 2) Déterminer le nombre de dents de la couronne
- 3) Calculer le rapport de transmission.
- 4) Vérifier que l'on puisse monter 3 satellites.



EXERCICE 2

Ce réducteur est utilisé entre un élément moteur (arbre 1) et un arbre de sortie (19).

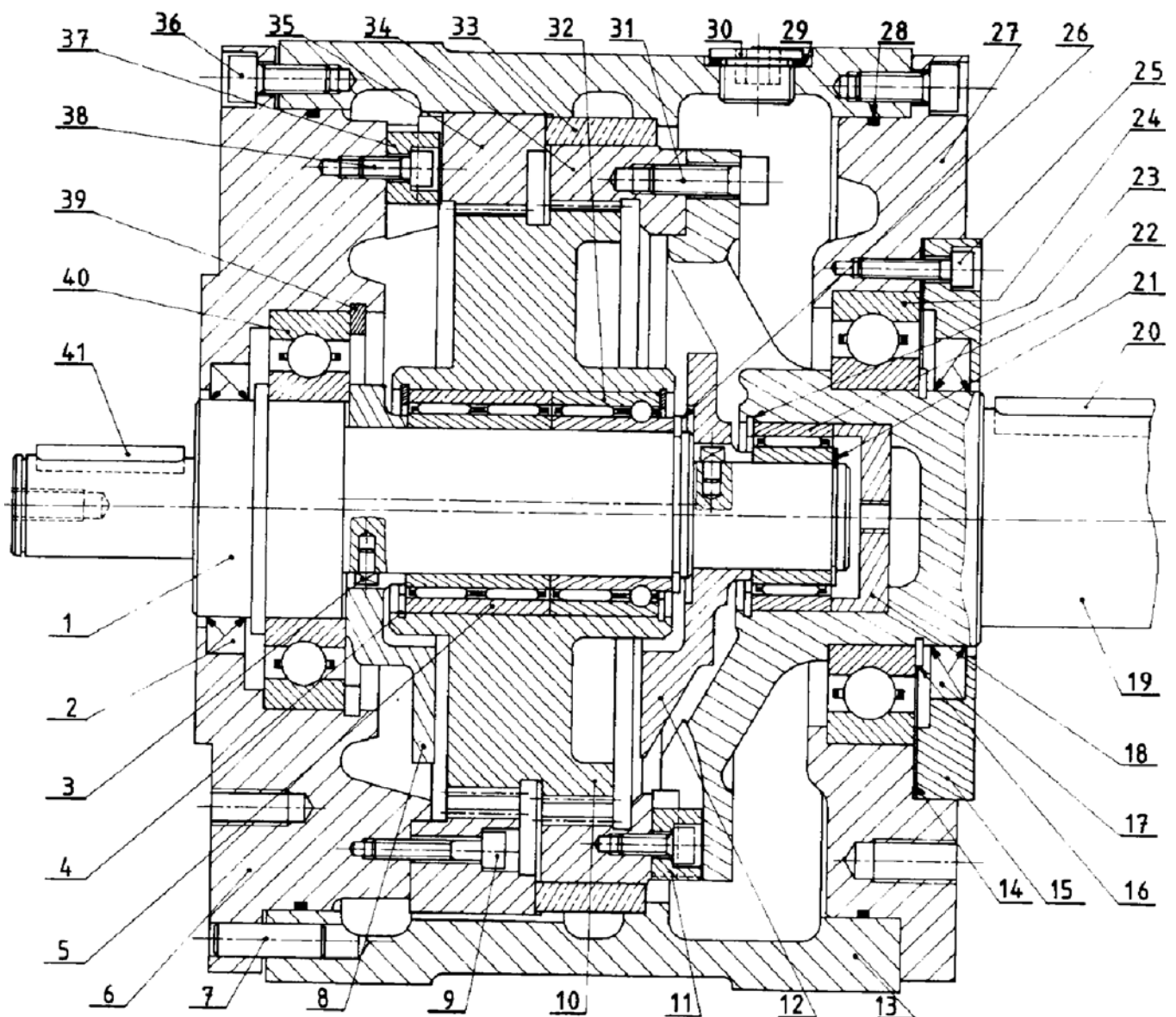
On donne les nombres de dents suivants:

couronne 35	166 dents
satellite 10D	164 dents
satellite 10G	160 dents
couronne 34	170 dents

1) Etablir le schéma cinématique de ce réducteur.

Rq : La portée de guidage du satellite double 10 sur l'arbre moteur (1) est excentrée par rapport à l'axe de rotation.

2) Calculer le rapport de transmission.



