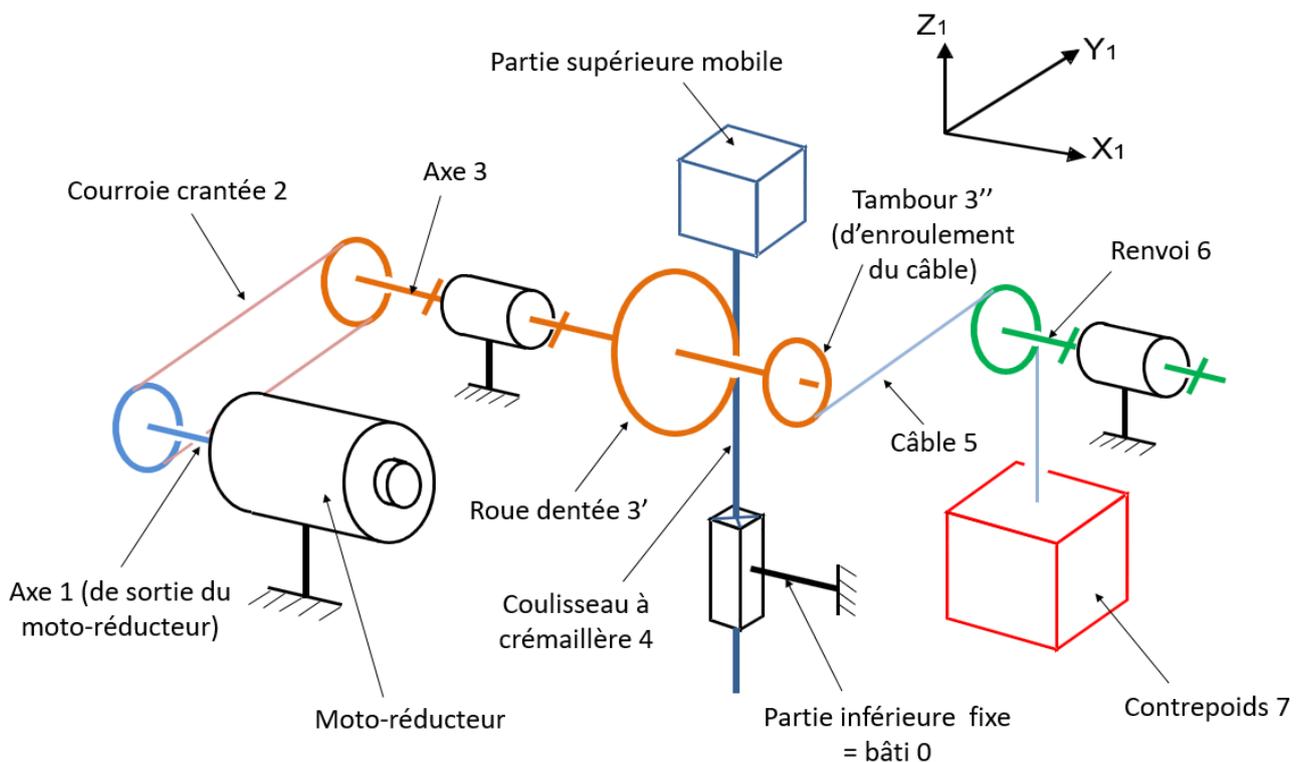


### Exercice 1 : Axe d'élévation d'un robot avec compensation d'effort

Le système étudié est un axe d'élévation d'un robot avec compensation d'effort. L'actionneur est un **moto-réducteur** à courant continu. Le premier étage de transmission du mouvement se fait par une **courroie crantée 2** qui s'enroule sur des **poulies de même diamètre** pour entraîner **l'axe 3**. Une **roue dentée 3'** de diamètre  $D_{3'} = 38,4$  mm, solidaire de **l'axe 3**, engrène avec une **crémaillère** solidaire d'un **coulisseau 4** et de la partie supérieure mobile du robot.

