CPGE PCSI 1ère Année

SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGENIEUR

TD07_ Déterminer les efforts aux actionneurs

Sommaire

C07

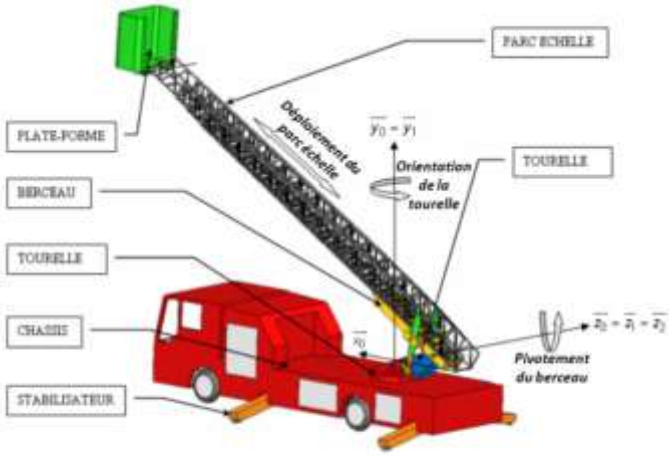
2019-2020

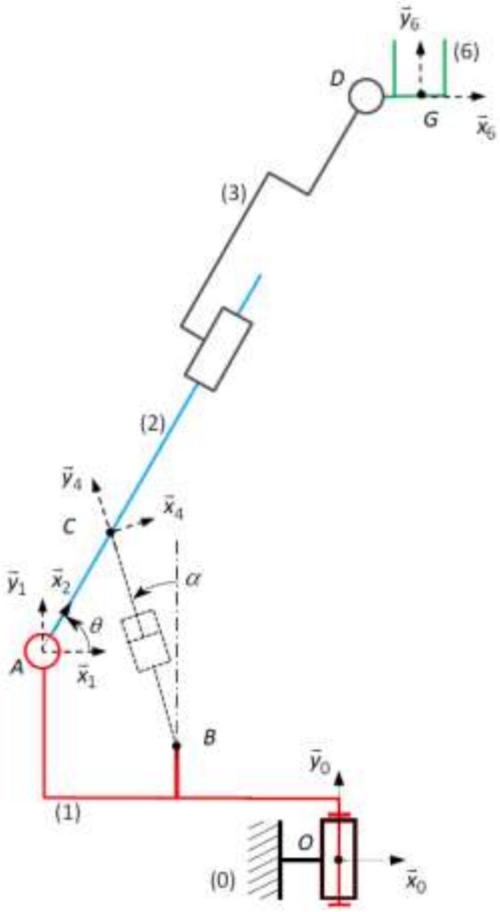
Lycée René Cassin

TD 1 : DÉTERMINER LES EFFORTS AUX ACTIONNEURS

Exercice 1.1 : **ECHELLE E.P.A.S.**

On s'intéresse à une Échelle Pivotante Automatique à commande Séquentielle.
Ce système, conçu et commercialisé par la société CAMIVA, est monté sur le châssis d'un camion de pompiers et permet de déplacer une plate-forme, pouvant recevoir deux personnes et un brancard (charge maxi 270 kg), le plus rapidement possible et en toute sécurité.





Le modèle représenté par le schéma cinématique ci-contre est constitué de six solides, listés ci-dessous avec leur repère lié :

- châssis (0), $R_0(O,\vec{x}_0,\vec{y}_0,\vec{z}_0)$;
- tourelle (1), $R_1(A,\vec{x}_1,\vec{y}_0,\vec{z}_1)$;
- berceau (2), $R_2(A,\vec{x}_2,\vec{y}_2,\vec{z}_1)$;
- parc échelle (3), R_3 ;
- plate-forme (6), $R_6(D,\vec{x}_6,\vec{y}_6,\vec{z}_6)$.

$\overrightarrow{AC} = c\,\vec{x}_2$ avec $c = 2$ m

$\overrightarrow{CD} = d\,\vec{x}_2$

$\overrightarrow{DG} = e\,\vec{x}_6$ avec $e = 1$ m

Quels que soient les mouvements, le système impose à la **plate-forme (6) de rester horizontale : $B_6 = B_1$**