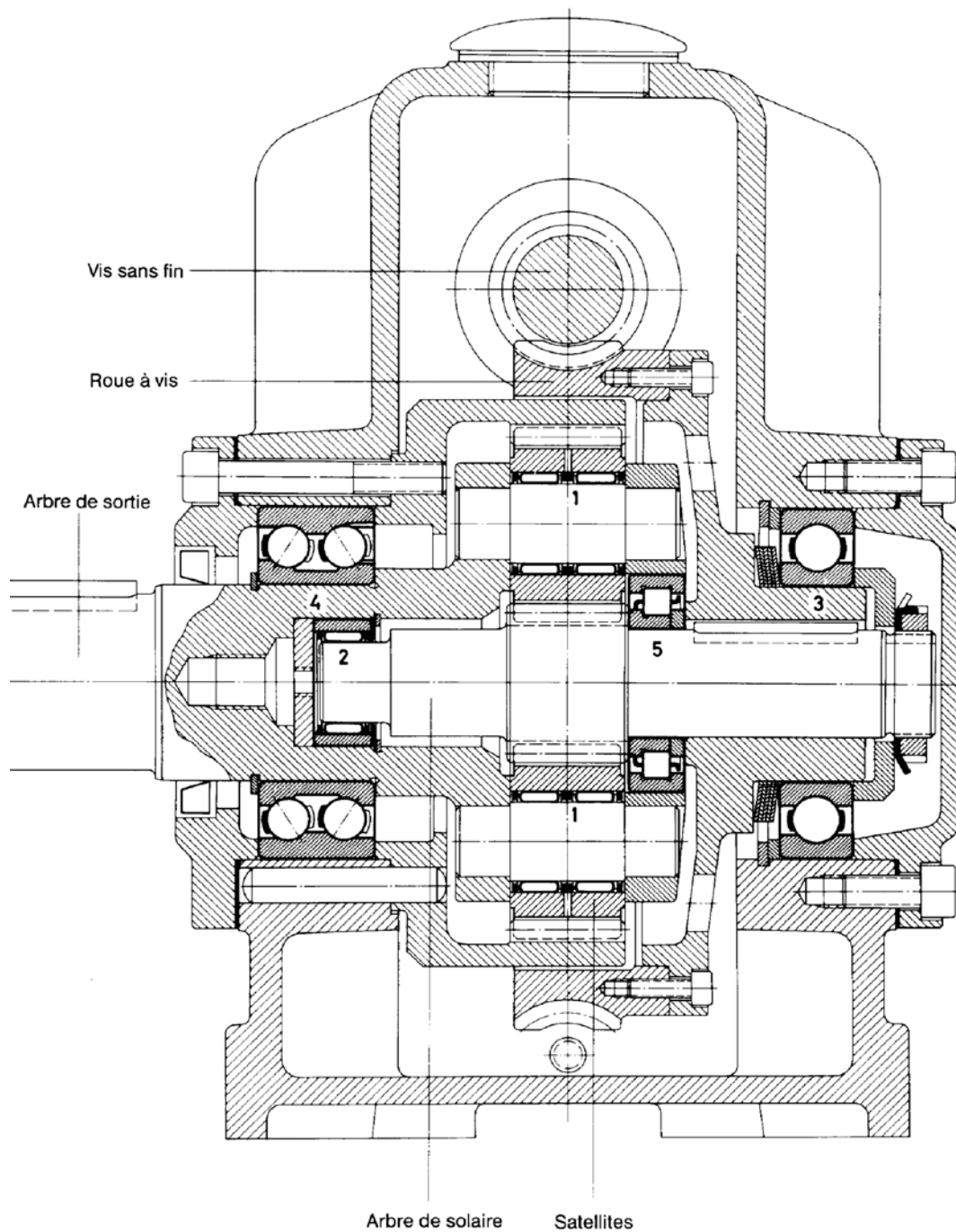
EXERCICE 3

Le réducteur représenté est une combinaison d'un réducteur à roue et vis sans fin et d'un réducteur épicycloïdal.

Le nombre de dents est le suivant:

roue	40 dents
satellite	18 dents
planétaire	12 dents
vis	1 filet

- 1) Etablir le schéma cinématique de ce réducteur.
- 2) Déterminer le nombre de dents de la couronne
- 3) Calculer le rapport de transmission.



EXERCICE 4

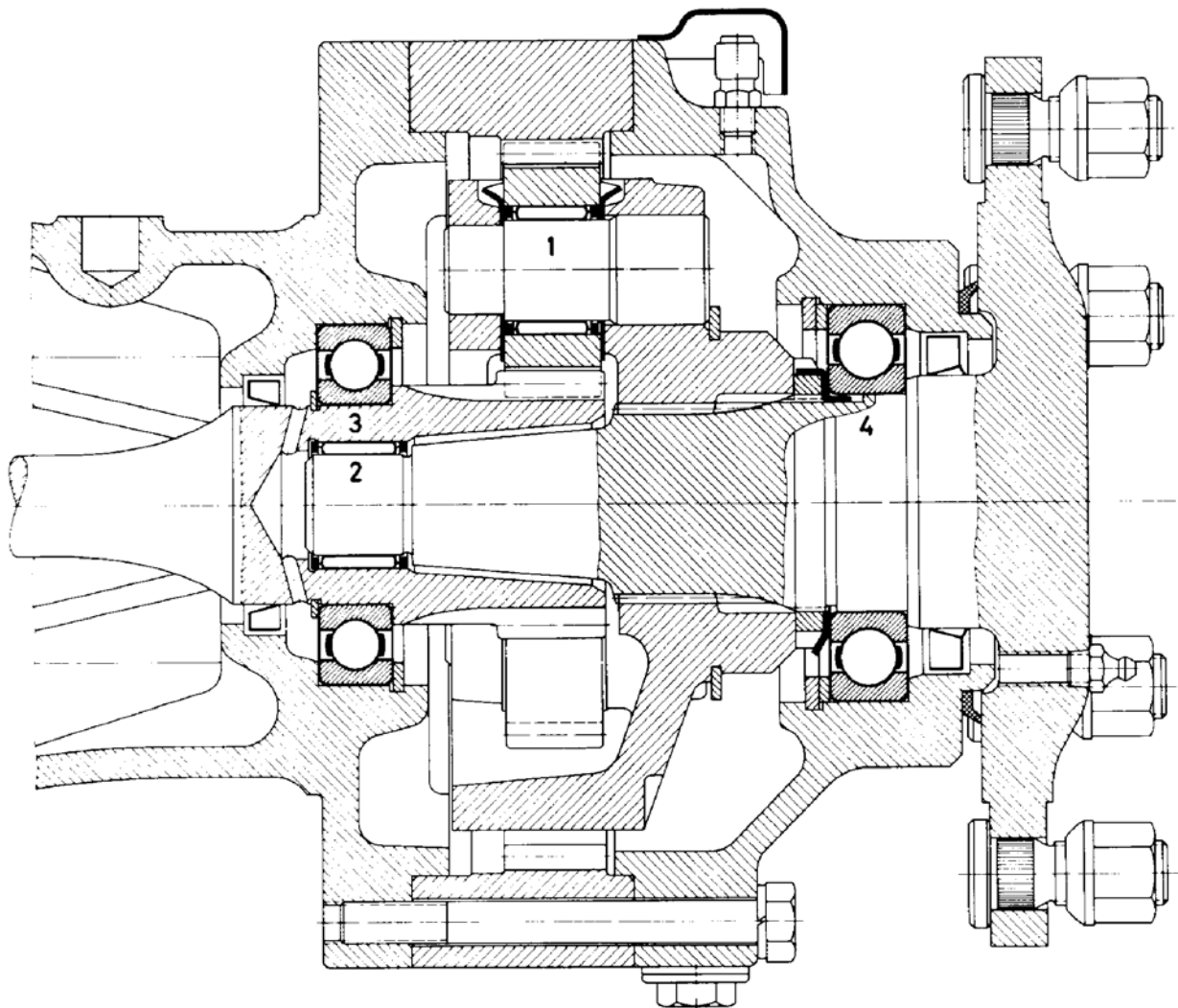
Les moyeux arrière des tracteurs sont le plus souvent équipés d'engrenages planétaires. Ce mode d'entraînement présente l'avantage qu'on réalise un rapport de démultiplication relativement grand malgré l'espace limité. Etant donné que le couple d'entraînement est directement sur la roue, le réducteur différentiel est relativement peu encombrant et les arbres de commande sont légers.

