

Séquence 6.2***Modéliser cinématiquement les transmetteurs mécaniques habituels*****Mise en bouche**

- 1) Énoncer la propriété de composition des torseurs cinématiques.
- 2) Rappeler la définition de la vitesse de glissement, et du taux de roulement.
- 3) Rappeler la loi d'entrée-sortie cinématique des transmetteurs suivants : pignon-crémaillère, engrenages à axes parallèles ou concourants, roue et vis sans fin, vis-écrou...
- 4) Faire un schéma cinématique d'un train simple à deux étages.
- 5) Rappeler la méthode de résolution du comportement cinématique d'un train épicycloïdal

Entrée

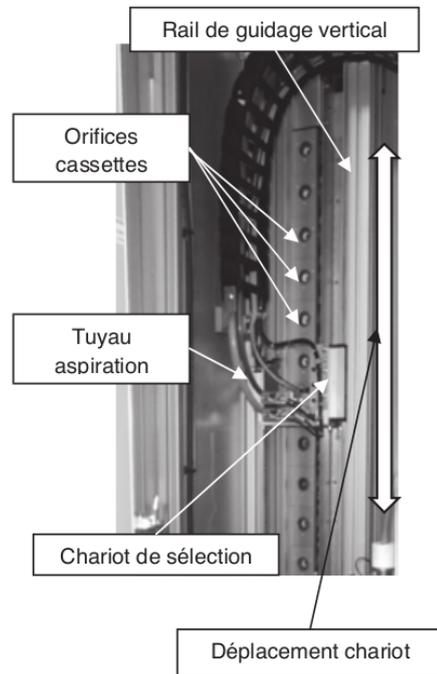
Exercice 1 : Chariot de cellule d'assemblage pour Falcon

Une des étapes importantes de la réalisation d'un avion est l'assemblage de sa structure, qui est composée de nombreux éléments.

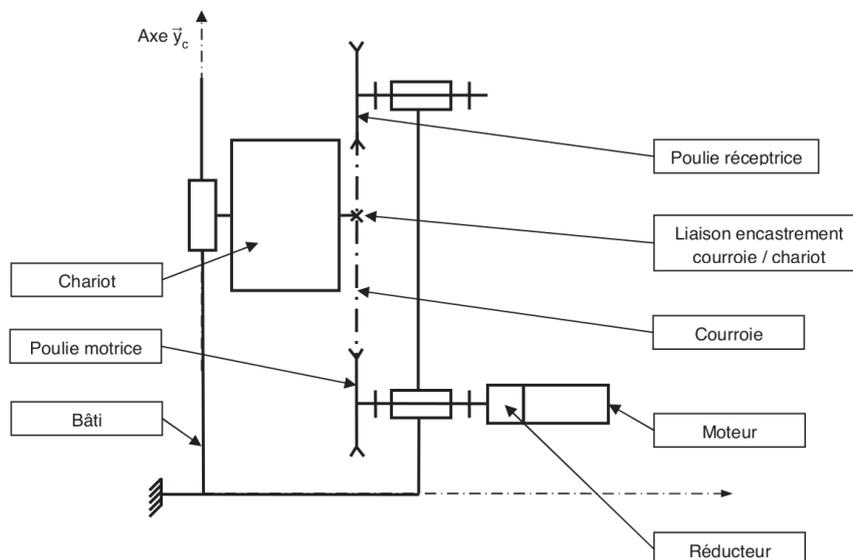
L'assemblage complet correspond à une succession d'opérations à répéter pour chacun des points de fixations :

- mise en place des éléments à assembler;
- perçage des éléments;
- dépose d'un rivet;
- pose d'une bague déformable;
- serrage du rivet par déformation de la bague.

Le magasin de rivets doit assurer le stockage des rivets prévus pour l'assemblage ainsi que leur distribution vers le robot. Les rivets sélectionnés dans le magasin sont acheminés vers l'effecteur au moyen d'un système d'aspiration (non étudié ici). Avant d'être acheminés vers l'effecteur, les rivets sont stockés dans des cassettes rangées verticalement dans l'armoire de stockage (Figure 11). Un chariot de sélection se déplace verticalement pour déplacer la buse d'aspiration qui permettra d'acheminer les rivets contenus dans la cassette vers l'effecteur (Figure 10).