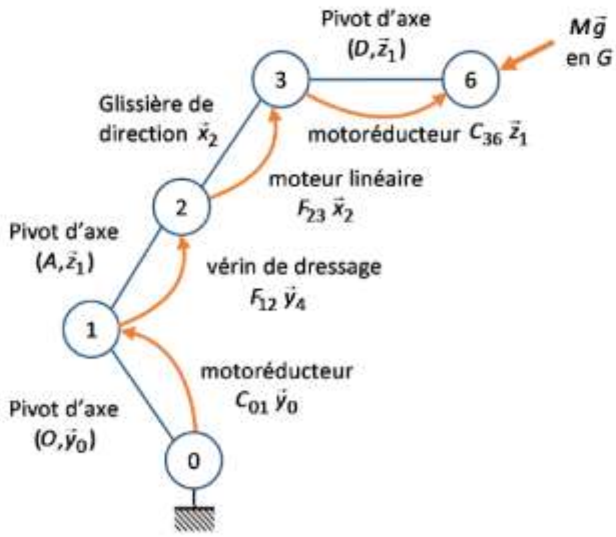
Le système comprend 4 actionneurs, dont :

- pour « déplacer le parc échelle (3) », un moteur linéaire constitué d'un **moteur électrique** et d'un dispositif **vis-écrou** à billes délivrant une force de (2) sur (3) de résultante $F_{23}\vec{x}_2$, de droite d'action passant par *D*. Le pas de la vis est p = 10mm et le rendement du dispositif vis-écrou à billes $\eta_{vis-écrou} = 90\%$;
- pour « orienter la plate-forme (6) », un **motoréducteur** délivrant un couple de moment $C_{36}\vec{z}_1$ de (3) sur (6). Rapport de **réduction** r = 1000 et rendement du réducteur $\eta_{réd} = 60\%$.

On donne ci-contre un graphe de structure adapté à l'étude réalisée.

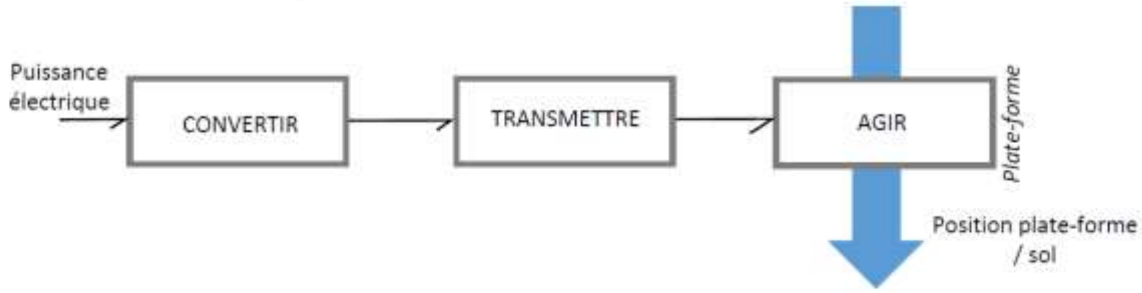
On se place en fonctionnement quasi-statique autour de la position $\theta = \alpha = 45°$ et $d = 8$ m avec une charge maximale de la plate-forme (6) $M = 270$ kg en .

On néglige les poids des différents éléments afin de n'étudier que le seul effet du poids de la plate-forme.



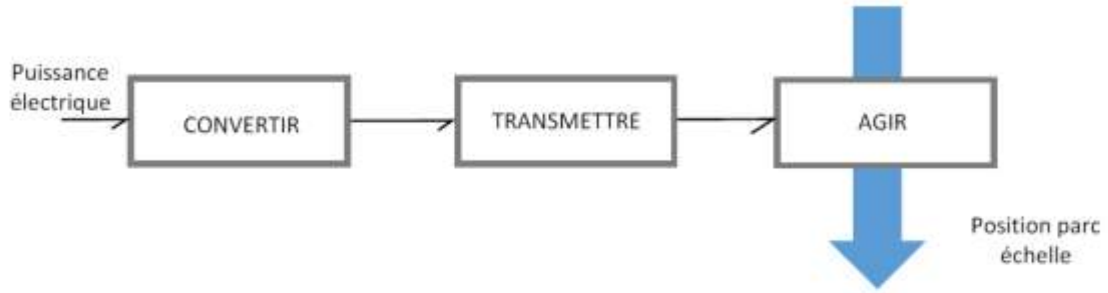
Un calcul précédent à permis de déterminer le couple C_{36} nécessaire pour maintenir l'équilibre de la plate-forme (6) : $C_{36} = eMg = 2650$ Nm.

Q1 : Compléter la chaîne d'énergie partielle « orienter la plate-forme (6) » et déterminer l'expression du couple en sortie de l'actionneur, C_{m36}. Faire l'application numérique.



Un calcul précédent à permis de déterminer la force F_{23} nécessaire pour maintenir à l'équilibre le parc-échelle (3) et la plate-forme (6) : $F_{23} = Mg\sin\theta = 1870$ N.

