

Devoir n°1

MP : Lycée Rabelais

RoTaTor tout électrique

≈ 2h

Durée : 2 heures.

L'ensemble des réponses sont à rendre sur le document-réponse fourni.

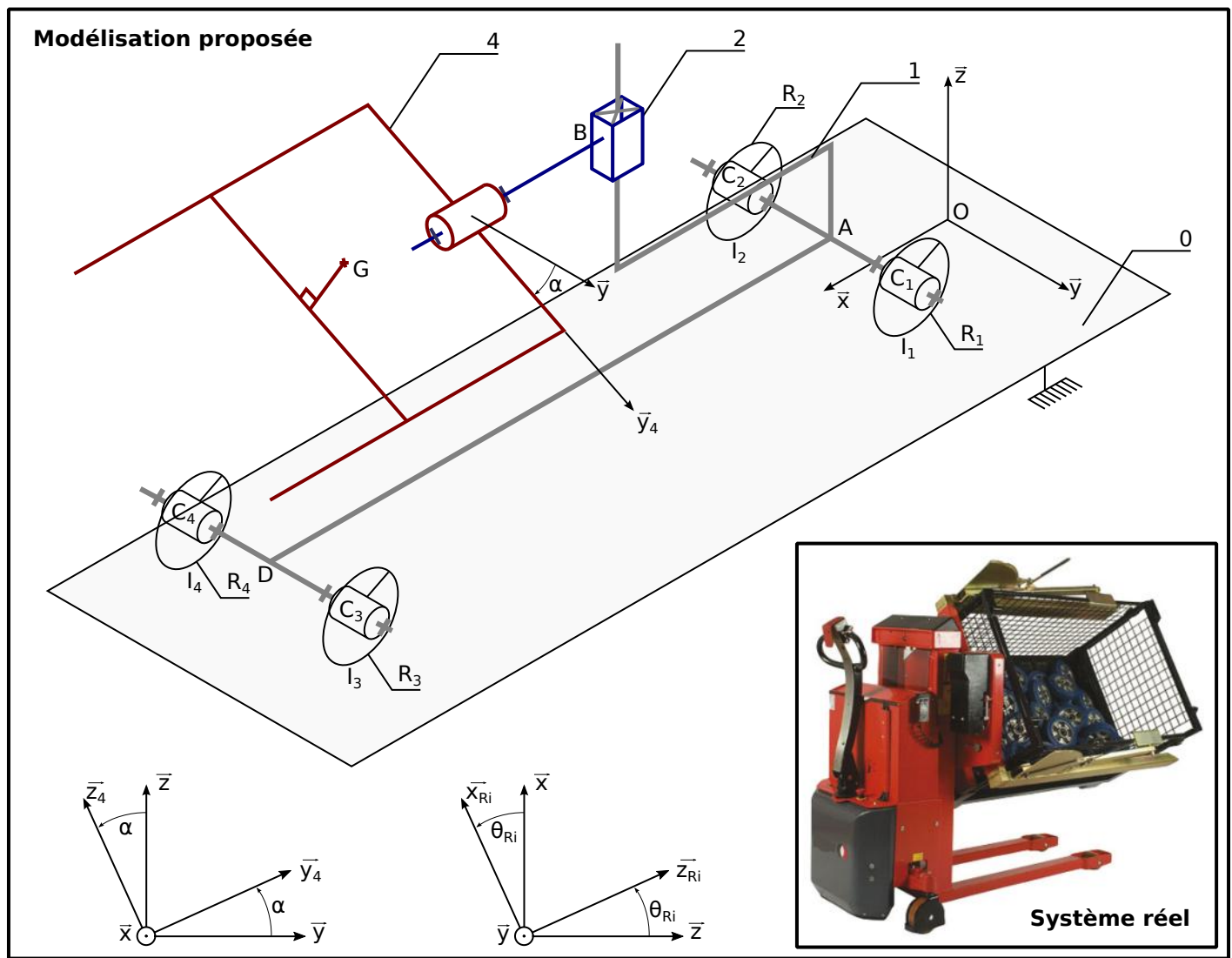
Calculatrice autorisée.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

1 Présentation du système

1.1 Présentation générale

La société Mécamontage propose un transpalette inclinable : le ROTATOR. Ce transpalette est entièrement motorisé et a la particularité d'être totalement électrique.