Le bâti 0 est la partie inférieure du robot considérée comme fixe. Pour équilibrer le poids de la partie supérieure (coulisseau compris) de masse  $M = 5,5$  kg, les ingénieurs ont placé un **contrepoids 7** de masse  $2M = 11$  kg tiré par un câble 5 qui s'enroule sur un **tambour 3''** de diamètre  $D_{3''} = 19,2$  mm solidaire de l'axe 3. La vitesse nominale en sortie du moto-réducteur est  $N_{1/0} = 60$  tr/min (dans le sens des  $+\vec{x}_1$ ).

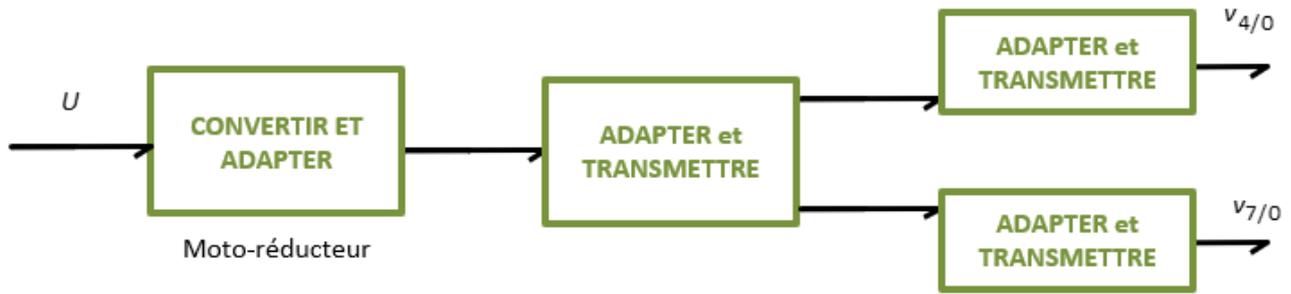
Le schéma cinématique de l'ensemble est donné ci-après.



L'objectif de cet exercice est de démontrer l'utilité du contre-poids.

**Question 1 :** Sur le schéma cinématique, repasser chaque solide d'une couleur différente.

**Question 2 :** Compléter la chaîne d'énergie-puissance partielle en définissant les noms des transmetteurs et les grandeurs d'entrée et de sortie cinématiques.

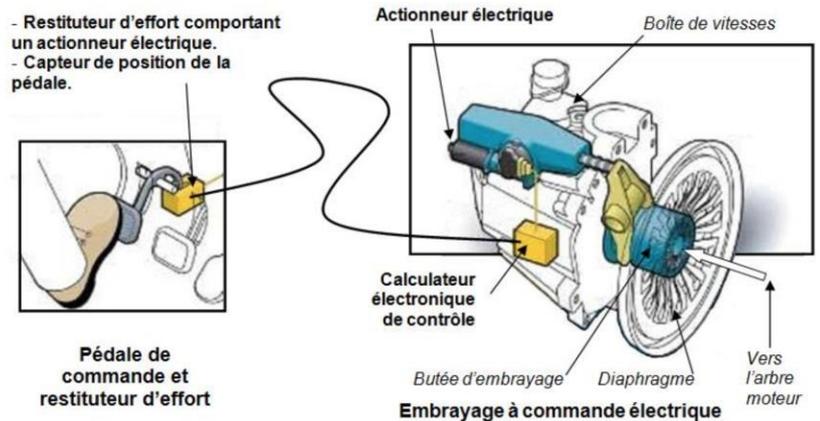


**Question 3 :** Déterminer la vitesse  $V_{4/0}$  de translation du coulisseau 4 en fonction de la vitesse angulaire de l'axe de sortie du moto-réducteur  $\omega_{1/0}$  (expression algébrique signée). Faire l'application numérique.

