

### A. Mise en situation

La machine étudiée est une banderoleuse de palettes automatique à bras tournant.

Elle est destinée à la mise sous film plastique des produits déposés sur des palettes de manutention afin de les protéger et de faciliter leur manutention.

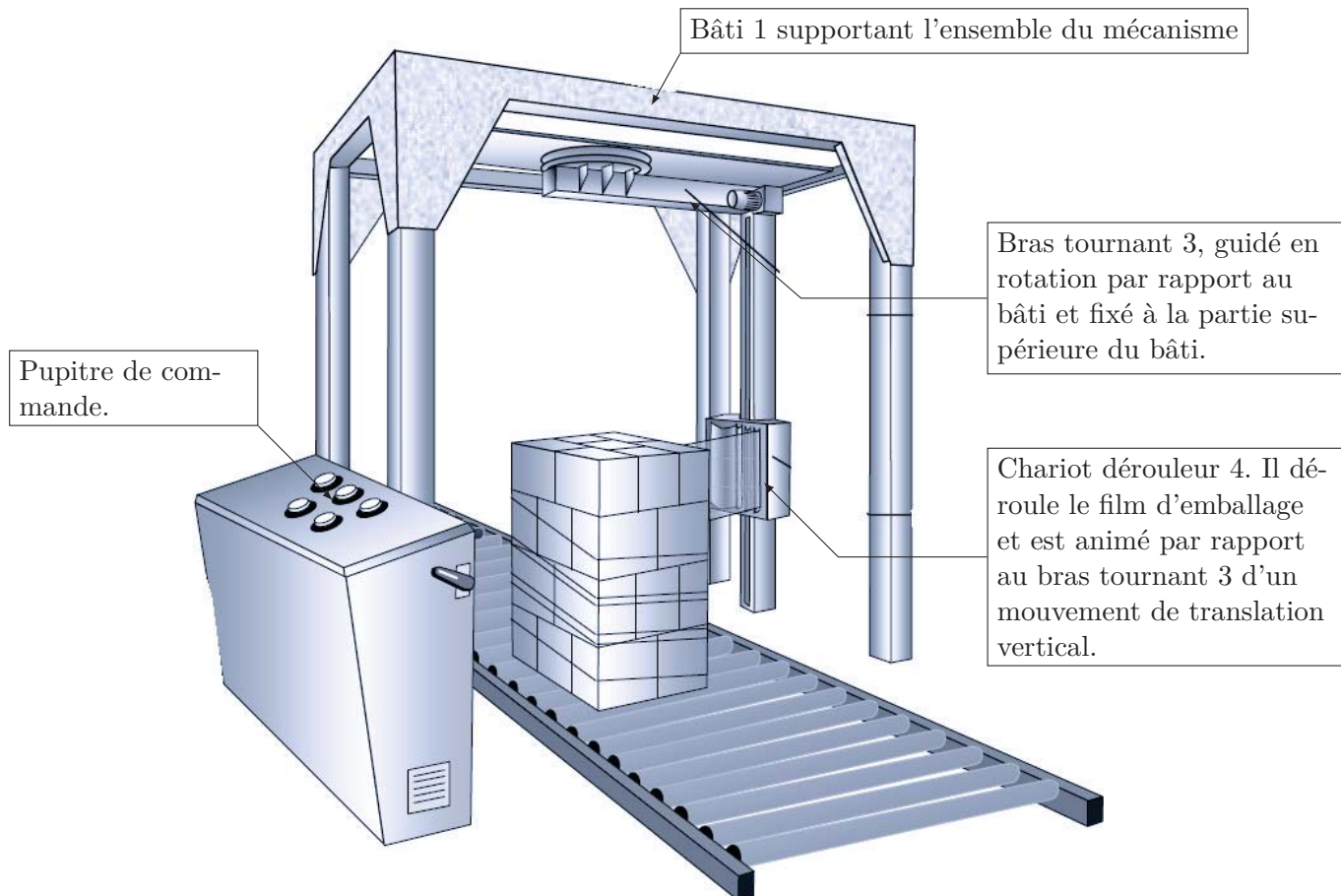


Figure 1 – Banderoleuse

**Le film d'emballage :** C'est un film plastique, étiro-rétractable, présenté sous forme de bobine. Le film, avant sa pose autour de la palette subit dans le chariot dérouleur 4 un préétirage qui augmente sa longueur dans des proportions variables entre 0 et 300%. Il conserve cette déformation pendant quelques minutes puis reprend partiellement sa longueur d'origine. On obtient ainsi un effet de serrage sur les produits emballés sans avoir d'efforts de traction pendant la pose autour de la palette ce qui permet d'emballer des produits légers ou fragiles.

