

ETUDE MECANIQUE

	Pages
• POSTE DE DETECTION DE FUITE	1/7 à 4/7
I. Dimensionnement du vérin de serrage V_s	2/7 et 3/7
II. Dimensionnement du bras de serrage 2	4/7
• POSTE ROTATIF DE REMPLISSAGE DE BOUTEILLES	5/7 à 7/7
III. Dimensionnement du moteur frein	6/7 et 7/7

N.B. : Toutes les études sont indépendantes ainsi que, au sein de chaque étude, les questions soulignées (exemple : Q2.3).

Tournez la page S.V.P.

POSTE DE DETECTION DE FUITE

La détection de fuite des valves des bouteilles se décompose en 4 Fonctions Techniques :

- FT 1 : immobiliser et centrer la bouteille ;
- FT 2 : soulever la bouteille (pour s'affranchir des vibrations dues au convoyeur à chaînes) ;
- FT 3 : descendre la cloche de prélèvement ;
- FT 4 : analyser l'air contenu dans la cloche.

Le schéma cinématique du mécanisme réalisant la fonction technique 1 est représenté *Figure 1* en position « bouteille immobilisée et en appui sur le convoyeur ». La fonction FT 1 s'exécute en deux phases :

Phase d'approche des galets :

Le vérin de serrage V_s agit sur les deux bras 2 par l'intermédiaire du poussoir 5. La translation circulaire (grâce aux bielles 3) des deux étriers 4 permet l'approche simultanée des huit galets 6.

Phase d'immobilisation et de centrage :

Lors du choc, seuls les galets 6₁, 6₂, 6₅ et 6₆ participent à l'immobilisation de la bouteille. Une fois celle-ci arrêtée, l'ensemble des galets 6 procède au centrage et au maintien de la bouteille.