Q2 : Compléter la chaîne d'énergie partielle « déplacer le parc échelle (3) » et déterminer, en valeur absolue, l'expression du couple en sortie de l'actionneur, C_{m23}. Faire l'application numérique.

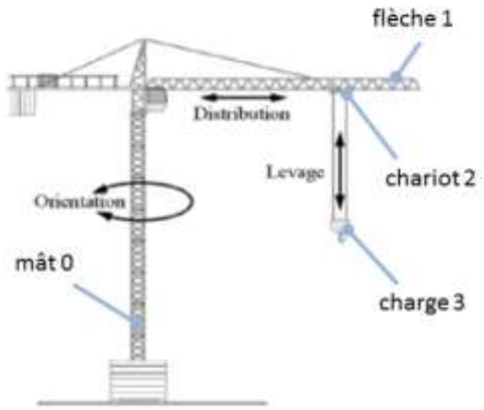


Exercice 1.2 : **GRUE DE CHANTIER**

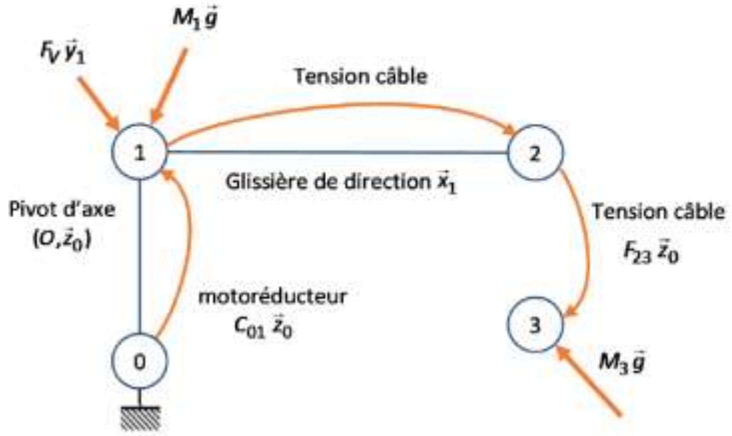
On s'intéresse à une grue de chantier pour laquelle on distingue trois phases d'utilisation :

- l'**orientation** : rotation de la **flèche (1)** autour d'un axe vertical par rapport au **mât (0)** ;
- la **distribution**, déplacement du **chariot (2)** le long de la flèche (1) ;
- le **levage**, déplacement vertical de la **charge (3)**, suspendue au chariot (2).

La mise en œuvre de ces mouvements s'effectue à partir de la cabine, ou à l'aide d'une commande à distance.



Le graphe de structure du système, sous la forme d'une chaîne ouverte, et donc sans représenter le détail des composants de chaque chaîne d'énergie, est donné ci-contre.

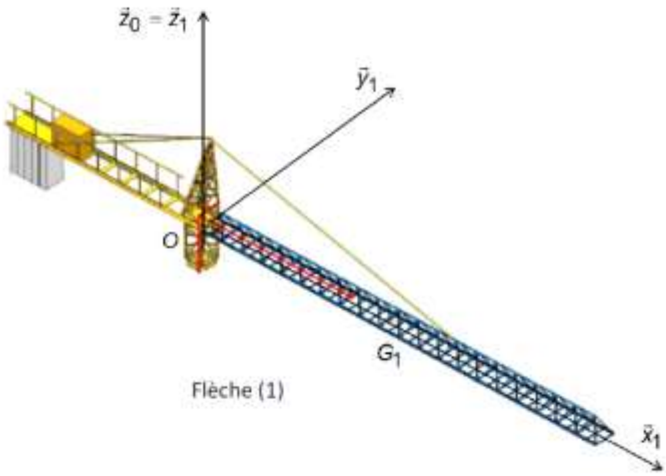


Le repère lié à mât (0) est noté $R_0(O_0,\vec{x}_0,\vec{y}_0,\vec{z}_0)$, $\vec{z}_0$ vertical ascendant.

Le repère lié à la flèche (1) est noté $R_1(O,\vec{x}_1,\vec{y}_1,\vec{z}_0)$.

Les sollicitations sont :

- le poids de la flèche (1) de centre de gravité G_1 tel que $\overline{OG_1} = L\,\vec{x}_1$ (L=30 m). Masse $M_1 = 2000$ kg ;
- le poids de la charge (3), de masse $M_3 = 5$ tonnes, de centre de gravité G_3 tel que $\overline{OG_3} = x\,\vec{x}_1 - z\,\vec{z}_1$;
- l'action du vent sur la flèche (1) modélisée par une force $\{T_{vent\to 1}\}$ passant par G_1, de résultante $F_v\,\vec{y}_1$ avec $F_v = 5000\,\text{N}$;
- Les actions des effecteurs des chaînes d'énergie, dont le couple C_{01} et l'effort de tension F_{23} du câble de levage.