**L'emballage d'une palette :** Après dépose d'une palette dans la banderoleuse, le cycle de fonctionnement, géré par un automate programmable permet :

- la mise en route du bras tournant.
- la mise en place de trois tours de film pré-étiré autour de la base des produits.
- l'enrubannage de la palette par déplacement ascendant du chariot dérouleur le long du bras tournant.
- la détection du haut de la palette et la mise en place de trois tours de film.
- l'enrubannage de la palette lors de la descente du chariot dérouleur jusqu'à sa position basse.
- la découpe du film.

## B. Prédétermination du moteur d'entraînement

Les données nécessaires à l'étude se trouvent dans les pages suivantes.

Le cahier des charges impose que le bras 3 (constitué des pièces 25, 21, 24, 22, 4) atteigne une fréquence de rotation de 30tr/min au bout de 1,5s.

Q1. Déterminer la relation entre  $\omega_{3/1}$  et  $\omega_{2/1}$ .

Q2. Déterminer le rapport de réduction de l'engrenage constitué des roues  $Z_2$  et  $Z_{5a}$  afin de respecter le cahier des charges. Proposer des valeurs pour  $Z_2$  et  $Z_{5a}$ .

Q3. Déterminer  $\vec{V}_{E \in 3/1}$ .

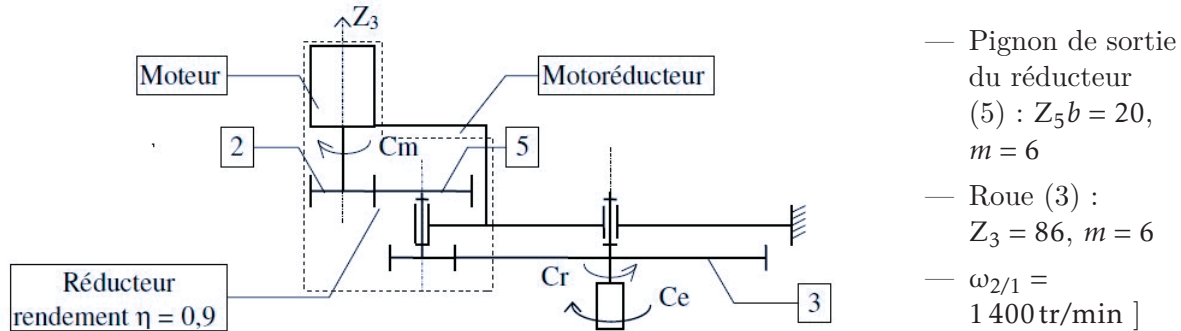


Figure 2 – Schéma du cinématique du mécanisme d'entraînement

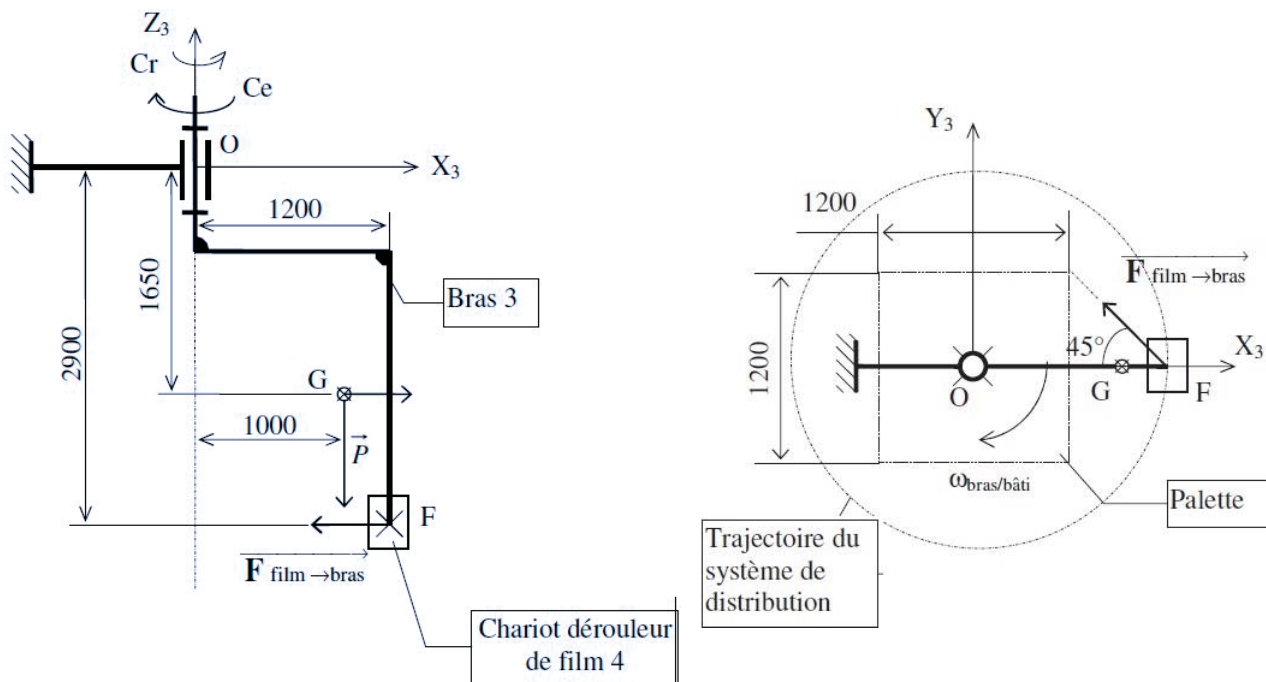


Figure 3 – Schéma du mécanisme

Devoir 2- Fauteuil électrique Positélec  
adapté de CCP PSI 2003 (Costadoat)

Corrigé page 10

## A. Présentation générale

Le système objet de l'étude est un fauteuil roulant électrique « POSITELEC 90 ». Afin de répondre au besoin d'autonomie des utilisateurs, les fauteuils roulants sont électriquement motorisés.

La motricité est assurée par deux moteurs électriques à courant continu commandant séparément une des deux roues arrière afin de diriger le fauteuil. Les roues avant sont montées « folles » (libres dans leurs

mouvements). L'asservissement de la vitesse et la commande de puissance des moto réducteurs sont effectués par une carte électronique appelée variateur. Les moto réducteurs sont équipés de freins électromécaniques à manque de courant, commandés en tout ou rien.