Le nombre de dents est le suivant:

couronne	60 dents
satellite 17 dents	
planétaire	26 dents

1 Etablir le schéma cinématique de ce réducteur.

2 Calculer le rapport de transmission



Chers disciples,

pour chacun des 3 types de trains épicycloïdaux simples ci-dessous (II, III et IV), il existe 3 configurations du train (A, B et C) pour lesquelles il y a toujours un élément du train bloqué.

Votre mission, si vous l'acceptez, est de déterminer le rapport de transmission de chaque train en adoptant la démarche précédemment adoptée, à savoir :

⇒1 : Objectif : $r = \omega_{S/0} / \omega_{E/0}$ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ Repérez bien $\boxed{E}$ et $\textcircled{S}$.

⇒2 : Raison basique : $r_b = \omega_{Sb/PS} / \omega_{Eb/PS}$

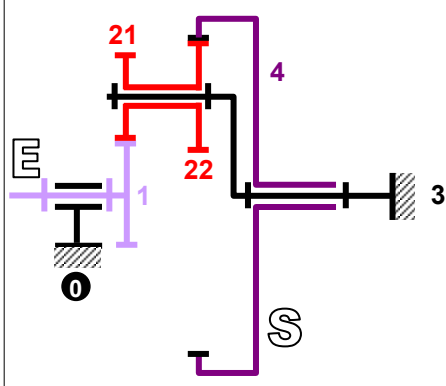
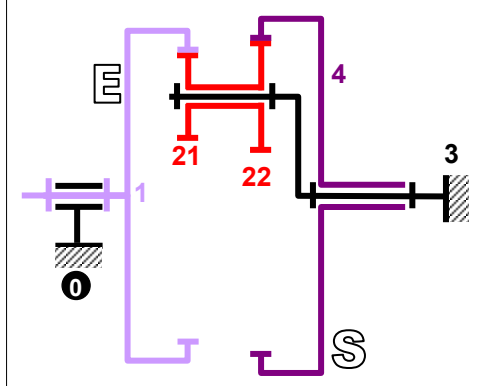
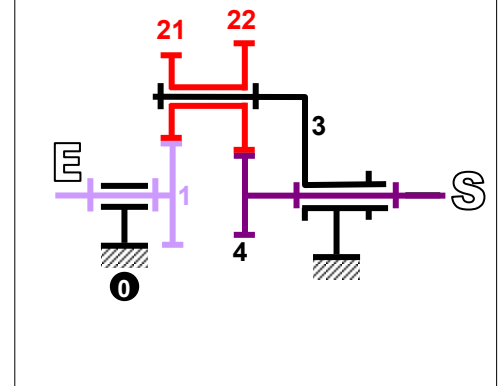
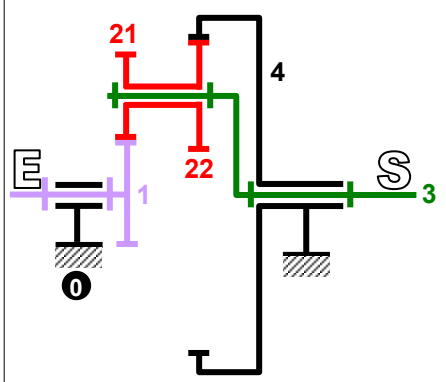
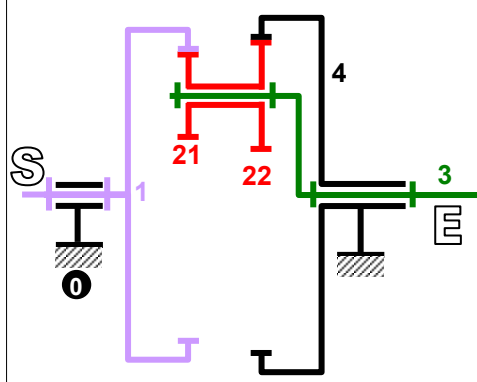
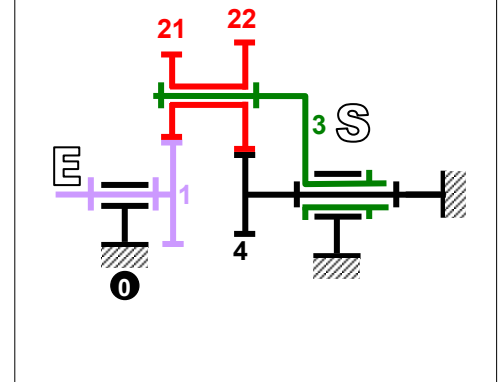
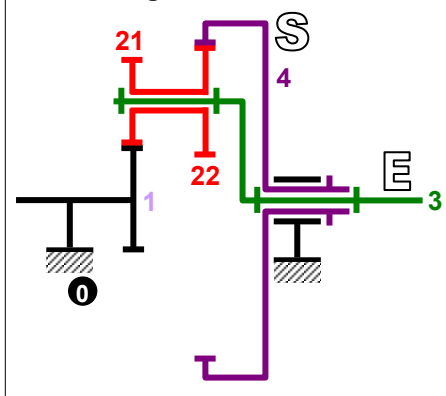
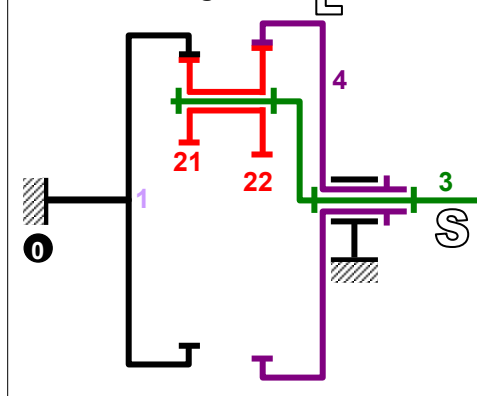
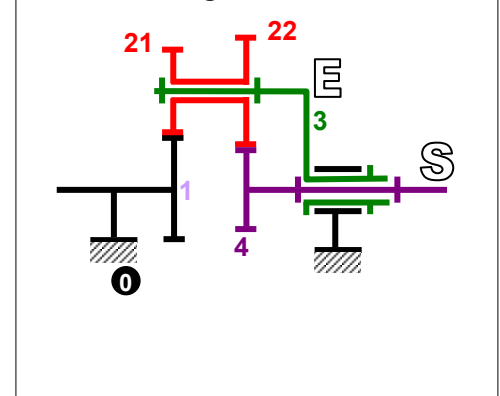
⇒3 : Composition des vitesses par rapport au bâti 0

