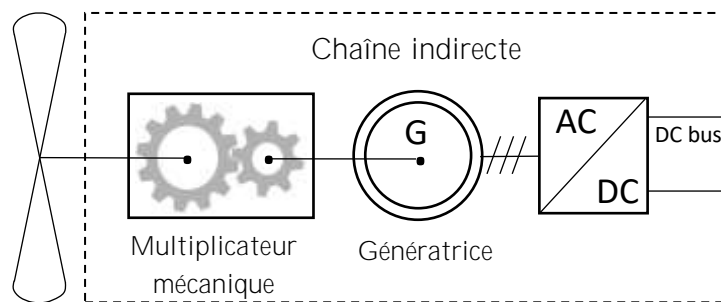
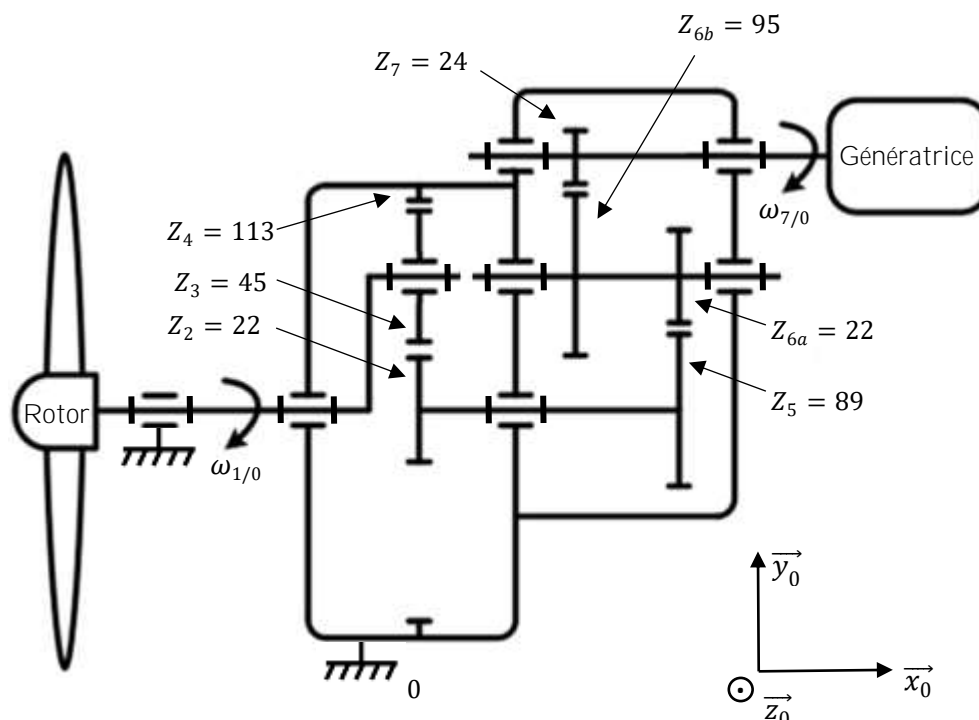


Exercice 1 : Multiplicateur mécanique d'une éolienne

Une éolienne permet de convertir l'énergie cinétique du vent en électricité. Cette conversion est réalisée à travers la chaîne de conversion. Sur le marché des éoliennes de forte puissance, une des principales chaînes de conversion est appelée chaîne indirecte. Dans ces chaînes, la génératrice est couplée à la turbine via un multiplicateur à engrenages mécaniques à plusieurs étages comme décrit ci-dessous. Ce multiplicateur de vitesse réduit le couple en entrée de la génératrice ce qui réduit considérablement ses dimensions.



Dans le domaine du grand éolien, le multiplicateur mécanique le plus utilisé est constitué de trois étages, avec successivement un train épicycloïdal en entrée et deux trains parallèles. La figure ci-dessous illustre l'agencement le plus répandu de multiplicateur mécanique avec, sur cet exemple, un multiplicateur de 1,5 MW - 18 tr/min en entrée.