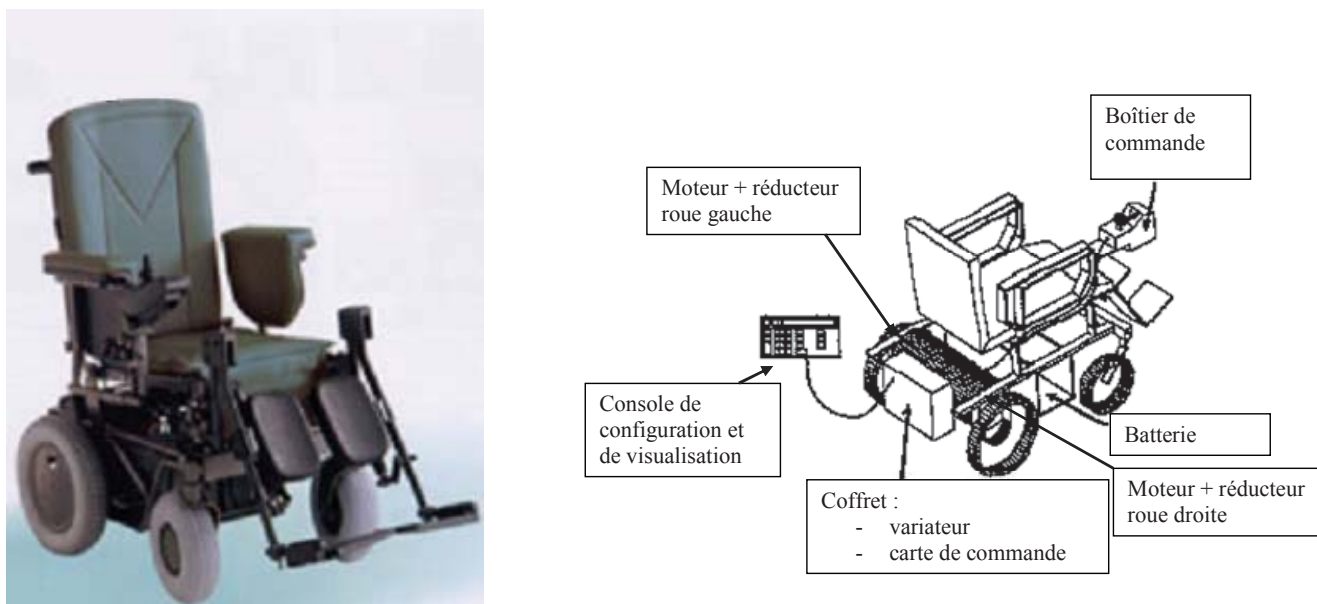


Figure 4 – fauteuil

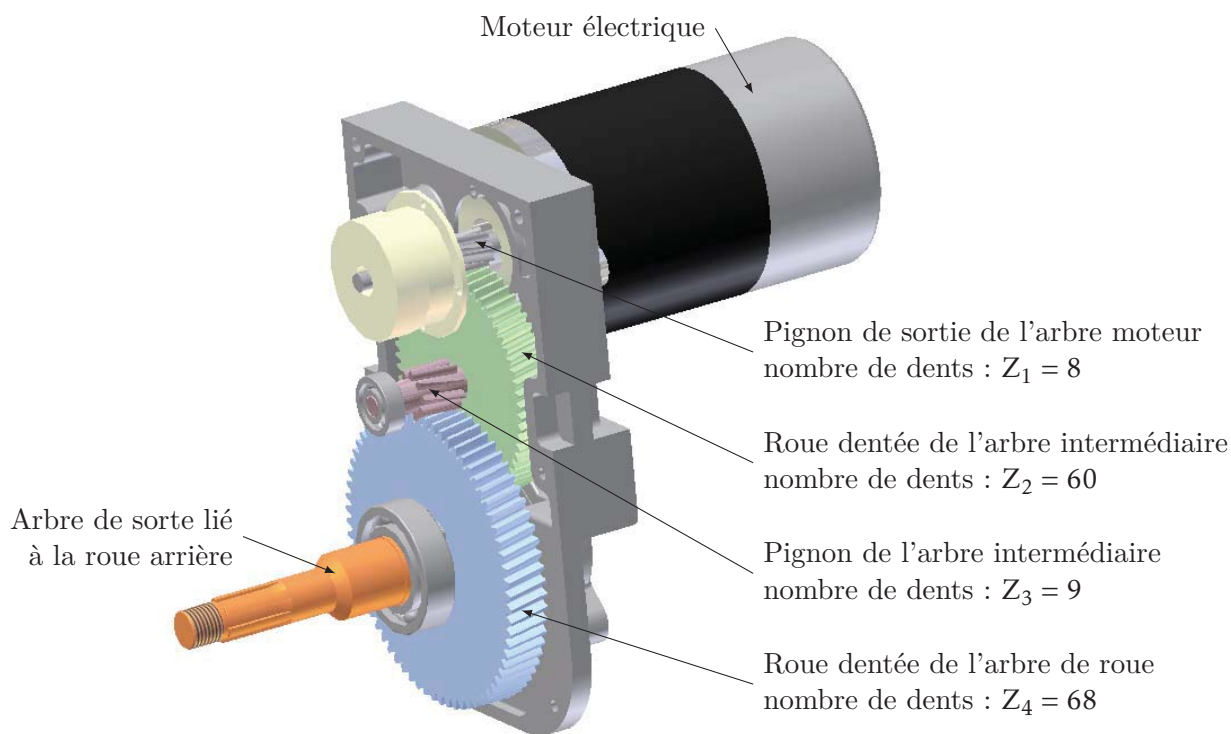


Figure 5 – Motorisation du fauteuil

En fonctionnement normal, un moteur transmet par l'intermédiaire de deux étages de réduction la puissance à chacune des roues (figure 5). Lorsque les moteurs ne sont pas alimentés, le fauteuil est par sécurité automatiquement freiné par le frein à manque de courant.

On note  $\omega_m(t)$  la vitesse de rotation de l'arbre du moteur (Cf. figure 5) et  $\omega_R(t)$  la vitesse de rotation de l'arbre de roue. On note  $r$  le rapport de réduction

$$r = \frac{\omega_R(t)}{\omega_m(t)}$$

et  $R_0$  le rayon de la roue

$$R_0 = 0,4\text{ m}$$

Q1. La vitesse maximale du fauteuil est  $V_{max} = 6\text{ km h}^{-1}$ , déterminer la vitesse de rotation des roues puis la vitesse de rotation de l'arbre moteur  $\omega_m(t)$  en  $\text{rad s}^{-1}$  puis  $\text{tour/min}$ .