On se place en équilibre quasi-statique autour de la position d'équilibre $x = 50\,\text{m}$ **et** $z = 20\,\text{m}$**.**

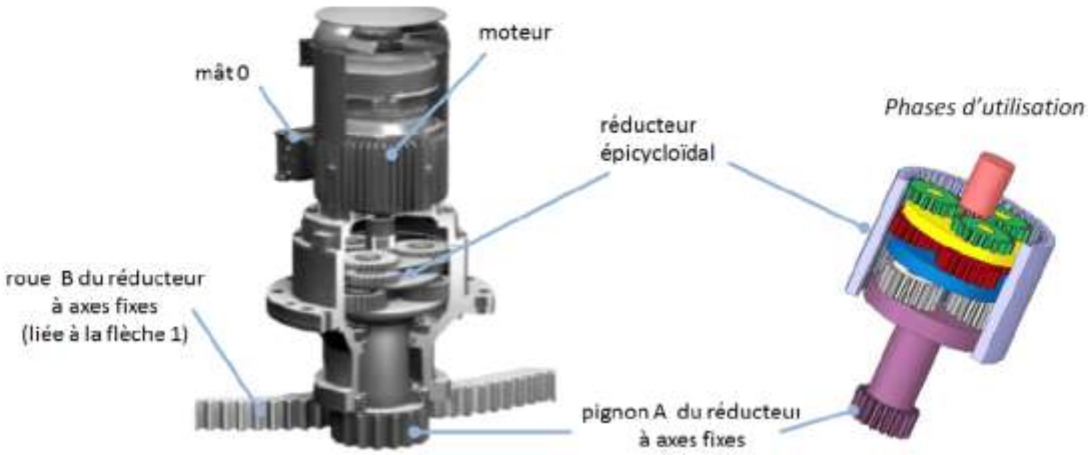
Recherche des efforts aux effecteurs des chaînes d'énergie « orienter » et « lever »

Q1 : Déterminer le couple C_{01}. Faire l'application numérique.

Q2 : Déterminer la tension F_{23} dans le câble. Faire l'application numérique.

Couple moteur de la chaîne d'énergie « orienter »

La chaîne d'énergie « orienter » intègre un moteur, un réducteur épicycloïdal associé à un réducteur à axes fixes.



Composants de la chaîne d'énergie du dispositif d'orientation

Le réducteur épicycloïdal, de rendement $\eta_1 = 0{,}8$, comporte trois étages (cinématiquement) identiques dont les caractéristiques sont les suivantes :

- planétaires intérieurs, $z_p = 18$ dents ;
- satellites, $z_s = 36$ dents ;
- couronne, planétaire extérieure, commune aux trois étages, $z_c = 90$ dents. La couronne est fixe par rapport au mât 0.

Le réducteur à axes fixes, de rendement $\eta_2 = 0{,}98$, est constitué d'un pignon A ($z_A = 18$ dents) et d'une roue B ($z_B = 153$ dents).

Q3 : Compléter la chaîne d'énergie partielle de l'activité « orienter ». On pourra noter ω_{m01} la vitesse angulaire du moteur et $\omega_{i/0}$ la vitesse angulaire en sortie du réducteur épicycloïdal.

Q4 : Déterminer les rapports de transmission de chacun des réducteurs. Réaliser les applications numériques.

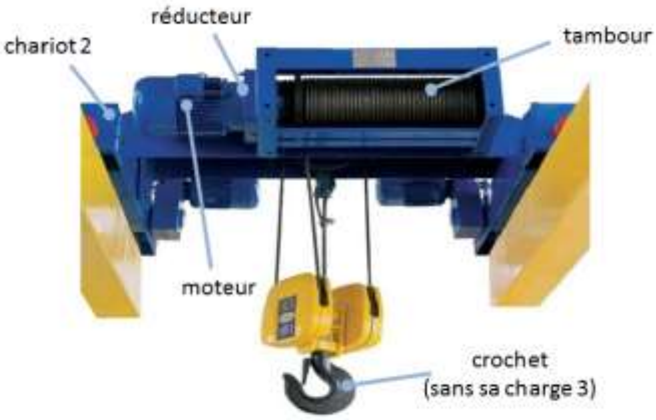
Pour le train épicycloïdal, on commencera par déterminer le rapport de transmission d'un seul étage.