L'objectif de cet exercice est de trouver le rapport de transmission de ce multiplicateur qui est imposé par le cahier des charges supérieur à 90 afin de minimiser les dimensions de la génératrice. On note $\omega_{e i/0}$ la vitesse de rotation entrée de l'étage i et $\omega_{s i/0}$ la vitesse de rotation sortie de l'étage i avec $i = A, B, C$. On a alors $\omega_{s i/0} = \omega_{e i+1/0}$.

Question 1 : Définir les vitesses de rotation en entrée et en sortie de chaque étage sachant que $\omega_{eA/0} = \omega_{1/0}$ et $\omega_{sC/0} = \omega_{7/0}$.

Question 2 : Parmi les différentes roues dentées, lesquelles doivent avoir le même module

Question 3 : Donner une expression de l'entraxe entre le rotor et la génératrice a_{1-7} en fonction des différents rayon (expression assez longue).

Question 4 : Donner une expression de l'entraxe entre le rotor et la génératrice a_{1-7} en fonction des différents nombres de dents en considérant le même module m pour toutes les roues dentées.

Question 5 : Calculer la raison λ du train épicycloïdal

Question 6 : Calculer le rapport de transmission du train épicycloïdal (étage A)

Question 7 : Calculer le rapport de transmission du second étage (étage B)

Question 8 : Calculer le rapport de transmission du troisième étage (étage C)

Question 9 : En déduire le rapport de transmission global G_m

Question 10 : Donner l'expression du torseur cinématique de 7/0 sur un point de l'axe de rotation de la génératrice en fonction de la vitesse de rotation du rotor $\omega_{1/0}$

Question 11 : Soit A un point le point sur l'axe de rotation des pales, B un point en extrémité d'une pale en position verticale vers le haut. Donner l'expression du torseur cinématique de 1/0 en B en fonction de la vitesse de rotation du rotor $\omega_{1/0}$ (on considère que les pales ont une longueur R)

Question 12 : Conclure par rapport au cahier des charges

Exercice 2 : Différentiel de vitesse de voiture (exercice difficile)

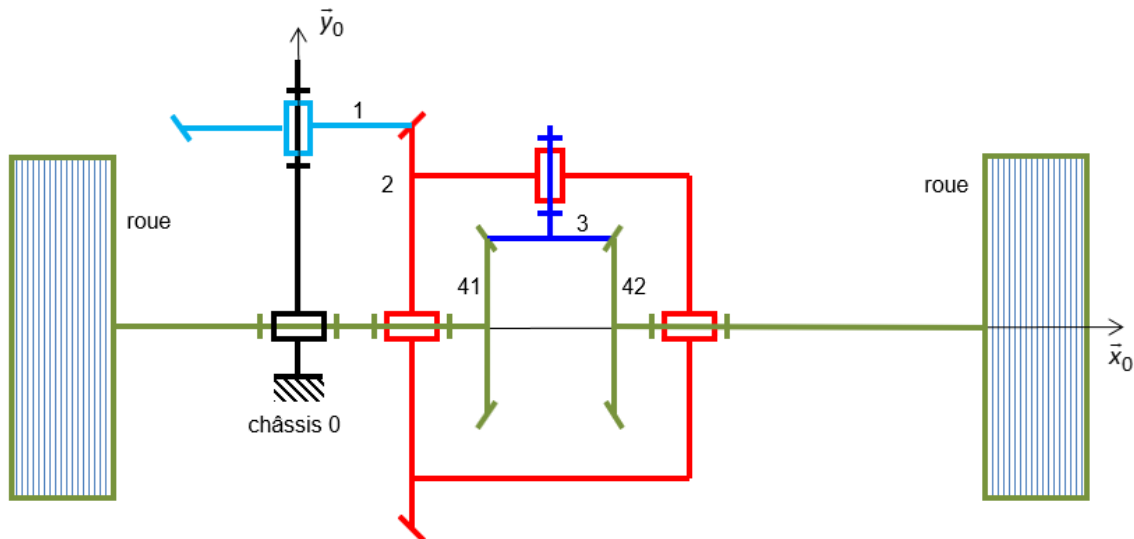
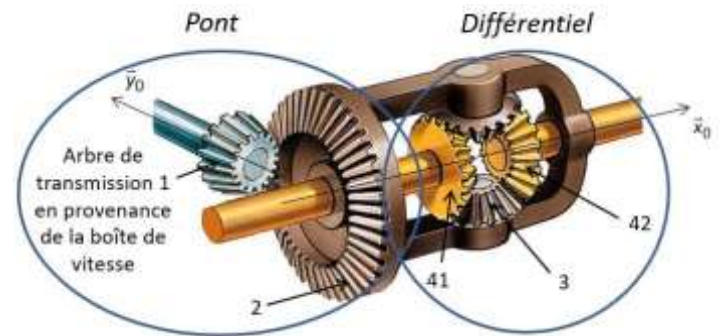
En virage, la roue extérieure d'un véhicule suit une trajectoire ayant un rayon plus grand que celle de la roue intérieure (elle parcourt plus de distance). Si les roues ne sont pas motrices, cela ne pose pas de problèmes. Si les roues sont motorisées, il est nécessaire d'interposer un mécanisme **différentiel** permettant aux roues de tourner à deux vitesses différentes à partir d'une seule motorisation.