Le déplacement du chariot est assuré par un axe numérique asservi en vitesse et en position. Cet axe est composé d'un moteur à courant continu, d'un système de transmission de puissance de type poulies / courroie et d'un rail. La poulie motrice a un rayon de 45 mm et le rapport de réduction du réducteur est égal à 5.

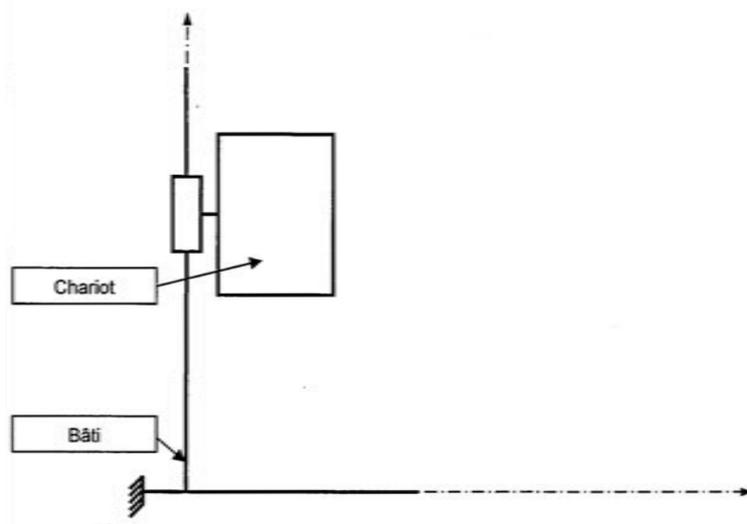


Question 1 Déterminer la relation entre la vitesse de translation du chariot et la vitesse de rotation de la poulie motrice.

Question 2 Déterminer la relation entre la vitesse de rotation du moteur et celle de la poulie motrice.

Question 3 Déterminer la relation entre la vitesse de translation du chariot et celle de la poulie motrice.

Question 4 Proposer sur le schéma cinématique ci-dessous une autre architecture permettant de transformer la rotation du moteur en translation du chariot.