Ce seul équipement permet l'ajustement de la hauteur de la palette, sa rotation et le transport de celle-ci. Le contrôle de chacun de ces mouvements peut être réalisé à distance.

Le ROTATOR permet de basculer de + ou - 180° des caisses et des box afin que l'utilisateur puisse atteindre le fond de ceux-ci sans avoir à se baisser et ainsi soulager son dos.

Ce transpalette permet de transporter des caisses de largeur de 800, 850 ou 1000 mm. Les bras de maintien avec attaches de sécurité peuvent maintenir lors du basculement, des caisses de hauteur comprise entre 380 et 870 mm.

Le constructeur annonce une capacité maximale de retournement de 1000 kg si le centre de gravité G est au maximum à 80 mm de l'axe de rotation. La capacité de charge de retournement est réduite lorsque la distance entre le centre de gravité et l'axe de rotation augmente.

Au maximum, le transpalette doit pouvoir lever une charge de 2500 kg sans rotation de la fourche.

La fourche doit pouvoir monter/descendre de 540 mm au minimum.

On cherche ici à choisir les actionneurs afin de valider ces performances.

1.2 Paramétrage

Le ROTATOR est modélisé par les éléments suivants :

- Quatre roues, notées R_1, R_2, R_3 et R_4 et considérées de même rayon $r = 65$ mm ;
- Un châssis, noté 1 ;
- Une pièce intermédiaire, notée 2 ;
- Un ensemble { palette et fourches } noté 4.

Chaque roue R_i , associée à une base $(\vec{x}_{R_i}, \vec{y}_{R_i}, \vec{z}_{R_i})$ est en contact sur le sol au point de contact I_i . Le sol est associé à la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$. On considère ce contact ponctuel et prospectant les lois de Coulomb. On donne $f = 0,5$, le coefficient de frottement Coulomb pour ces contacts ponctuels. Chacune de ces roues R_i est en liaison pivot d'axe $(C_i, \vec{y})$ avec le châssis. Les rotations des roues par rapport au châssis sont paramétrées par les angles $\theta_{R_i} = (\vec{z}, \vec{z}_{R_i}) = (\vec{x}, \vec{x}_{R_i})$ où $\vec{y} = \vec{y}_{R_i}$. On considèrera dans un premier temps que le châssis est en translation par rapport au sol et se déplace dans la direction $\vec{x}$.

La pièce intermédiaire 2 permet d'ajuster la hauteur de la palette. Elle est en liaison glissière avec le châssis. La hauteur de la palette est paramétrée par la longueur μ de telle sorte de $\vec{AB} = l_1 \vec{x} + \mu \vec{z}$. μ est une fonction du temps. La liaison glissière entre le châssis 1 et la pièce intermédiaire 2 est donc une liaison motorisée. L'action de la motorisation sera modélisée par le torseur suivant :

$$\{1 \xrightarrow{\text{mot}} 2\} = \begin{cases} \vec{R}_{1 \rightarrow 2}^{\text{mot}} = F_{12} \vec{z} \\ \vec{M}_{B,1 \rightarrow 2}^{\text{mot}} = \vec{0} \end{cases}_B$$