Le **différentiel** présent sur toutes les voitures, permet donc aux roues motrices (entraînées par le moteur) de tourner à des vitesses différentes pour faciliter la prise de courbe et limiter l'usure des pneus. Sur un véhicule à 2 roues motrices (4x2), un seul différentiel est installé entre les roues droite et gauche.

Sur un véhicule à 4 roues motrices (4x4), trois différentiels sont installés : 1 entre les roues droite et gauche AV, 1 entre les roues droite et gauche AR, et 1 entre les trains AV et AR.



Le pont (engrenage conique 1-2 ci-contre), qui est associé au différentiel permet une réduction supplémentaire par rapport à celle effectuée par la boîte de vitesse. Un différentiel est un train d'engrenage épicycloïdal dit **sphérique**. Contrairement à la plupart des trains d'engrenage épicycloïdal, aucune pièce du train n'est fixée. Le schéma cinématique correspondant à l'image ci-contre est donné ci-dessous.



On notera Z_i le nombre de dent de la pièce i tournant à une vitesse de rotation $\omega_{i/0}$.

Question 1 : En vue de l'agencement du système, quels engrenages doivent avoir le même module.

Question 2 : Quels engrenages doivent aussi avoir le même nombre de dents

Question 3 : Identifier pour ce train épicycloïdal spécifique, quelles pièces correspondent aux satellites, au porte satellite et aux planétaires.

Question 4 : Déterminer la raison λ du train épicycloïdal (attention au signe de la raison)

Question 5 : Déterminer $\omega_{2/0}$ en fonction de $\omega_{41/0}$ et $\omega_{42/0}$ puis $\omega_{1/0}$ en fonction de $\omega_{41/0}$ et $\omega_{42/0}$.

Question 6 : Donner l'expression du torseur cinématique de la roue 41/0 sur le rayon extérieur de la roue en fonction de sa vitesse de rotation du rotor $\omega_{41/0}$ (on considère que la roue a un rayon R) lorsque le véhicule avance suivant \vec{z}_0 .

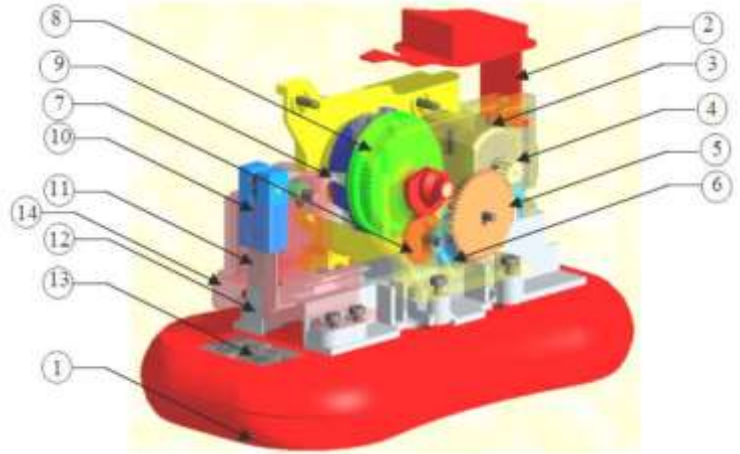
Question 7 : On suppose que le véhicule se déplace en ligne droite, que les pneus ont le même diamètre et que le véhicule se déplace avec un roulement sans glissement pneu/route. Dans ces conditions, donner la relation entre $\omega_{41/0}$ et $\omega_{42/0}$, puis entre $\omega_{41/0}$ et $\omega_{2/0}$. Que vaut $\omega_{3/2}$?