Q2. Comment doivent-êre les vitesses de roues droite et gauche, pour aller tout droit, tourner à droite, tourner à gauche ?

Devoir 3- Etude d'un drone Quadrirotor  
adapté du concours ICNA 2011

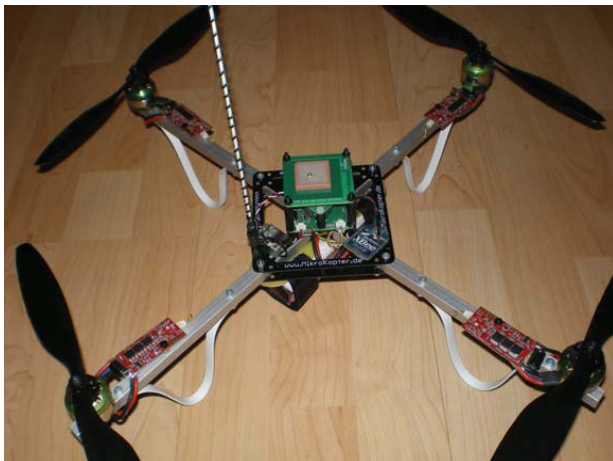
Corrig page 10

### Description du drone

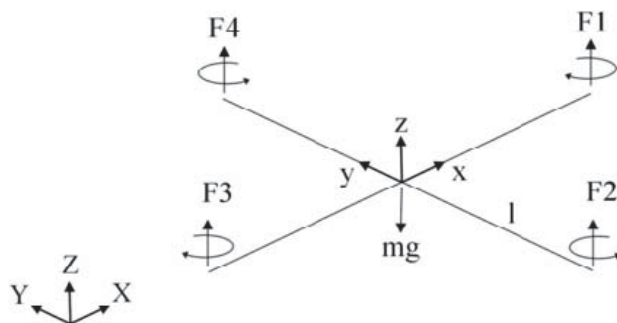
Le mini-drone, développé au sein de l'unité de recherche et d'innovation sur les drones à l'ENAC a été un des lauréats en mai 2009 du challenge mini-drone lancé par le ministère de la défense afin de simuler une mission opérationnelle de renseignement en zone urbaine, sa charge utile embarquée est constituée d'un appareil photo.

Cet hélicoptère quadri-rotor 6 à pas fixe est une configuration très répandue dans le monde des micro-drones. Alors que les hélicoptères classiques utilisent un système mécanique complexe de pas cyclique et collectif, le quadri-rotor ne dispose d'aucun organe mécanique spécifique et assure son contrôle en agissant uniquement sur la vitesse de rotation de ses rotors. Cette simplicité permet de disposer d'un véhicule de faible coût, robuste et facile à miniaturiser

Le contrôle vertical de l'appareil (translation suivant l'axe Z) est obtenu en faisant varier simultanément la vitesse de rotation des quatre moteurs. Le contrôle en roulis (rotation autour de X) et en tangage (rotation autour de Y) est obtenu en faisant varier de manière différentielle les vitesses de rotation des moteurs d'un même axe ( $\omega_2/\omega_4$  pour le roulis et  $\omega_1/\omega_3$  pour le tangage).



(a) drone



(b) Schéma d'ensemble

Figure 6 – Drone quadrirotor

### A. choix de la motorisation

L'objectif de cette partie est de comparer les performances associées à l'utilisation de différentes solutions (motorisation + transmission), lors des phases d'accélération de l'hélice.

Deux solutions techniques sont proposées à l'étude :

1. le moteur à courant continu « Graupner speed 400- 6 volts » associé au réducteur « MPJET » ;
2. le moteur c.c. « Graupner speed 400-7,2 volts » associé au réducteur « Multiplex » ;

Ces deux moteurs possèdent un diamètre extérieur identique de 28 mm.

#### A.1. Étude de la solution 1 : réducteur MPJET

La figure 7 présente une vue 3D du réducteur MP-JET et la figure 8 présente une vue en coupe A-A et une vue en section B-B.