Exercice 2 : Chariot de manutention motorisé

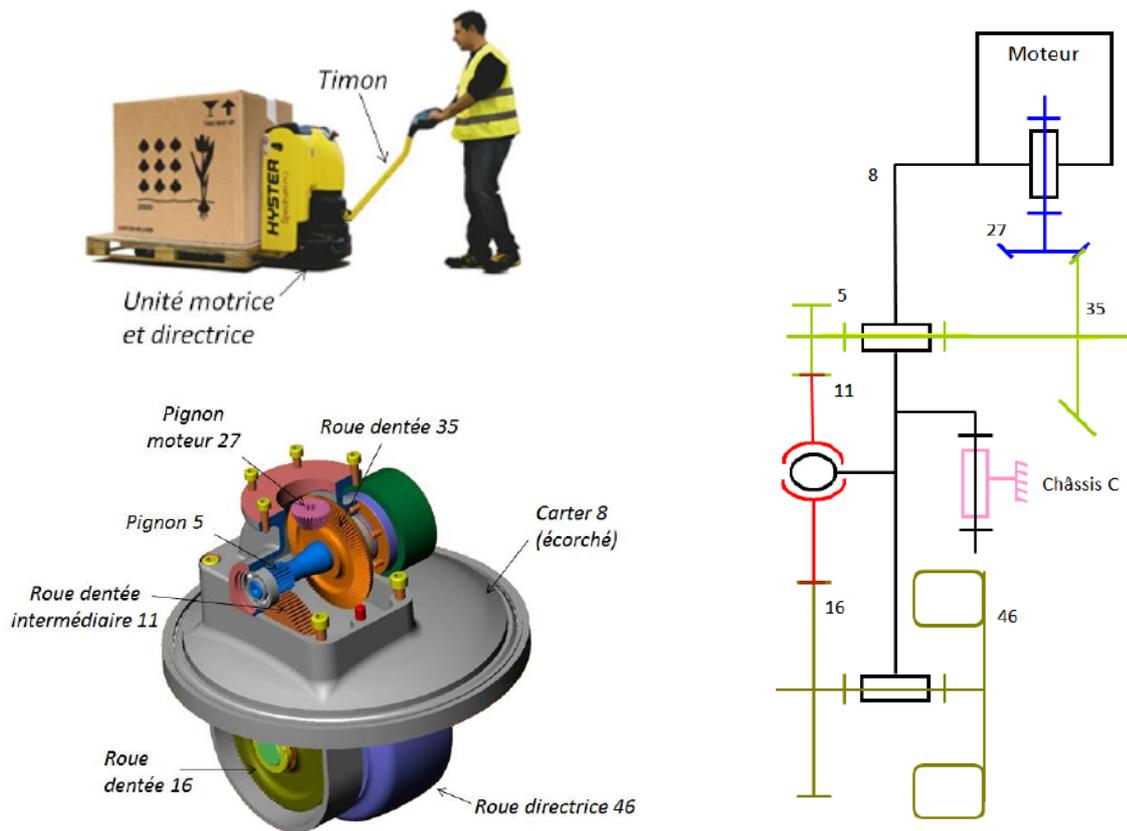


FIGURE 1 – Chariot de manutention motorisé HYSTER (en haut à gauche), modèle 3D de son unité de motorisation (en bas à gauche) et schéma cinématique de l'ensemble de transmission (à droite).

On étudie un chariot de manutention motorisé HYSTER qui permet aux opérateurs de manipuler des charges lourdes avec un effort réduit. Un moteur fournit une puissance mécanique transmise à l'une des roues. La vitesse de rotation du moteur est commandée par l'inclinaison du timon autour d'un axe horizontal. L'opérateur peut par ailleurs diriger le chariot par la rotation du timon autour de la verticale.

On s'intéresse ici à la capacité du chariot à vérifier deux points de son cahier des charges qui spécifie que :

- pour des raisons de sécurité, la vitesse nominale du chariot ne doit pas dépasser 2 km/h;
- pour des raisons de rentabilité, la vitesse nominale du chariot doit être supérieure à 1,5 km/h.

L'unité de motorisation du chariot est principalement composée de :

- un carter (8) qui pivote autour de la verticale avec le timon (pour assurer la direction);
- un moteur à courant continu (non représenté sur le modèle 3D) dont l'axe de rotation est vertical et la vitesse nominale de rotation est de $N_m = 1500$ tr/min;
- d'un bloc de transmission composé de divers pignons dont les caractéristiques sont :
 - * nombre de dents $Z_{27} = 16$ dents et de module 1 mm
 - * nombre de dents $Z_{35} = 84$ dents
 - * nombre de dents $Z_5 = 14$ dents
 - * nombre de dents $Z_{11} = 56$ dents
 - * nombre de dents $Z_{16} = 75$ dents et module 1,5 mm
- d'une roue directrice de diamètre $D_{46} = 180$ mm.

Question 1 Précisez le module de chaque pignon en justifiant vos affirmations.

Question 2 Est-ce possible d'avoir sur un même solide deux pignons dont les dentures ont des modules différents?

Question* 3 Déterminez le rapport de transmission $\frac{\omega_{27/8}}{\omega_{46/8}}$.

Question 4 Déterminez la vitesse nominale d'avancée du chariot en supposant que la roue roule sans glisser sur le sol. Concluez quant au cahier des charges.

Question 5 Déterminez la distance séparant les axes des liaisons pivot entre {5-35} et {8} et entre {16-46} et {8}. Quelle est alors la distance entre l'axe de la liaison entre {5-35} et {8} et le sol?