Question 8 : On suppose la voiture « levée » dans un garage (les roues ne sont donc pas en contact avec le sol) et que le moteur ne tourne pas. Dans ces conditions, que vaut $\omega_{1/0}$? Donner la relation entre $\omega_{41/0}$ et $\omega_{42/0}$. Que cela signifie-t-il ?

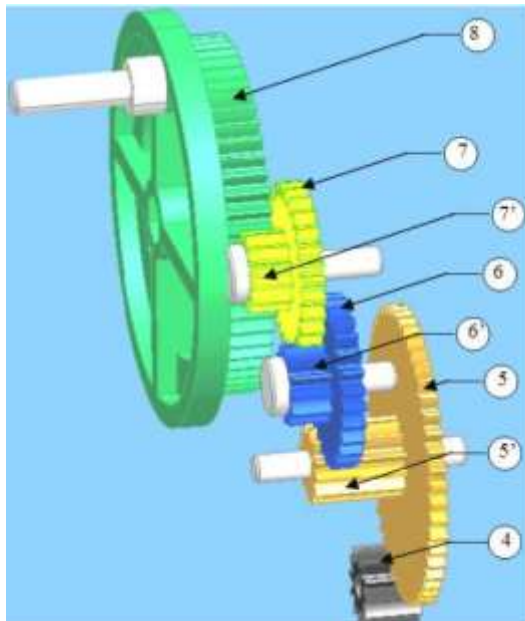
Exercice 3 : Agrafeuse REXEL

On s'intéresse au système de transformation de puissance d'une agrafeuse électrique de bureau, semi automatisée dont on donne la description structurelle ci-dessous.

Repère	Désignation	Observations
1	Semelle	
2	Commande d'ouverture magasin	
3	Moteur	Moteur MABUCHI
4	Roue dentée	Pignon
5 + 5'	Roues dentées	Roue + Pignon
6 + 6'	Roues dentées	Roue + Pignon
7 + 7'	Roues dentées	Roue + Pignon
8	Roue dentée à excentrique	
9	Levier	
10	Coulisseau	
11	Poinçon	
12	Magasin d'agrafes	
13	Enclume	
14	Guide coulisseau	



Les principales caractéristiques dimensionnelles du train d'engrenage sont données ci-dessous en mm avec m le module, p le pas primitif, Z le nombre de dents, d le diamètre primitif, b la largeur d'une roue et a l'entraxe.



PIGNONS ET ROUES	m	p	Z	d	b	a
4	0,5	1,57	12	6	5	15,5
5	0,5	1,57			1,5	
5'	0,5	1,57	12	6	7,5	20
6	0,5	1,57	28	14	1,5	
6'	0,5	1,57	12	6	3,5	18
7	0,5	1,57	28	14	1,5	
7'	0,5	1,57	12	6	3,5	18
8	0,5	1,57		30	5	

Question 1 : Construire le schéma cinématique du réducteur

Question 2 : Déterminer pour la pièce 5 le diamètre primitif d_5 ainsi que le nombre de dents Z_5 .

Question 3 : Déterminer l'entraxe entre l'axe 6 et 7.

Question 4 : Déterminer le nombre de dents Z_8 de la pièce 8.