L'ensemble { palette, fourches } est en liaison pivot d'axe $(B, \vec{x})$ avec la pièce 2. L'angle $\alpha = (\vec{y}, \vec{y}_4) = (\vec{z}, \vec{z}_4)$ paramètre l'orientation de la palette avec $\vec{x} = \vec{x}_4$. α est une fonction du temps. Cette liaison permet donc d'ajuster l'orientation. Cette liaison est également motorisée et l'action de la motorisation sera modélisée par le torseur suivant :

$$\{2 \xrightarrow{\text{mot}} 4\} = \begin{cases} \vec{R}_{2 \rightarrow 4}^{\text{mot}} = \vec{0} \\ \vec{M}_{B,2 \rightarrow 4}^{\text{mot}} = C_{24} \vec{x} \end{cases}_B$$

Tous les poids sont négligés à l'exception de celui de l'ensemble { palette, fourches }. Le centre de gravité de l'ensemble 4 est le point G et la masse de cet ensemble est m .

L'ensemble des paramètres géométriques sont donnés ci-dessous :

$\vec{OA} = x_A \vec{x} + r \vec{z}$ avec $r = 65$ mm et x_A une fonction du temps correspondant au déplacement du ROTATOR dans la direction $\vec{x}$ avec $V = \frac{dx_A}{dt}$ tel que $\vec{V}_{A \in 1/0} = V \vec{x}$;

$\vec{AB} = l_1 \vec{x} + \mu \vec{z}$ avec $l_1 = 200$ mm et $\mu \in [650 \text{ mm} ; 1190 \text{ mm}]$;

$\vec{BG} = l_{4x} \vec{x} + l_{4z} \vec{z}_4$ avec $l_{4x} = 665$ mm et $l_{4z} \in [50 \text{ mm} ; 900 \text{ mm}]$;

$\vec{AD} = L \vec{x}$ avec $L = 1300$ mm ;

$\vec{AC}_1 = \vec{C}_2 \vec{A} = \vec{DC}_3 = \vec{C}_4 \vec{D} = e \vec{y}$ avec $e = 560$ mm ;

$\vec{I_i C_i} = r \vec{z}$.

2 Capacité de retournement de la palette

On cherche ici à choisir l'actionneur nécessaire pour retourner l'ensemble 4. On s'intéresse donc à la liaison pivot entre 2 et 4. Le choix d'un véhicule tout électrique impose de choisir un motoréducteur (moteur et réducteur).

Question 1. Par un isolement pertinent, déterminer le couple C_{24} à fournir par le motoréducteur en fonction des données du problème.

Question 2. Faire l'application numérique dans le pire des cas en fonction de la performance annoncée par le constructeur.

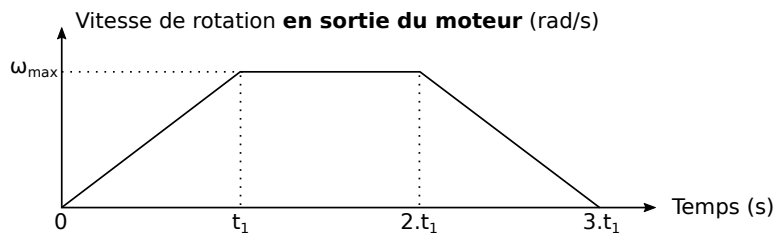
On envisage l'utilisation d'un moteur à courant continu ayant les caractéristiques suivantes :



Tension nominale	48 V
Puissance	300 W
Vitesse de rotation nominale	3300 tr/min
Couple maximal	1.5 N.m

Question 3. Quel rapport de réduction, que l'on notera r , faut-il utiliser pour valider l'exigence demandée ?

Le constructeur souhaite un temps de retournement de 0° à 180° en 30 s maximum. La motorisation impose l'utilisation d'un trapèze de vitesse tel que présenté sur la figure ci-dessous :



Question 4. Déterminer $\Delta\alpha$ la variation de l'angle α pendant un trapèze de vitesse en fonction de $\omega_{\max}$, r et t_1 .

Question 5. Déterminer la vitesse de rotation en sortie du moteur $\omega_{\max}$ nécessaire pour vérifier le temps de retournement en prenant arbitrairement $r = 10^{-3}$.