Plat

Exercice 1 : Banc d'essai d'une boîte de transmission principale d'hélicoptère

Airbus Helicopters commercialise des hélicoptères civils et militaires. Pour les États ou les Entreprises faisant l'acquisition de ces machines, un des critères de choix est la masse qui peut être embarquée ou déplacée. Ainsi, pour les hélicoptères de la gamme EC 145, la masse à transporter est de 3585 kg. Cette charge va influencer sur les dimensions de l'appareil et sur la puissance à fournir par les turboréacteurs.

Le déplacement des hélicoptères est assuré par un rotor principal permettant la sustentation et la translation de l'appareil. Un rotor arrière permet de compenser le couple de réaction engendré par le rotor principal et de contrôler les mouvements de lacet de l'appareil.

La puissance est délivrée par deux turboréacteurs (certains hélicoptères ne sont équipés que d'un turboréacteur). Ces turboréacteurs entraînent en rotation une boîte de transmission principale (BTP) qui elle-même entraîne d'une part le rotor principal et d'autre part le rotor arrière, par l'intermédiaire d'un arbre de transmission et d'une boîte de transmission arrière (BTA). La BTP assure aussi l'entraînement d'une série d'accessoires permettant le fonctionnement de l'appareil (alternateur, pompe hydraulique ...).

Afin de vérifier les performances des BTP fabriquées, celles-ci sont testées sur un banc d'essai. Le banc d'essai se présente sous la forme d'un châssis permettant d'assurer la liaison avec la BTP. Il est équipé d'un moteur à courant continu piloté par un variateur lui-même alimenté par un transformateur. Ce moteur entraîne une succession de réducteurs entraînant eux-mêmes deux arbres reliés aux deux entrées de la BTP. La BTP agit alors sur le rotor principal de l'hélicoptère.

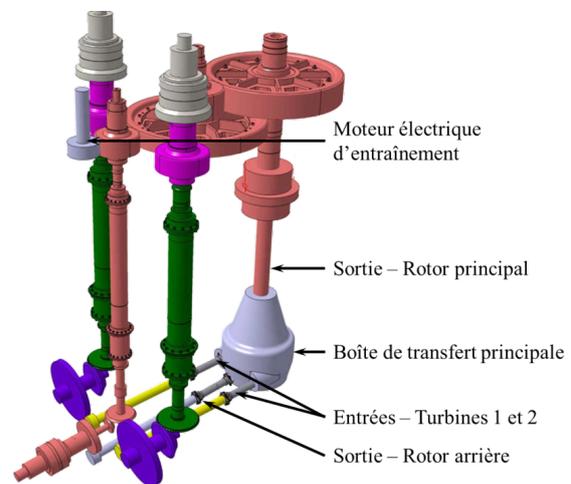
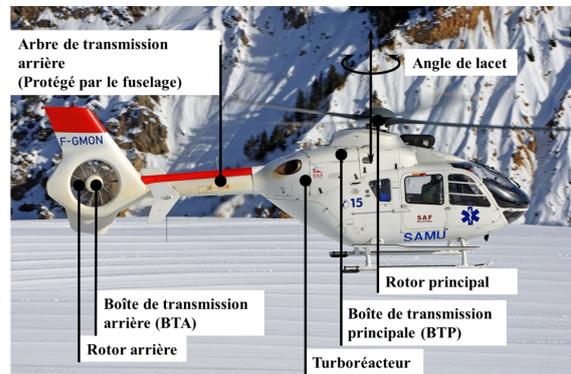
Le schéma cinématique figure 1 présente l'architecture cinématique simplifiée du banc d'essai présenté ci-dessus.

Sur l'hélicoptère, la BTP est alimentée par deux turbines. Sur le banc d'essai la motorisation est assurée par un seul moteur à courant continu. Différents trains d'engrenages permettent alors d'alimenter les deux entrées de la BTP. Dans notre étude, nous nous intéresserons à une seule chaîne de transmission (l'entrée correspondant à la seconde turbine ainsi que la sortie rotor arrière ne sont pas représentées sur le schéma). On note :

- $k_{BTP} = 25$ le rapport de transmission de la BTP est défini par $\frac{N(1/0)}{N(2/0)} = \frac{1}{k_{BTP}}$;
- $N(2/0) = 8\,750 \text{ min}^{-1}$ la fréquence de rotation en entrée de BTP (fréquence de rotation des turbines entraînant la BTP) ;

Question 1 Déterminer la fréquence de rotation de l'arbre de sortie de la BTP.