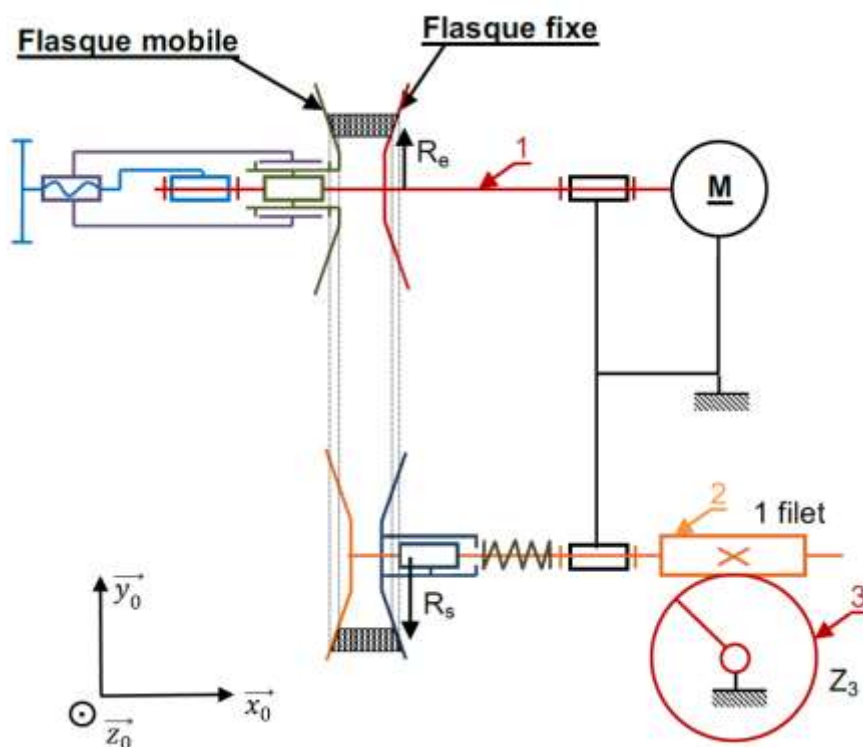
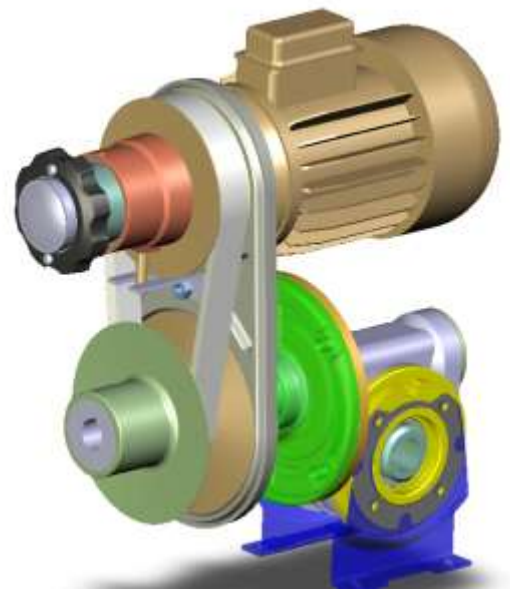
Question 5 : Déterminer le rapport de réduction global du système $\omega_{8/0} / \omega_{4/0}$

Exercice 4 : Transmission à rapport variable

Les systèmes de transmission à rapport variable (aussé appelé variateur de vitesses) sont des systèmes composés de deux poulies dont les gorges à écartement variable sont reliées par une courroie. En fonction de l'écartement des parois des poulies, la courroie pénètre plus ou moins près du centre et change le rapport de démultiplication en conséquence. Nous nous intéressons dans cet exercice au variateur de scooter électrique à courroie SNT.



Le variateur SNT utilise un variateur piloté électroniquement : l'écartement des flasques de la poulie motrice est piloté par un petit moteur électrique (non représenté sur l'image ci-contre et sur le schéma cinématique ci-dessous). Le mouvement de rotation du moteur électrique est transmis au flasque mobile de la poulie menante par l'intermédiaire d'un réducteur. Le flasque mobile de la poulie menante étant en liaison hélicoïdale par rapport à l'arbre moteur, le mouvement de rotation est donc transformé en un mouvement de translation, via un système vis-écrou de pas p . Cela qui permet de contrôler l'écartement entre les deux flasques. D'après le cahier des charges, le variateur étudié permet de passer d'un rapport de 1/30 à un rapport de 1/150. Cet exercice permettra de vérifier cette plage de variation. On donne dessous le schéma cinématique du système.



Question 1 : Expliquer comment s'effectue le réglage du rapport de transmission

Question 2 : Soit $x(t)$ la position du flasque mobile et θ_{reg} la position angulaire du moteur permettant de régler l'écartement des flasques. Donner une relation entre ces deux paramètres.