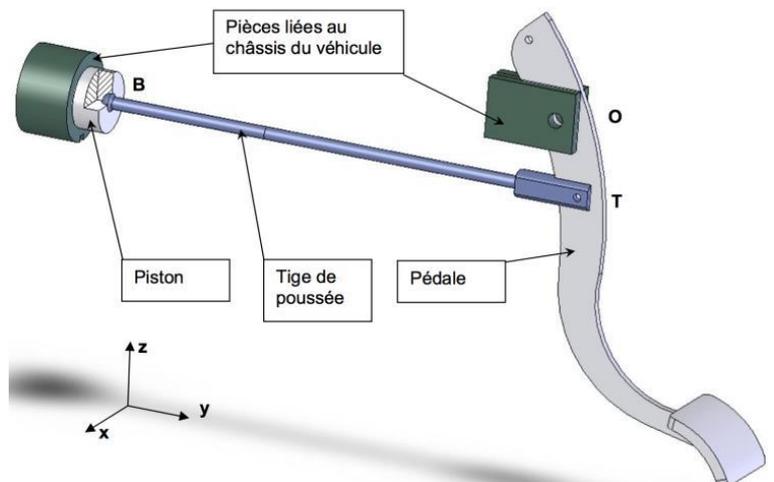
**Question 4 :** Déterminer la vitesse  $V_{7/0}$  de translation du contre-poids 7 en fonction de la vitesse angulaire de l'axe de sortie du moto-réducteur  $\omega_{1/0}$  (expression algébrique signée). Faire l'application numérique.

## Exercice 2 : Restituteur actif d'effort à la pédale d'embrayage

La conduite en ville nécessite des répétitions fréquentes de la manœuvre d'embrayage / débrayage. Pour améliorer le confort de conduite, on peut substituer la force musculaire du conducteur par une commande électrique de l'embrayage. Dans ce cas, il devient nécessaire de renseigner l'unité de contrôle électronique sur les intentions du conducteur à partir d'un capteur de position placé sur la pédale d'embrayage.



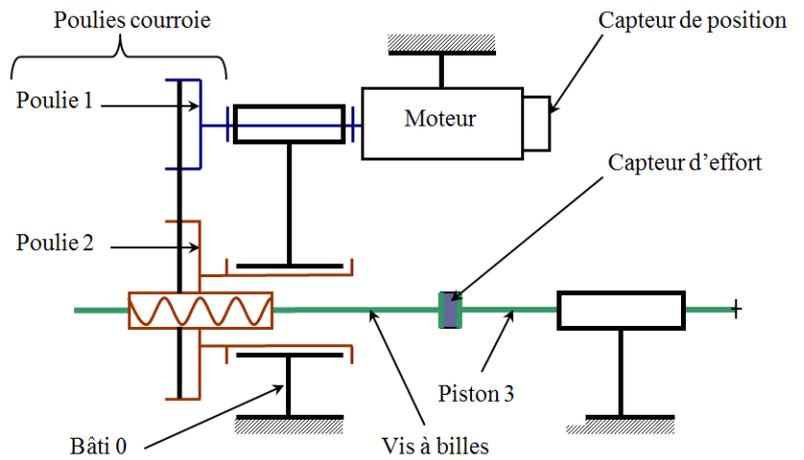
L'automatisation de la fonction embrayage permet de corriger les éventuelles fausses manœuvres du conducteur, d'assurer la fonction anti-calage du moteur et de participer aux fonctions d'anti-patinage et d'anti-blocage des roues.



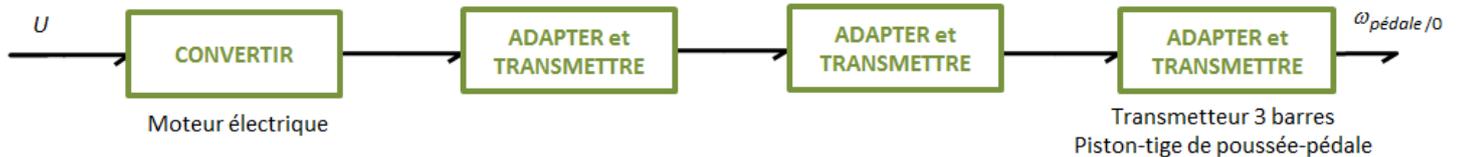
En cas d'utilisation de la pédale, il faut recréer les sensations au conducteur, c'est-à-dire une résistance mécanique proche de celle d'une commande mécanique classique. Pour réaliser ce système de retour d'effort, la solution peut être passive (un ressort, par exemple) ou utiliser un système actif (à l'aide d'un actionneur électrique), objet de l'étude.