Question 2 Calculer le rapport de transmission de l'arbre moteur jusqu'à l'entrée de la boîte de vitesses. On exprimera pour cela le rapport $k_T = \frac{N(2/0)}{N(7/0)}$. En déduire la fréquence de rotation du moteur électrique $N(7/0)$ en min^{-1} .



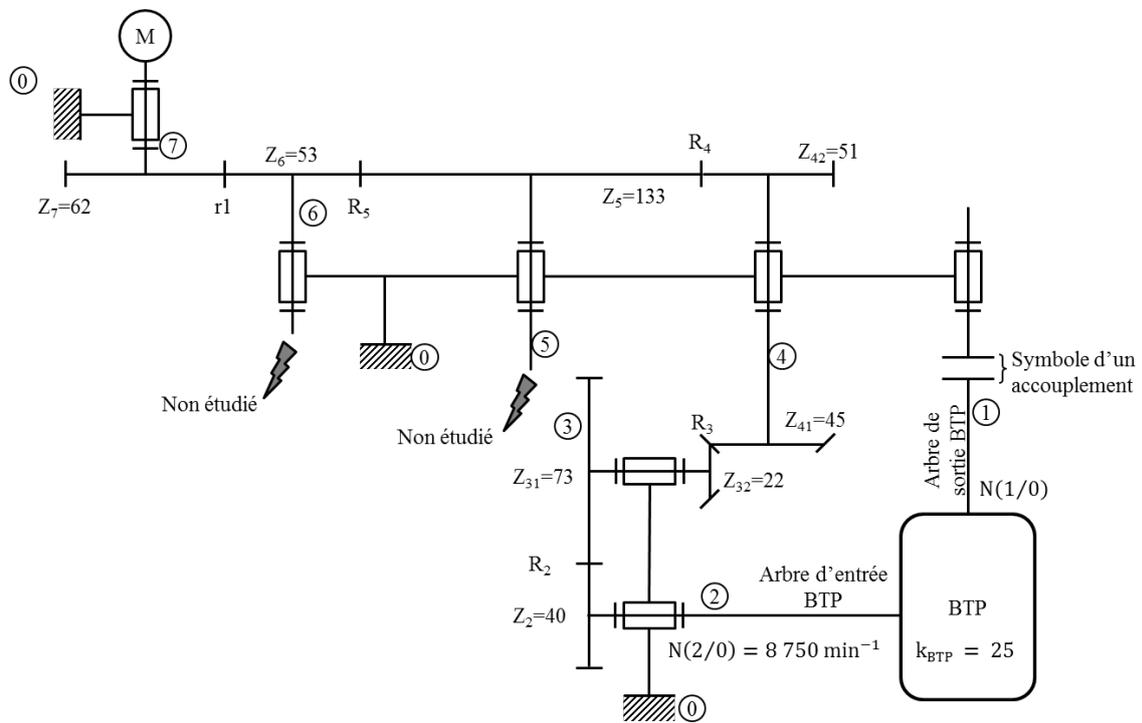


FIGURE 1

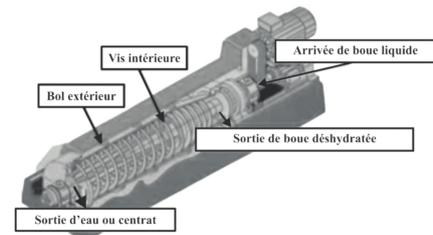
Exercice 2 : Station d'épuration

Un station d'épuration se compose de plusieurs parties :

- le relevage d'eau brute
- le prétraitement permettant de séparer les déchets non organiques et de dégraisser
- la filière eau, qui sépare l'eau et les déchets sous forme de boue
- la filière boue, traitant les boues extraites.