Question 6. Le moteur choisi et le réducteur avec la valeur $r = 10^{-3}$ permettent-ils de valider les exigences liés au retournement ?

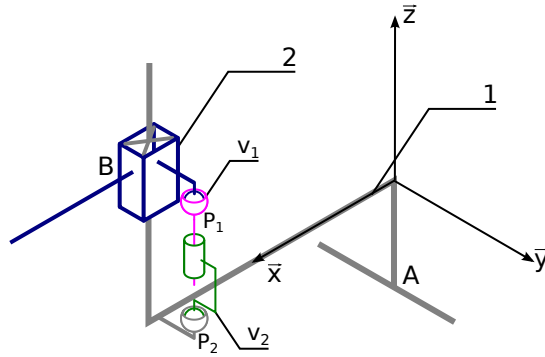
3 Capacité de soulèvement

On s'intéresse maintenant au choix de la motorisation en ce qui concerne la liaison glissière entre 1 et 2.

Question 7. Déterminer l'effort F_{12} à fournir par la motorisation pour maintenir le système en équilibre.

Afin d'exercer cet effort de levage, on envisage l'utilisation d'un vérin hydraulique alimenté par une pompe électrique. Ce vérin, modélisé par l'ensemble $\{v_1, v_2\}$, est implanté selon le schéma ci-dessous. La tige du vérin (v_1) est en liaison sphérique avec la pièce 1 en P_1 et le corps du vérin (v_2) est en liaison sphérique avec la pièce 2 en P_2 .

L'action $\{1 \xrightarrow{\text{mot}} 2\}$ est donc plus exactement l'action $\{v_1 \rightarrow 2\}$.



Question 8. Sachant que $\overrightarrow{P_1P_2}$ est colinéaire à $\vec{z}$, montrer que la résultante de l'action $\{v_1 \rightarrow 2\}$ est dirigée par le vecteur $\vec{z}$.

Le diamètre du piston du vérin est noté D_p et le diamètre de la tige du vérin est noté D_t . On note également p , la pression d'alimentation du vérin. La pompe utilisée permet, au maximum de fournir une pression $p_{\max} = 50$ bars.

Une recherche a permis de dégager 5 vérins dont les caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous :

Référence	D_p (en cm)	D_t (en cm)	course du vérin (en mm)
ver_675_6	6	1	675
ver_625_8	8	2	625
ver_575_10	10	3	575
ver_515_12	12	4	515
ver_475_14	14	5	475