⇒4 : $r = f(r_b)$

Vous avez 45 mn soit 5 mn par train sachant que les configurations 2A, 3A et 4A sont basiques et donc plus rapides à déterminer.

Vous donnerez le rapport de transmission à 10^{-3} près et sous la forme $r=1/x$ lorsque c'est possible.

Attention aux signes (et donc aux sens de rotations) et aux rapports de multiplication.

Type 2
 $Z_1=16, Z_{21}=14, Z_{22}=18, Z_4=48$
config. 2A**Type 3**
 $Z_1=44, Z_{21}=14, Z_{22}=18, Z_4=48$
config. 3A**Type 4**
 $Z_1=44, Z_{21}=14, Z_{22}=18, Z_4=12$
config. 4A**config. 2B****config. 3B****config. 4B****config. 2C****config. 3C****config. 4C**

Chers disciples,

pour chacun des 3 types trains épicycloïdaux simples ci-dessous (2, 3 et 4), il existe 3 configurations du train (A, B et C) pour lesquelles il y a toujours un élément du train bloqué. Votre mission, si vous l'acceptez, est de déterminer le rapport de transmission de chaque train en adoptant la démarche précédemment adoptée, à savoir :

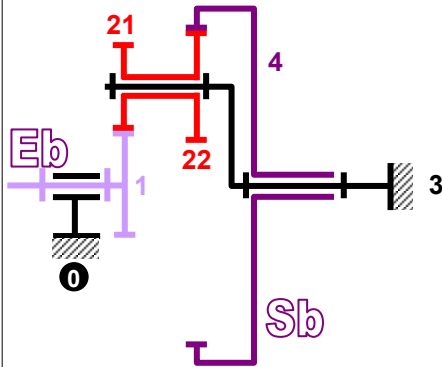
- ⇒ 1 : Objectif : $r = \omega_{S/0} / \omega_{E/0}$ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ Repérez bien **E** et **S**.
 ⇒ 2 : Raison basique : $r_b = \omega_{Sb/PS} / \omega_{Eb/PS}$
 ⇒ 3 : Composition des vitesses par rapport au bâti 0
 ⇒ 4 : $r = f(r_b)$

Vous avez 45 mn soit 5 mn par train sachant que les configurations 2A, 3A et 4A sont basiques et donc plus rapides à déterminer.
 Vous donnerez le rapport de transmission à 10^{-3} près et sous la forme $r=1/x$ lorsque c'est possible.
 Attention aux signes (et donc aux sens de rotations) et aux rapports de multiplication.

Type II

$$Z_1=16, Z_{21}=14, Z_{22}=18, Z_4=48$$

config. 2A



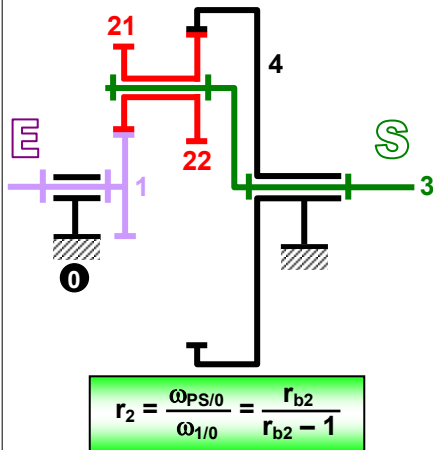
Train simple (non épicycloïdal)

$$r = \omega_{4/0} / \omega_{1/0} = -Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \approx -0,428$$

Rq: Le porte-satellite 3 est lié au bâti 0. La relation s'écrit donc:

$$r_{b2} = \omega_{4/PS} / \omega_{1/PS} = -Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \approx -0,428$$

config. 2B



1) Objectif: $r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0}$ avec $\omega_{4/0} = 0$

2) Raison basique: Le porte-satellite 3 est bloqué.

$$r_{b2} = \omega_{4/PS} / \omega_{1/PS} = -Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \approx -0,428$$

3) Composition des vitesses:

$$r_{b2} = (\omega_{4/0} + \omega_{0/PS}) / (\omega_{1/0} + \omega_{0/PS}) \\ = (\omega_{4/0} - \omega_{PS/0}) / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0})$$