C'est la filière boue qui fait l'objet de cette étude. Les boues sont constituées d'eau et de matière sèche. La siccité est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi, une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90 %. Afin d'incinérer les boues, il faut les déshydrater pour atteindre une siccité de 20 %. La déshydratation mécanique par centrifugation permet de séparer l'eau des matières sèches dans les boues.

La centrifugation se base sur la différence de densité entre les matières sèches et l'eau présente dans cette boue. La boue arrive avec une certaine vitesse horizontale par un côté de la centrifugeuse (arrivée de boue liquide). L'eau traverse alors toute la centrifugeuse dans sa zone centrale tandis que les matières en suspension sont plaquées contre le tambour extérieur du fait de sa vitesse de rotation. Une vis intérieure, tournant dans le même sens que le tambour mais à une vitesse plus importante, vient alors récupérer les boues et les évacuer en sens inverse de l'eau jusqu'à la sortie latérale (sortie de boue déshydratée). La compréhension du fonctionnement des flux d'eau et de boue dans la centrifugeuse n'est pas nécessaire à la suite de l'étude.

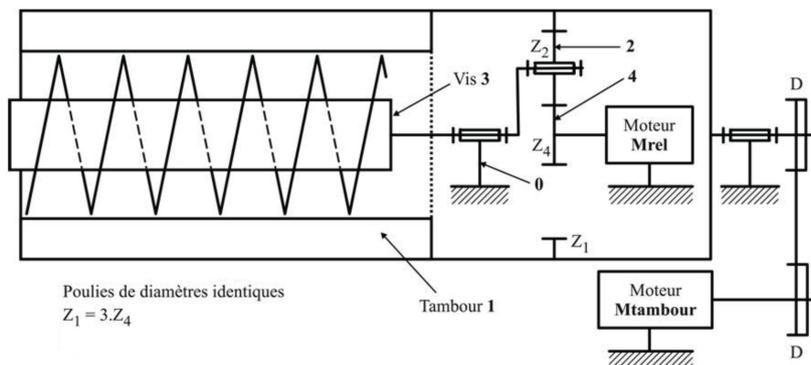


La boue visqueuse est cisailée par la différence de vitesse entre la vis et le tambour (Bol extérieur). La siccité de la boue est directement liée à cette différence de vitesse dont l'asservissement est l'objet de l'étude suivante. La chaîne cinématique est représentée sur la figure ci-dessous.

La séquence de lancement de la centrifugeuse se déroule en trois phases :

- Mise en marche du premier moteur M_{tambour} jusqu'à ce que le tambour 1 atteigne sa vitesse de consigne de 2 000 tours/min. Le moteur M_{rel} est à l'arrêt.
- Mise en marche du deuxième moteur M_{rel} jusqu'à ce que la vitesse différentielle de 2 tours/min soit atteinte entre le tambour 1 et la vis 3. La vis 3 tourne ainsi plus vite que le tambour 1.
- La boue liquide est ensuite introduite.

Notation : La vitesse de rotation du solide i par rapport au solide j est notée ω_{ij} (rad/s). Elle sera notée N_{ij} lorsqu'elle est exprimée en tours/min. Le nombre de dents d'un engrenage « i » est noté Z_i .



Question 1 On note $\frac{\omega_{40} - \omega_{30}}{\omega_{10} - \omega_{30}} = -k$. Exprimer k en fonction du nombre de dents des engrenages (Z_1 et Z_4) et en déduire sa valeur numérique.

Question 2 Durant la première phase de lancement, on a $\omega_{40} = 0$. Exprimer alors ω_{30} en fonction de ω_{10} et de k . Calculer sa valeur numérique.