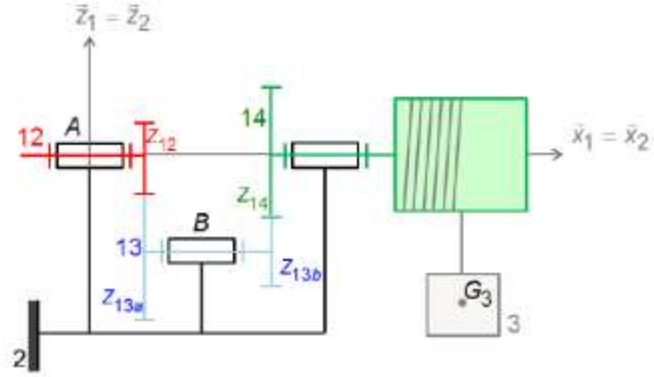
Q5 : Déterminer, en fonction du nombre de dents des pignons et des rendements, l'expression du couple C_{m01} que doit fournir le moteur de la chaîne d'énergie « orienter ». Faire l'application numérique.

Q6 : Pour quelle raison l'épaisseur des pignons varie-t-elle d'un étage à l'autre ?

Couple moteur de la chaîne d'énergie « lever »

La chaîne d'énergie « lever » intègre un moteur, un réducteur à axes fixes, et un tambour sur lequel s'enroule un câble. On donne une photo et le modèle cinématique ci-dessous :





Le rotor du moteur est lié à l'axe 12.

Le nombre de dents des roues du réducteur est : $Z_{12} = Z_{13b} = 50$ dents et $Z_{13a} = Z_{14} = 100$ dents.

Le rendement de chaque engrenage du réducteur est $\eta_{12-13} = \eta_{13-14} = \eta_{eng} = 0{,}9$.

Le câle est enroulé sur le tambour 14 de rayon $R = 20$ cm. On suppose que le câble s'enroule sans glisser sur le tambour.

Le rendement du dispositif tambour+câble est $\eta_{tambour} = 0{,}85$.

Q7 : Déterminer la relation entre $v_{3/2}$ la vitesse de déplacement de la charge 3 par rapport au chariot 2 et ω_{m23} la vitesse de rotation du moteur. Application numérique.

Q8 : En déduire l'expression, en valeur absolue, du couple C_{m23} que doit fournir le moteur de la chaîne d'énergie « lever » sans tenir compte des rendements, puis en tenant compte des rendements η_{eng} et $\eta_{tambour}$. Faire les applications numériques.

Le rendement global de transmetteurs en série est le produit des rendements.

ÉLÉMENTS DE RÉPONSE

1.1 Echelle E.P.A.S.

Q1 : $C_{m36} = 4{,}41\,\text{Nm}$

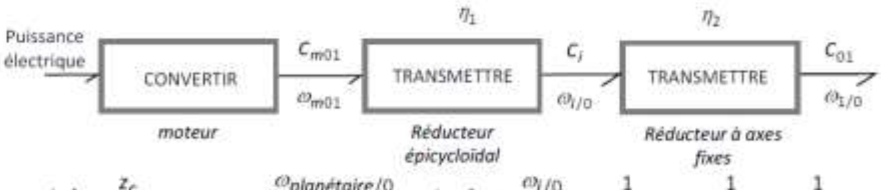
Q2 : $|C_{m23}| = 3{,}3\,\text{Nm}$

1.1 Grue de chantier

Q1 : $C_{01} = -F_v L$ = - 150 000 Nm

Q2 : $F_{23} = M_3 g = 50000$ N

Q3 :



Q4 : pour un étage, si $\lambda = -\frac{z_c}{z_p}$, on trouve $\frac{\omega_{planétaire/0}}{\omega_{porte\ satellite/0}} = 1 - \lambda$ et $\frac{\omega_{i/0}}{\omega_{m01}} = \frac{1}{(1-\lambda)^3} = \frac{1}{\left(1 + \frac{z_c}{z_p}\right)^3} = \frac{1}{216}$

Q5 : $C_{m01} = -\frac{1}{\eta_1 \eta_2} \frac{1}{\frac{z_b}{z_a}\left(1 + \frac{z_c}{z_a}\right)^3} C_{01} = -105$ Nm

Q7 : $\frac{v_{3/2}}{\omega_{m23}} = R\left(\frac{Z_{12}}{Z_{14}}\right)^2 = 0{,}05$ m/rad

Q8 : $|C_{m23}| = \frac{1}{\eta_{tambour}\,\eta_{eng}^2} R\left(\frac{Z_{12}}{Z_{14}}\right)^2 |F_{23}| = 3630$ Nm.