4) $r = f(r_{b2})$: avec $\omega_{4/0} = 0$

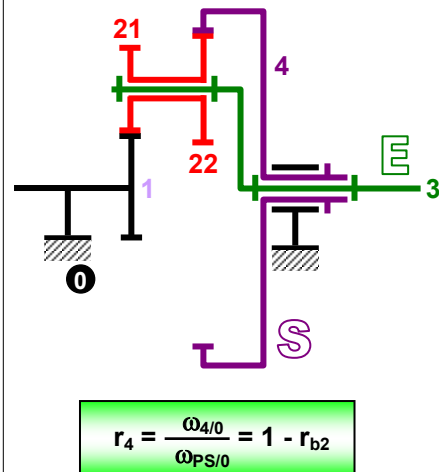
$$\Rightarrow r_{b2} = -\omega_{PS/0} / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0}) \\ \Rightarrow -\omega_{PS/0} = \omega_{1/0} \cdot r_{b2} - \omega_{PS/0} \cdot r_{b2} \\ \Rightarrow \omega_{PS/0} (r_{b2} - 1) = \omega_{1/0} \cdot r_{b2} \\ \Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} = r_{b2} / (r_{b2} - 1) \\ \Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} = +0,3 \approx 1/3,3$$

Variante: sans développer r_b :

$$r_{b2} = -\omega_{PS/0} / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0}) = -Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \\ \Rightarrow -\omega_{PS/0} \cdot Z_{21} Z_4 = -\omega_{1/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} + \omega_{PS/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} \\ \Rightarrow +\omega_{1/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} = \omega_{PS/0} \cdot (Z_1 \cdot Z_{22} + Z_{21} Z_4) \\ \Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} = Z_1 \cdot Z_{22} / (Z_1 \cdot Z_{22} + Z_{21} Z_4) \\ \Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} = 16 \cdot 18 / (16 \cdot 18 + 14 \cdot 48) \\ \Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} = +0,3 \approx 1/3,3$$

Réducteur

config. 2C



1) Objectif: $r = \omega_{4/0} / \omega_{PS/0}$ avec $\omega_{1/0} = 0$

2) Raison basique: Le porte-satellite 3 est bloqué.

$$r_{b2} = \omega_{4/PS} / \omega_{1/PS} = -Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \approx -0,428$$

3) Composition des vitesses:

$$r_{b2} = (\omega_{4/0} + \omega_{0/PS}) / (\omega_{1/0} + \omega_{0/PS}) \\ = (\omega_{4/0} - \omega_{PS/0}) / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0})$$

4) $r = f(r_{b2})$: avec $\omega_{4/0} = 0$

$$\Rightarrow r_{b2} = \omega_{4/0} - \omega_{PS/0} / (-\omega_{PS/0}) \\ \Rightarrow \omega_{4/0} - \omega_{PS/0} = -\omega_{PS/0} \cdot r_{b2} \\ \Rightarrow \omega_{PS/0} (r_{b2} - 1) = -\omega_{4/0} \\ \Rightarrow r = \omega_{4/0} / \omega_{PS/0} = 1 - r_{b2} \\ \Rightarrow r = \omega_{4/0} / \omega_{PS/0} = +1,428$$

Variante: sans développer r_b :

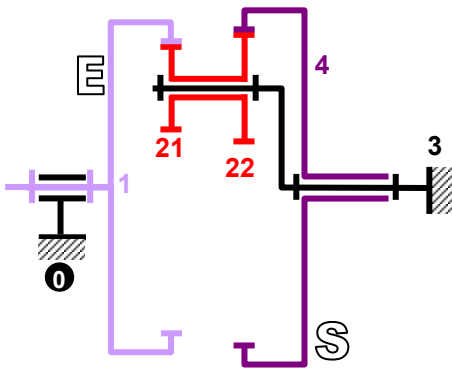
$$r_{b2} = \omega_{4/0} - \omega_{PS/0} / (-\omega_{PS/0}) = -Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \\ \Rightarrow \omega_{4/0} \cdot Z_{21} Z_4 - \omega_{PS/0} \cdot Z_{21} Z_4 = \omega_{PS/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} \\ \Rightarrow \omega_{4/0} \cdot Z_{21} Z_4 = \omega_{PS/0} \cdot (Z_1 \cdot Z_{22} + Z_{21} Z_4) \\ \Rightarrow \omega_{4/0} / \omega_{PS/0} = (Z_1 \cdot Z_{22} + Z_{21} Z_4) / Z_{21} Z_4 \\ \Rightarrow \omega_{4/0} / \omega_{PS/0} = (16 \cdot 18 + 14 \cdot 48) / 14 \cdot 48 \\ \Rightarrow \omega_{4/0} / \omega_{PS/0} = +1,428$$

Multiplicateur

Type III

$$Z_1=44, Z_{21}=14, Z_{22}=18, Z_4=48$$

config. 3A



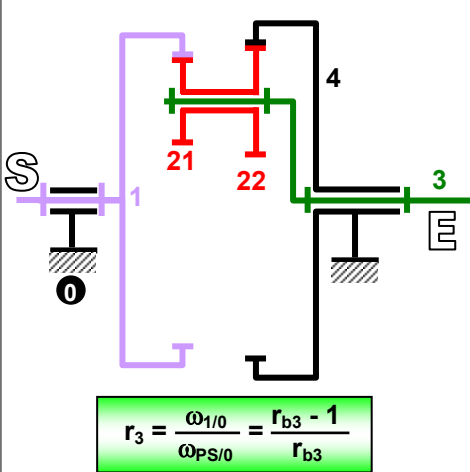
Train simple (non épicycloïdal)

$$r = \omega_{4/0} / \omega_{1/0} = (-1)^0 Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \approx +1,178$$

Rq: Le porte-satellite 3 est lié au bâti 0. La relation s'écrit donc:

$$r_{b3} = \omega_{4/PS} / \omega_{1/PS} = +Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \approx +1,178$$

config. 3B



$$r_3 = \frac{\omega_{1/0}}{\omega_{PS/0}} = \frac{r_{b3} - 1}{r_{b3}}$$

Réducteur

1) Objectif: $r = \omega_{1/0} / \omega_{PS/0}$ avec $\omega_{4/0} = 0$

2) Raison basique: Le porte-satellite 3 est bloqué.

$$r_{b3} = \omega_{4/PS} / \omega_{1/PS} = +Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \approx +1,178$$

3) Composition des vitesses:

$$\begin{aligned} r_{b3} &= (\omega_{4/0} + \omega_{0/PS}) / (\omega_{1/0} + \omega_{0/PS}) \\ &= (\omega_{4/0} - \omega_{PS/0}) / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0}) \end{aligned}$$