L'étude porte sur un démonstrateur de **restituteur actif d'effort** à la pédale. Le démonstrateur permet de tester différentes lois de restitution d'effort pour rechercher la plus ergonomique. Le système contrôle, par l'intermédiaire d'un **piston**, l'effort sur la **tige de poussée** de la **pédale**. Le schéma du restituteur actif est donné ci-contre. Le pas de la vis est  $p_v = 10 \text{ mm}$ . Le diamètre de la poulie 2 est le double de celui de la poulie 1.

L'objectif de cet exercice est de déterminer la première partie de la loi entrée/sortie en vitesse du système.



**Question 1 :** Compléter la chaîne d'énergie-puissance partielle en définissant les noms des transmetteurs et les grandeurs d'entrée et de sortie cinématiques.



**Question 2 :** Définir la loi entrée-sortie entre la vitesse de translation du piston 3 et la vitesse de rotation du moteur 1.

**Question 3 :** Donner le torseur cinématique du piston 3/0 en un point du piston quelconque en fonction de la vitesse de rotation du moteur.

**Question 4 :** Donner le torseur cinématique de la poulie 1/0 en un point appartenant à son axe de rotation et en un point situé sur son rayon extérieur  $R_1$  en fonction de la vitesse de rotation du moteur.

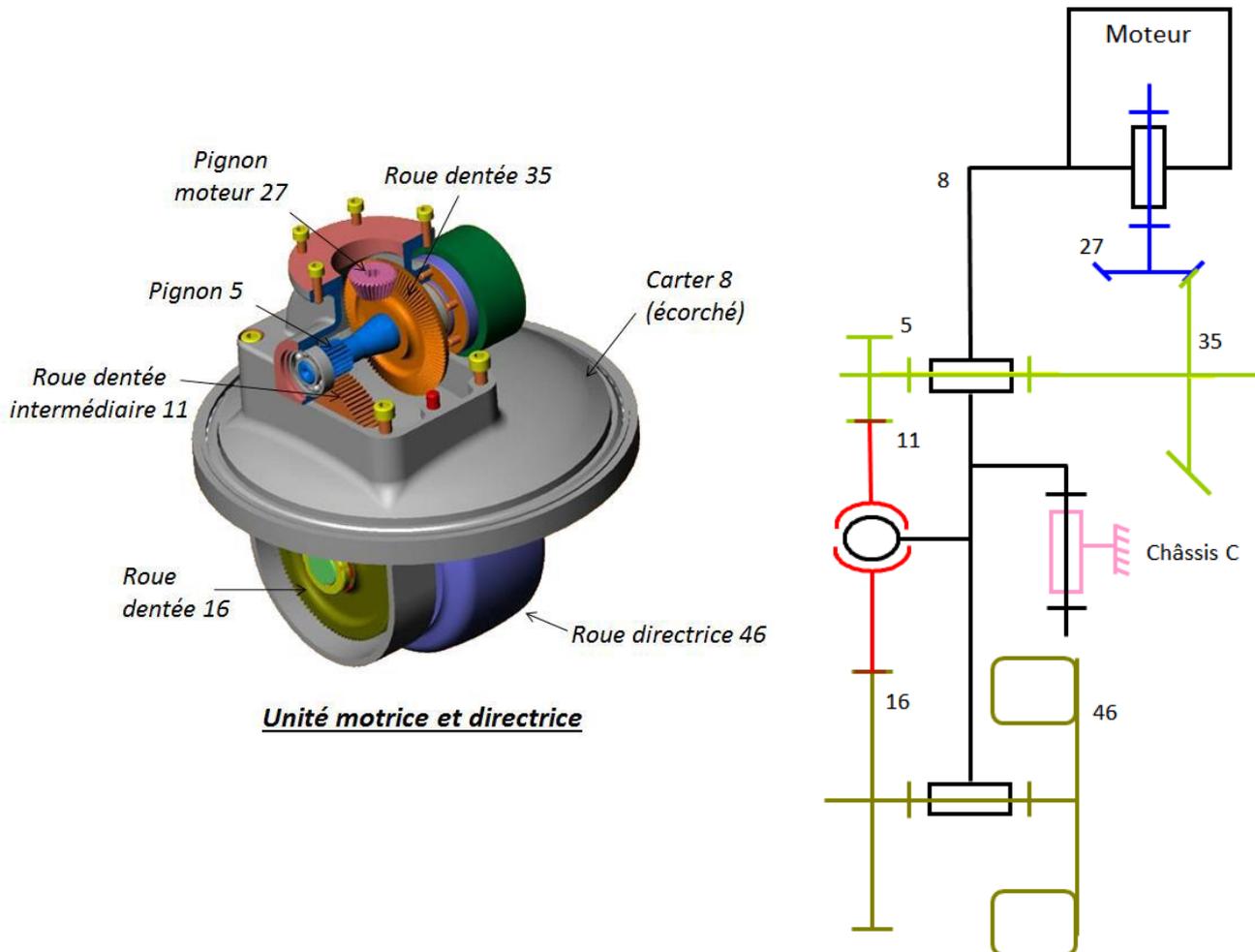
### Exercice 3 : Chariot de manutention motorisé