Données :

- trois groupes cinématiques sont identifiés : Carter, Axe moteur, Arbre de sortie, l'axe de sortie est lié à l'hélice ;
- certaines liaisons « encastrement » sont réalisées par ajustement « serré ».

Le tableau ci-contre précise les différentes pièces qui constituent chaque groupe cinématique du réducteur décrit sur la figure 8.

	Numéros des pièces
{Carter}	{1, 2, 7}
{Axe Moteur}	{4, 5}
{Arbre de sortie}	{6, 9,}



Figure 7 – réducteur MPJET- vue 3D

Q1. Préciser les liaisons entre :

- le carter et l'axe moteur
- le carter et l'arbre de sortie
- le l'axe moteur et l'arbre de sortie

tracer le graphe des liaisons puis le schéma cinématique minimal normalisé de ce réducteur.

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques des composants.

	Rotor moteur	Arbre de sortie (avec l'hélice)
Nombre de dents du pignon associé	$Z_m = 10$	$Z_s = 50$
Vitesse de rotation	$\omega_m$	$\omega_s$

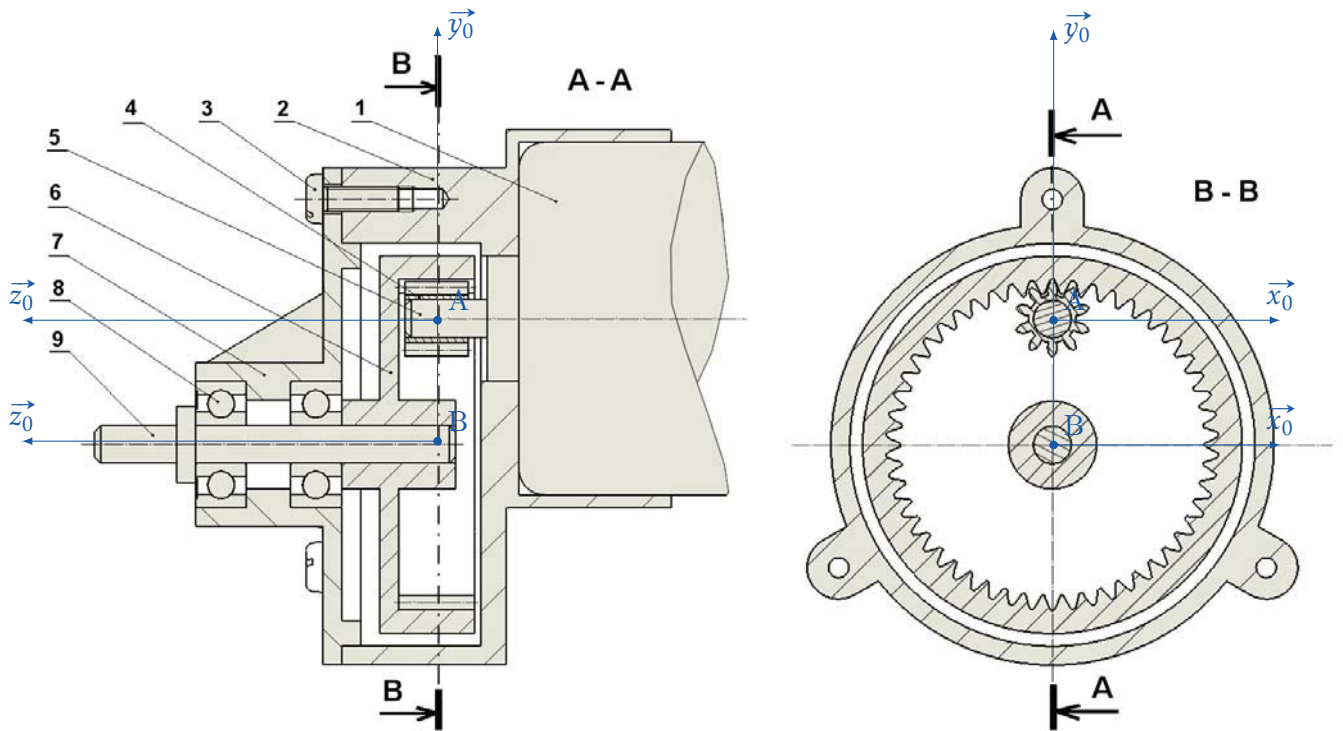


Figure 8 – réducteur MPJET - dessin d'ensemble (partiel)

Q2. Déterminer le rapport de transmission  $K_1 = \frac{\omega_s}{\omega_m}$  du réducteur MPJET.