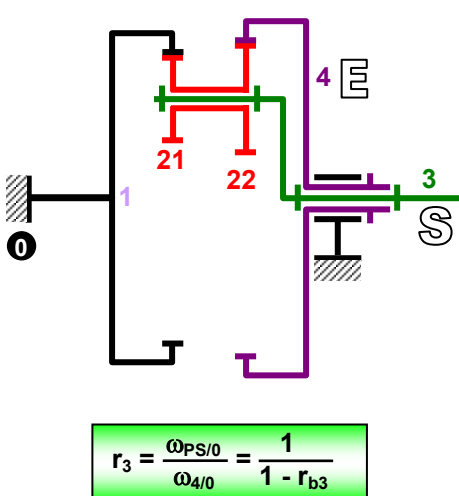
4) $r = f(r_{b3})$: avec $\omega_{4/0} = 0$

$$\begin{aligned} \Rightarrow -\omega_{PS/0} / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0}) &= r_{b3} \\ \Rightarrow -\omega_{PS/0} &= \omega_{1/0} \cdot r_{b3} - \omega_{PS/0} \cdot r_{b3} \\ \Rightarrow \omega_{PS/0} (r_{b3} - 1) &= \omega_{1/0} \cdot r_{b3} \\ \Rightarrow r = \omega_{1/0} / \omega_{PS/0} &= (r_{b3} - 1) / r_{b3} \\ \Rightarrow r = \omega_{1/0} / \omega_{PS/0} &= +0,15 \approx 1/6,6 \end{aligned}$$

Variante: sans développer r_b :

$$\begin{aligned} r_{b3} &= -\omega_{PS/0} / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0}) = +Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \\ \Rightarrow -\omega_{PS/0} \cdot Z_{21} Z_4 &= +\omega_{1/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} - \omega_{PS/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} \\ \Rightarrow +\omega_{1/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} &= \omega_{PS/0} \cdot (Z_1 \cdot Z_{22} - Z_{21} Z_4) \\ \Rightarrow r = \omega_{1/0} / \omega_{PS/0} &= (Z_1 \cdot Z_{22} - Z_{21} Z_4) / Z_1 \cdot Z_{22} \\ \Rightarrow r = \omega_{1/0} / \omega_{PS/0} &= (44 \cdot 18 - 14 \cdot 48) / 44 \cdot 18 \\ \Rightarrow r = \omega_{1/0} / \omega_{PS/0} &= +0,15 \approx 1/6,6 \end{aligned}$$

config. 3C



$$r_3 = \frac{\omega_{PS/0}}{\omega_{4/0}} = \frac{1}{1 - r_{b3}}$$

Multiplicateur / inverseur

1) Objectif: $r = \omega_{PS/0} / \omega_{4/0}$ avec $\omega_{1/0} = 0$

2) Raison basique: Le porte-satellite 3 est bloqué.

$$r_{b3} = \omega_{4/PS} / \omega_{1/PS} = +Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \approx +1,178$$

3) Composition des vitesses:

$$\begin{aligned} r_{b3} &= (\omega_{4/0} + \omega_{0/PS}) / (\omega_{1/0} + \omega_{0/PS}) \\ &= (\omega_{4/0} - \omega_{PS/0}) / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0}) \end{aligned}$$

4) $r = f(r_{b3})$: avec $\omega_{1/0} = 0$

$$\begin{aligned} \Rightarrow r_{b3} &= \omega_{4/0} - \omega_{PS/0} / (-\omega_{PS/0}) \\ \Rightarrow \omega_{4/0} - \omega_{PS/0} &= -\omega_{PS/0} \cdot r_{b3} \\ \Rightarrow \omega_{PS/0} (r_{b3} - 1) &= -\omega_{4/0} \\ \Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{4/0} &= 1 / (1 - r_{b3}) \\ \Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{4/0} &= -5,6 \end{aligned}$$

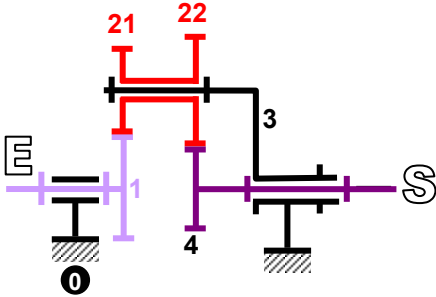
Variante: sans développer r_b :

$$\begin{aligned} r_{b3} &= \omega_{4/0} - \omega_{PS/0} / (-\omega_{PS/0}) = +Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \\ \Rightarrow \omega_{4/0} \cdot Z_{21} Z_4 - \omega_{PS/0} \cdot Z_{21} Z_4 &= -\omega_{PS/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} \\ \Rightarrow \omega_{4/0} \cdot Z_{21} Z_4 &= \omega_{PS/0} \cdot (Z_{21} Z_4 - Z_1 \cdot Z_{22}) \\ \Rightarrow \omega_{PS/0} / \omega_{4/0} &= Z_{21} Z_4 / (Z_{21} Z_4 - Z_1 \cdot Z_{22}) \\ \Rightarrow \omega_{PS/0} / \omega_{4/0} &= 14 \cdot 48 / (14 \cdot 48 - 44 \cdot 18) \\ \Rightarrow \omega_{PS/0} / \omega_{4/0} &= -5,6 \end{aligned}$$

Type IV

$$Z_1=16, Z_{21}=14, Z_{22}=18, Z_4=12$$

config. 4A



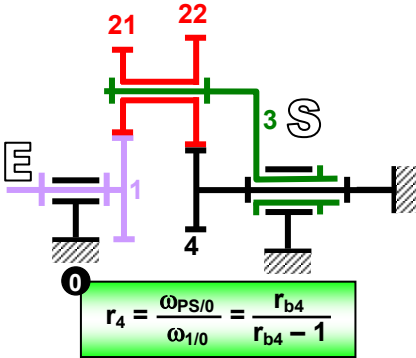
Train simple (non épicycloïdal)

$$r = \omega_{4/0} / \omega_{1/0} = (-1)^0 Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \approx +1,714$$