On s'intéresse à un chariot motorisé du fabricant HYSTER utilisé pour assister des opérateurs dans des tâches de manutention de charges lourdes. La rotation du timon autour des différents axes permet d'orienter et/ou de freiner le chariot. Les commandes des vitesses avant et arrière et la commande d'élévation de la fourche qui supporte la charge sont placées en bout du timon, sous la main de l'utilisateur.



L'étude porte plus particulièrement sur l'unité **motrice** et **directrice** du chariot dont une représentation technique 3D, ainsi qu'un schéma cinématique sont donnés ci-dessous. Cet ensemble se compose :

- d'un carter 8 qui peut pivoter par rapport au châssis C du chariot autour de l'axe vertical ;
- d'un moteur à courant continu (non représenté sur la représentation 3D), 24 Volts, à axe vertical, alimenté par batteries.  $N_{\max}=1500$  tr/min ;
- d'une chaîne cinématique composée de :
  - o un engrenage conique à denture droite :
    - pignon moteur 27 :  $Z_{27} = 16$  dents,  $m_{27}=1$  mm.
    - roue dentée 35 :  $Z_{35} = 84$  dents,
  - o un train d'engrenage cylindrique à denture droite :
    - pignon 5 :  $Z_5 = 14$  dents,  $m_5=1,5$  mm,
    - roue dentée intermédiaire 11 :  $Z_{11} = 56$  dents,
    - roue dentée 16 :  $Z_{16} = 75$  dents,
  - o une roue directrice 46 de rayon  $R_{46}= 90$  mm.



Exigence	Critère	Niveau
Présenter peu de danger pour l'environnement	Vitesse d'avance maximale	2 km/h $\pm$ 5%

L'objectif de cet exercice est de vérifier le critère du cahier des charges.

**Question 1 :** Sur le schéma cinématique, repasser chaque solide d'une couleur différente.

**Question 2 :** Déterminer les modules des différents pignons/roues, puis l'entraxe  $a_{5-16}$  entre la liaison  $L_{5/8}$  et  $L_{16/8}$ .

**Question 3 :** Déterminer l'expression du rapport de réduction  $i = \left| \frac{\omega_{46/8}}{\omega_{27/8}} \right|$ .

**Question 4 :** Déterminer  $V_{8/0}$  la valeur de la vitesse d'avance du chariot 8 par rapport au sol 0 en ligne droite lorsque le moteur tourne à vitesse maximale. Préciser les hypothèses. Conclure par rapport au critère du cahier des charges.