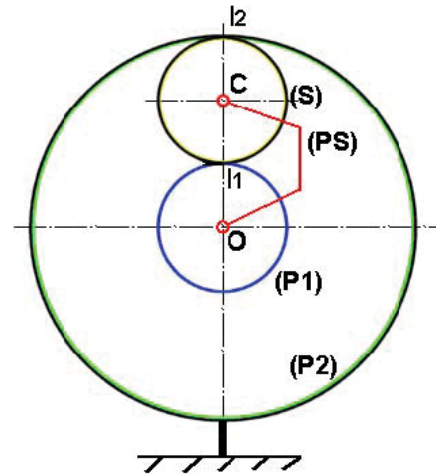
### A.2. Étude de la solution 2 : réducteur MULTIPLEX

La figure 9a montre le réducteur épicycloïdal Multiplex observé axialement et la figure 9b présente le schéma cinématique de ce réducteur, dont un seul satellite est modélisé.

Le planétaire  $P_1$  est lié à l'arbre moteur ; le porte-satellites  $P_3$  est lié à l'hélice ; le planétaire  $P_2$  est lié au corps du quadrirotor considéré fixe dans ce paragraphe.



(a) vue axiale du réducteur épicycloïdal



(b) Schéma cinématique

Figure 9 – réducteur épicycloïdal MULTIPLEX

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques des composants.

	Rotor Moteur ( $P_1$ )	Satellite (S)	Planétaire ( $P_2$ )	Arbre de sortie avec l'hélice : ( $P_3$ ) (pas de dents)
Nombre de dents	$Z_{P1} = 19$	$Z_S = 12$	$Z_{P2} = 43$	
Vitesse de rotation	$\omega_{P1/P2} = \omega_{P1}$	voir le questionnaire	$\omega_{P2} = 0$	$\omega_{P3/P2} = \omega_{P3}$

On pourra utiliser les désignations suivantes pour les démarches de calcul, mais pas dans l'expression finale des résultats.

- $R_{P1}$  le rayon primitif de la roue ( $P_1$ ) ;
- $R_{P2}$  le rayon primitif de la roue ( $P_2$ ) ;
- $R_S$  le rayon primitif du satellite.

On rappelle que les nombres de dents  $Z$  des pignons sont en relation avec leurs rayons primitifs  $R$  respectifs par la relation :  $2 \cdot R = m \cdot Z$  ;  $m$  étant le module de la denture :  $m = 0,45 \text{ mm}$ .

Pour alléger les notations, les vitesses de rotation  $\omega_{P1/P2}$  et  $\omega_{P3/P2}$  sont notées respectivement  $\omega_{P1}$  et  $\omega_{P3}$ .

On s'intéresse tout d'abord à un satellite et à son mouvement

Q3. Écrire la relation de roulement sans glissement en  $I_2$  et montrer que l'expression de la vitesse de rotation du satellite par rapport à  $P_2$   $\omega_{S/P2}$  en fonction de  $\omega_{P3}$  et des nombres de dents s'écrit :

$$\omega_{S/P2} = -\frac{Z_S + Z_{P1}}{Z_S} \cdot \omega_{P3}$$

On s'intéresse maintenant à la loi d'entrée-sortie du train épicycloïdal.

Q4. Exprimer le rapport de transmission  $K_2 = \frac{\omega_{sortie}}{\omega_{entre}} = \frac{\omega_{P3}}{\omega_{P1}}$  en fonction des nombres de dents  $Z_{P1}$  et  $Z_{P2}$ .

Nota : la démarche pourra être conduite en combinant les relations de roulement sans glissement en  $I_1$  et  $I_2$ , ou bien en écrivant la relation de Willis.

## Description du robot

Le robot poseur de fibres se déplace dans les tubes en tractant un câble.