Rq: Le porte-satellite 3 est lié au bâti 0. La relation s'écrit donc:

$$r_{b3} = \omega_{4/PS} / \omega_{1/PS} = +Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \approx +1,714$$

config. 4B



$$r_4 = \frac{\omega_{PS/0}}{\omega_{1/0}} = \frac{r_{b4}}{r_{b4} - 1}$$

Multiplicateur

1) Objectif: $r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0}$ avec $\omega_{4/0} = 0$

2) Raison basique: Le porte-satellite 3 est bloqué.

$$r_{b4} = \omega_{4/PS} / \omega_{1/PS} = +Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \approx +1,714$$

3) Composition des vitesses:

$$\begin{aligned} r_{b4} &= (\omega_{4/0} + \omega_{0/PS}) / (\omega_{1/0} + \omega_{0/PS}) \\ &= (\omega_{4/0} - \omega_{PS/0}) / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0}) \end{aligned}$$

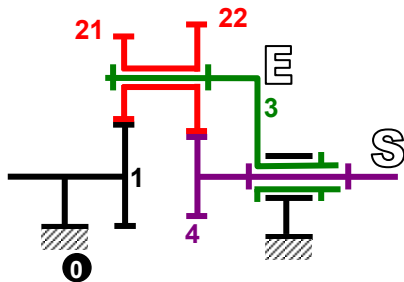
4) $r = f(r_{b3})$: avec $\omega_{4/0} = 0$

$$\begin{aligned} \Rightarrow r_{b4} &= -\omega_{PS/0} / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0}) \\ \Rightarrow -\omega_{PS/0} &= \omega_{1/0} \cdot r_{b4} - \omega_{PS/0} \cdot r_{b4} \\ \Rightarrow \omega_{PS/0} (r_{b4} - 1) &= \omega_{1/0} \cdot r_{b4} \\ \Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} &= r_{b4} / (r_{b4} - 1) \\ \Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} &= +2,4 \end{aligned}$$

Variante: sans développer r_b :

$$\begin{aligned} r_{b4} &= -\omega_{PS/0} / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0}) = +Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \\ \Rightarrow -\omega_{PS/0} \cdot Z_{21} Z_4 &= +\omega_{1/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} - \omega_{PS/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} \\ \Rightarrow +\omega_{1/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} &= \omega_{PS/0} \cdot (Z_1 \cdot Z_{22} - Z_{21} Z_4) \\ \Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} &= Z_1 \cdot Z_{22} / (Z_1 \cdot Z_{22} - Z_{21} Z_4) \\ \Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} &= 16 \cdot 18 / (16 \cdot 18 - 14 \cdot 12) \\ \Rightarrow r = \omega_{PS/0} / \omega_{1/0} &= +2,4 \end{aligned}$$

config. 4C



$$r_4 = \frac{\omega_{4/0}}{\omega_{PS/0}} = 1 - r_{b4}$$

Réducteur / inverseur

1) Objectif: $r = \omega_{4/0} / \omega_{PS/0}$ avec $\omega_{1/0} = 0$

2) Raison basique: Le porte-satellite 3 est bloqué.

$$r_{b4} = \omega_{4/PS} / \omega_{1/PS} = +Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \approx +1,714$$

3) Composition des vitesses:

$$\begin{aligned} r_{b4} &= (\omega_{4/0} + \omega_{0/PS}) / (\omega_{1/0} + \omega_{0/PS}) \\ &= (\omega_{4/0} - \omega_{PS/0}) / (\omega_{1/0} - \omega_{PS/0}) \end{aligned}$$

4) $r = f(r_{b4})$: avec $\omega_{1/0} = 0$

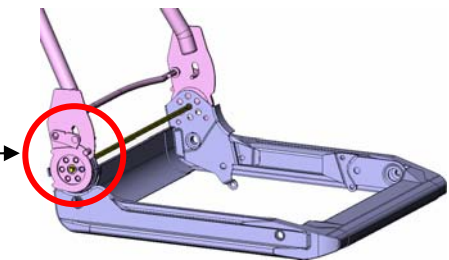
$$\begin{aligned} \Rightarrow r_{b4} &= \omega_{4/0} - \omega_{PS/0} / (-\omega_{PS/0}) \\ \Rightarrow \omega_{4/0} - \omega_{PS/0} &= -\omega_{PS/0} \cdot r_{b4} \\ \Rightarrow \omega_{PS/0} (r_{b4} - 1) &= -\omega_{4/0} \\ \Rightarrow r = \omega_{4/0} / \omega_{PS/0} &= 1 - r_{b4} \\ \Rightarrow r = \omega_{4/0} / \omega_{PS/0} &= -0,714 \end{aligned}$$

Variante: sans développer r_b :

$$\begin{aligned} r_{b4} &= \omega_{4/0} - \omega_{PS/0} / (-\omega_{PS/0}) = +Z_1 \cdot Z_{22} / Z_{21} Z_4 \\ \Rightarrow \omega_{4/0} \cdot Z_{21} Z_4 - \omega_{PS/0} \cdot Z_{21} Z_4 &= -\omega_{PS/0} \cdot Z_1 \cdot Z_{22} \\ \Rightarrow \omega_{4/0} \cdot Z_{21} Z_4 &= \omega_{PS/0} \cdot (Z_{21} Z_4 - Z_1 \cdot Z_{22}) \\ \Rightarrow \omega_{PS/0} / \omega_{4/0} &= Z_{21} Z_4 / (Z_{21} Z_4 - Z_1 \cdot Z_{22}) \\ \Rightarrow \omega_{4/0} / \omega_{PS/0} &= (14 \cdot 12 - 16 \cdot 18) / 14 \cdot 12 \\ \Rightarrow \omega_{4/0} / \omega_{PS/0} &= -0,714 \end{aligned}$$

Ensemble du système réalisant la fonction « Incliner le dossier »