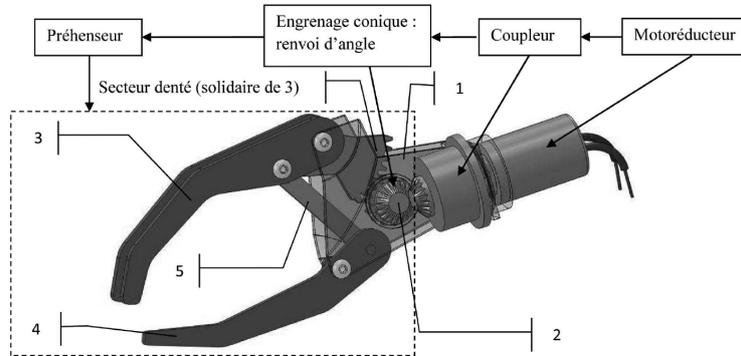
Question 3 Pendant la phase 2, déterminer la valeur de ω_{30} souhaitée. En déduire la vitesse de rotation que doit avoir le moteur M_{rel} .

Question 4 Qu'en est-il si on souhaite que la vitesse différentielle soit nulle? Justifier le fait que la vitesse de rotation du moteur M_{rel} soit asservie.

Dessert

Exercice 1 : Prothèse myoélectrique

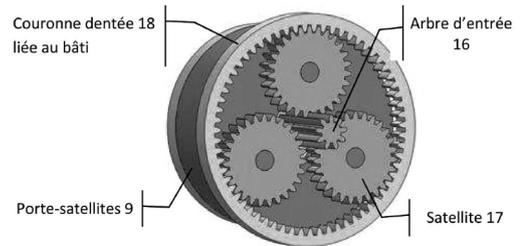
L'objet de l'étude est une prothèse de main myoélectrique fabriquée par Otto Bock. Le comportement attendu est d'imiter le mieux possible le fonctionnement d'un membre humain.



L'ensemble de la prothèse est constitué d'un motoréducteur à courant continu à double sens de rotation qui transmet son mouvement à un coupleur. Le mouvement de sortie de ce coupleur est transmis au préhenseur par un engrenage conique de rapport 1.

Lors des phases d'ouverture et de fermeture rapides, l'axe de sortie du motoréducteur transmet directement son mouvement au renvoi d'angle à pignons coniques. Dans ce cas le rapport ρ vaut 1. Lors du contact avec l'objet, la vitesse est réduite afin d'augmenter le couple transmis pour le serrage.

Cette fonction est réalisée à l'aide du train épicycloïdal ci-contre. Celui-ci est constitué de l'arbre 16 en sortie du motoréducteur (nombre de dents $Z_{16} = 9$), d'une couronne dentée 18 liée au bâti 1 (nombre de dents $Z_{18} = 63$), de 3 satellites 17 (nombre de dents $Z_{17} = 27$) et d'un porte-satellites 9 en forme de cloche qui transmet cette fois le mouvement de sortie au renvoi d'angle.

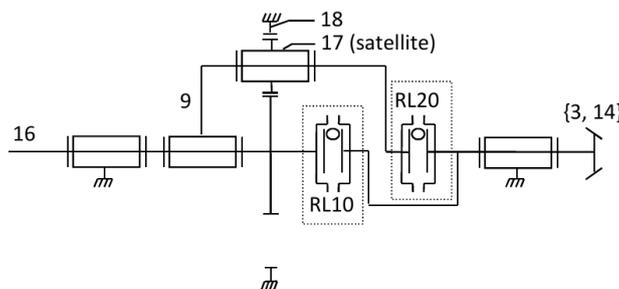


Question 1 Déterminer le rapport de réduction $\rho : \rho = \frac{\omega_{9/1}}{\omega_{16/1}}$ pendant la phase de serrage.

Une roue libre est un système reliant deux arbres colinéaires et se comportant différemment en fonction du sens de rotation de l'un des arbres par rapport à l'autre :

- lorsque la roue libre est débrayée, on peut modéliser la roue libre comme une liaison libre entre les deux arbres;
- lorsque la roue libre est embrayée, on peut modéliser la roue libre comme une liaison complète entre les deux arbres.

Le schéma cinématique général du coupleur peut être décrit comme suit :



Les deux roues libres sont montées inversées l'une par rapport à l'autre : si l'une est embrayée, l'autre est débrayée.

Question 2 Quelle roue libre est bloquée en phase de serrage? Et en phase d'ouverture/fermeture rapides?