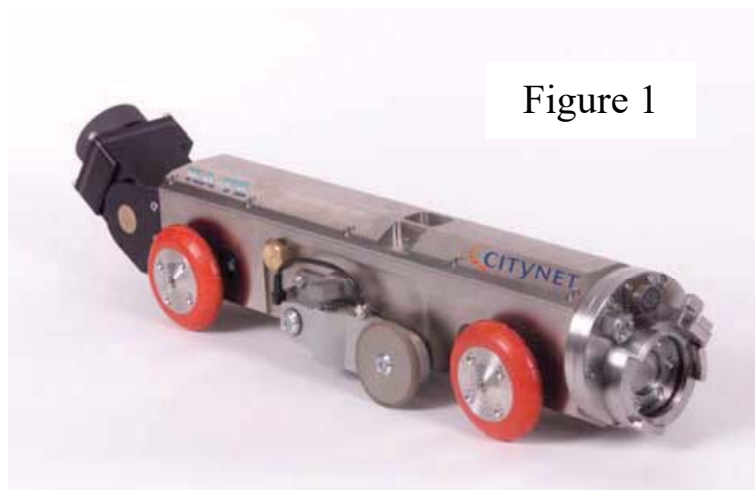
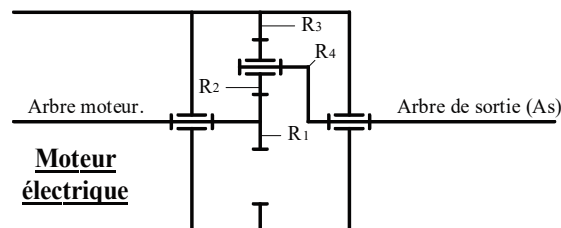


Figure 1



(a)

(b) Réducteur

Figure 10 – robot

Le schéma cinématique ci-dessous présente l'architecture de la transmission du robot. Le concepteur a fait le choix de deux essieux moteurs entraînés par un seul moteur électrique. Un essieu est constitué d'un axe et de deux roues en liaison encastrement avec l'axe. La vitesse de rotation des roues est définie par  $\omega_{roue}$ .

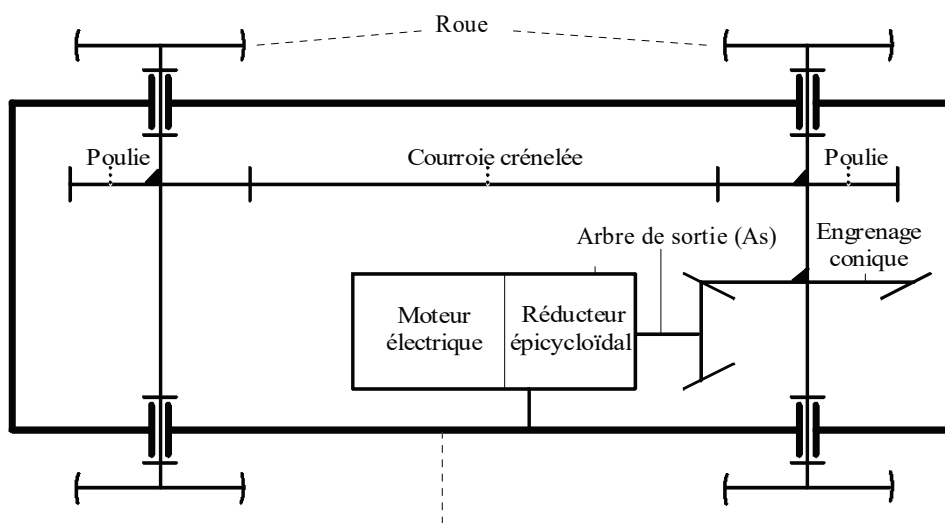


Figure 11 – schéma cinématique

La réduction de la vitesse de rotation du moteur électrique ( $\omega_{moteur}$ ) est assurée par un réducteur épicycloïdal et un réducteur à engrenage conique.

### .1. Données

- vitesse de déplacement du chariot :  $v = 0,3 \text{ m s}^{-1}$
- diamètre des roues :  $d_R = 0,14 \text{ m}$
- rapport de vitesse global :  $k = \frac{\omega_{roue}}{\omega_{moteur}} = 0,2$
- rapport du réducteur à engrenage conique :  $k_c = 0,8$
-

— nombre de dents du pignon  $R_1$  :  $Z_1 = 15$  dents

Q1. Déterminer la vitesse de rotation du moteur  $\omega_{moteur}$ .

Q2. Déterminer le rapport de réduction du train épicycloïdal en fonction de  $k$  et  $k_c$ .

Q3. Exprimer le rapport de réduction du train épicycloïdal en fonction de  $Z_1$ ,  $Z_3$ . En déduire le nombre de dents de  $Z_3$ .

Q4. Par une étude géométrique en déduire le nombre de dents de  $Z_2$ .