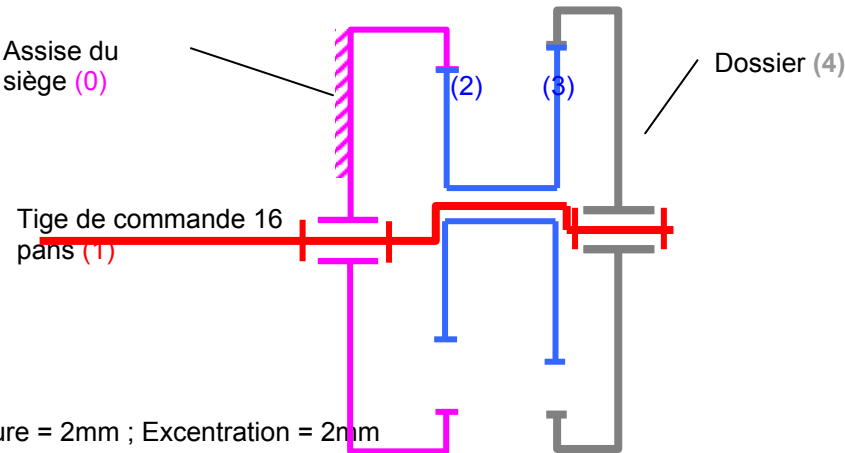
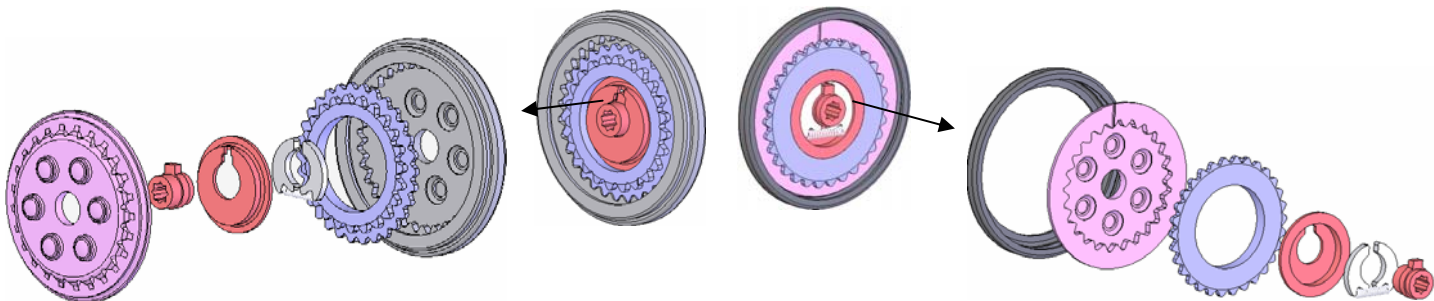
Le dossier du siège est articulé par rapport au sous-ensemble formant le cadre de l'assise.
Un moteur actionne cette articulation par l'intermédiaire d'un train épicycloïdal.
Le débattement du dossier est de 65°.



Cahier des charges (extrait)

fonction	critère	niveau	flexibilité
Régler le dossier	Amplitude de réglage	65°	Maximum
	Temps de réglage	29 secondes	+/- 1 s

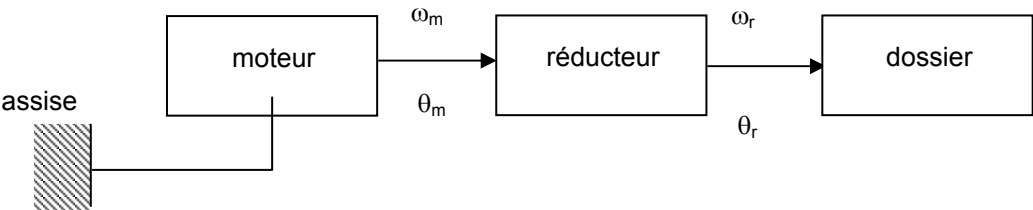
Réducteur à train épicycloïdal d'articulation de dossier :



Module de la denture = 2mm ; Excentration = 2mm

Nombre de dents : Z0=25, Z4=32, Z2=24, Z3=31

Déterminer la vitesse ω_m du moteur.



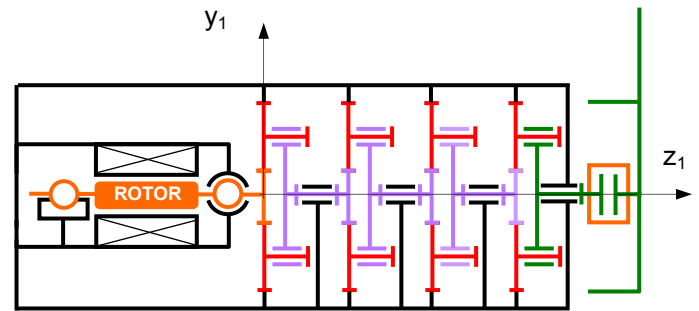
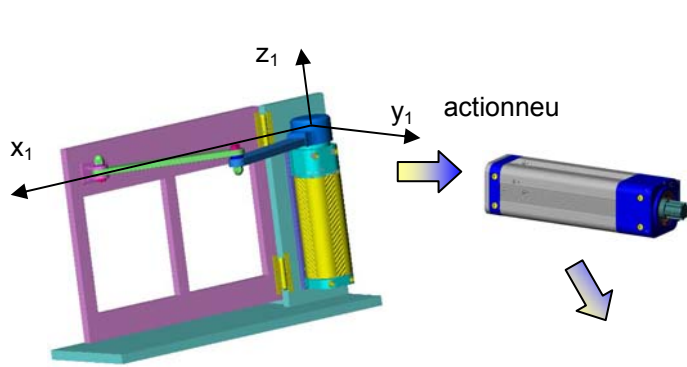


Schéma cinématique

motor (rotor 21) :

$P_{21} = 500 \text{ W}$
 $\omega_{21} = 50 \text{ rd/s.}$

réducteur :

$Z_{20} = 27 \text{ dents}$
 $Z_{21} = Z_{23} = 15 \text{ dents}$
 $Z_1 = 69 \text{ dents}$

rendement par étage :

$\eta_e = 0,97$