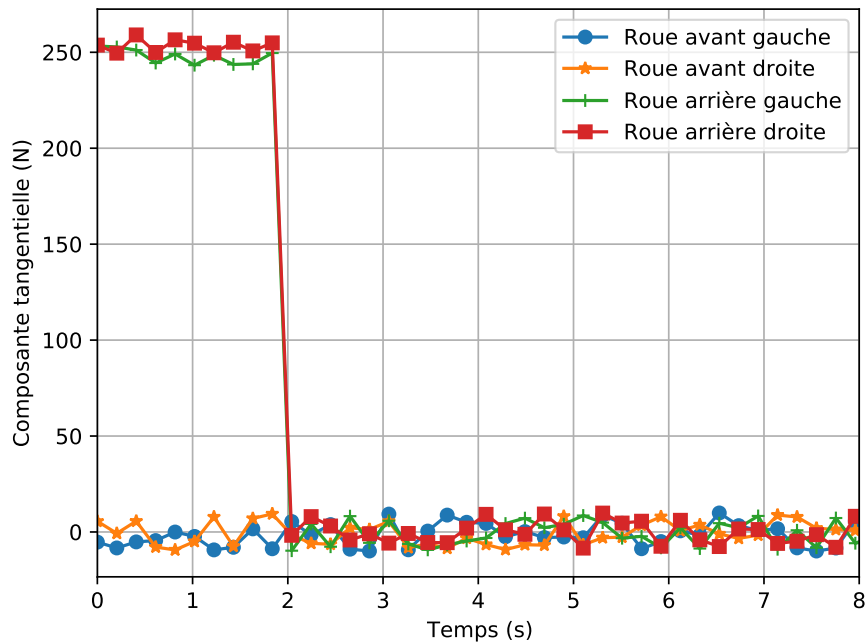
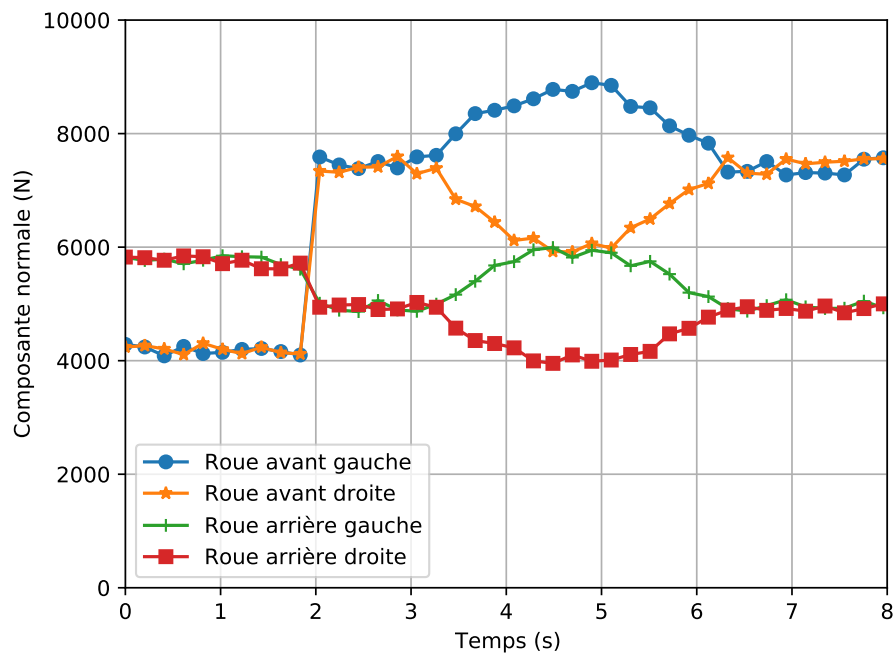
Question 9. Quel(s) vérin(s) pourrai(en)t convenir ? Justifier.

4 Déplacement du ROTATOR

Lors d'une phase d'accélération, il y a un risque de glissement des roues sur le sol. On rappelle que le contact roues/sol est un contact ponctuel respectant les lois de Coulomb. Un autre risque, lors d'un virage serré, est celui du basculement de l'ensemble du transpalette. Un essai est réalisé dans une situation critique à savoir :

- phase d'accélération puis,
- virage serré et "rapide" avec,
- palette relevée au maximum,
- et palette chargée au maximum.

Durant l'essai, des capteurs d'effort ont permis de mesurer les actions du sol sur les quatre roues. Ces capteurs permettent de déterminer, pour chaque contact, la valeur de la composante tangentielle et la valeur de la composante normale du sol sur la roue. Le transpalette est d'abord guidé en ligne droite. Le virage est ensuite amorcé. Pour finir, le transpalette est à nouveau dirigé en ligne droite. Le résultat de la mesure est donné ci-dessous :



Question 10. Expliquer les variations des différentes courbes et notamment si le virage s'effectue vers la droite ou la gauche. Expliquer également pourquoi, à $t = 0$ s, les valeurs issues des différents capteurs sont différentes. Justifier enfin pourquoi, à $t = 8$ s, les valeurs sont différentes de celles à $t = 0$ s.

Question 11. Quel est le critère à respecter pour que le transpalette ne bascule pas ? Conclure en commentant la courbe.

Question 12. Indiquer, à partir des courbes fournies, quelles roues sont motrices.

Question 13. Conclure quant au glissement éventuel des roues.