On note $\omega_{i/0}$ la vitesse de rotation de la pièce i du système et on donne la relation entre le rayon R_e et la position du flasque $x(t)$: $R_e = R_{e\ min} + 4 \cdot x(t)$.

Question 3 : Après avoir défini la vitesse de rotation en entrée et en sortie du système poulies courroie, déterminer le rapport de transmission de cette partie en fonction de la position du flasque.

Question 4 : Déterminer les limites de ce rapport de transmission sachant que $0 < x(t) < 2\ cm$.

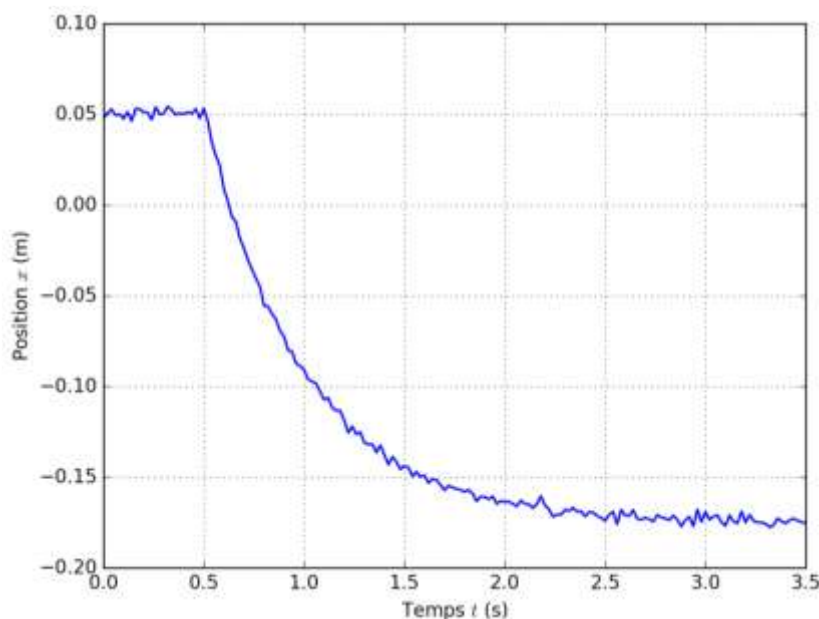
Question 5 : Déterminer le rapport de transmission du système roue à vis sans fin $|\omega_{3/0} / \omega_{2/0}|$ sachant que $Z_{vis} = 1$ et $Z_3 = 50$.

Question 6 : Dédire des précédentes questions les limites du rapport de transmission global $|\omega_{3/0} / \omega_{1/0}|$.

Question 7 : Sachant que $R_{e\ min} = 2\ cm$ et que $R_s = 6\ cm$, vérifier que l'on respecte bien le cahier des charges.

Exercice 5 : Application du cours sur les SLCI

Partie 1 : Dans cette partie, on effectue un test, avant réglage, de l'axe linéaire de robot présenté ci-contre. Pour tester le comportement du système, on impose à l'axe linéaire un échelon de position à $t=0,5\ s$. A cet instant, la consigne de passe d'une position de $0,05\ m$ à $-0,2\ m$. On observe alors ci-dessous l'évolution de la position de l'axe linéaire.



Question 1 : Déterminer pour ce test le premier dépassement D_1 , l'erreur statique relative $e_{r\%}(+\infty)$ ainsi que le temps de réponse à 5% $t_{r5\%}$.

Partie 2 : Soit l'équation différentielle ci-dessous :

$$7 \frac{d^3 s(t)}{dt^3} + 3 \frac{d s(t)}{dt} = 2 \frac{d^2 e(t)}{dt^2} + 5 \cdot e(t)$$

Question 2 : Déterminer la fonction de transfert liée à cette équation différentielle. Ecrire la fonction de transfert sous forme canonique.

Question 3 : En déduire le gain statique, la classe et l'ordre de cette fonction de transfert.

Partie 3 : On donne ci-dessous les pôles de fonction de transfert des systèmes :

Système 1 : -3, -6

Système 2 : -4, -1, 1

Système 3 : -2+j, -2-j, -8

Question 4 : Prévoir la performance de stabilité de chaque système. Pour les systèmes stables, indiquer si leur réponse oscillera ou non.