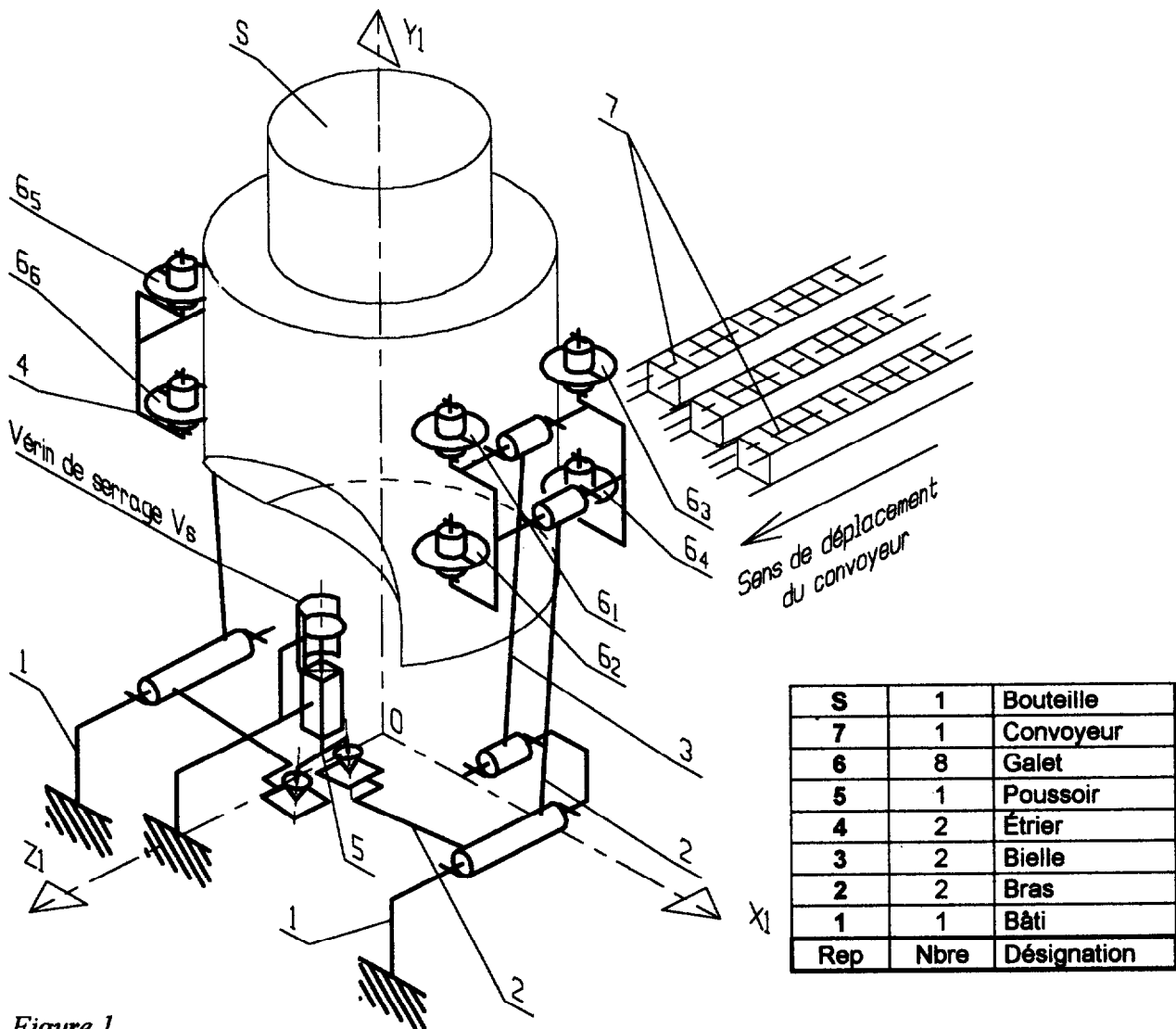


Figure 1

I. DIMENSIONNEMENT DU VERIN DE SERRAGE V_S

Problème technique 1 : déterminer le diamètre minimal du vérin de serrage.

1.1.1. HYPOTHESES

Le repère $\mathcal{R}_1 = (O, \bar{X}_1, \bar{Y}_1, \bar{Z}_1)$ lié au bâti 1, de base de projection $\mathcal{B} = (\bar{X}_1, \bar{Y}_1, \bar{Z}_1)$, est supposé galiléen. L'étude des efforts est réalisée bouteille S à l'arrêt en position haute. Les liaisons sont parfaites et les masses négligées. Les efforts résultant de la présence de la biellette 3 sont considérés nuls à l'équilibre en raison de la position géométrique retenue.

1.1.2. DONNEES : Torseurs des actions mécaniques extérieures à $\Sigma = \{2 + 4, 6_1, 6_2, 6_3, 6_4\}$.

Unités : Forces en newtons et longueurs en millimètres.

$$\begin{aligned} \bullet \{T(S/6_1)\} &= \begin{Bmatrix} 60 & 0 \\ 0 & 0 \\ 25 & 0 \end{Bmatrix}_A \mathcal{B} & \bullet \{T(S/6_4)\} &= \begin{Bmatrix} 60 & -9175 \\ 0 & -9180 \\ -25 & -22020 \end{Bmatrix}_E \mathcal{B} \\ \bullet \{T(S/6_2)\} &= \begin{Bmatrix} 60 & 9175 \\ 0 & 3780 \\ 25 & -22020 \end{Bmatrix}_E \mathcal{B} & \bullet \{T(5/2)\} &= \begin{Bmatrix} X_H & 0 \\ Y_H & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_H \mathcal{B} \\ \bullet \{T(S/6_3)\} &= \begin{Bmatrix} 60 & -11825 \\ 0 & -9180 \\ -25 & -28380 \end{Bmatrix}_E \mathcal{B} \end{aligned}$$

Coordonnées des points dans \mathcal{R}_1

- A (173 ; 473 ; 78)
- B (173 ; 367 ; 78)
- C (173 ; 473 ; -78)
- D (173 ; 367 ; -78)
- E (245 ; 0 ; 45)
- H (0 ; -21 ; 45)

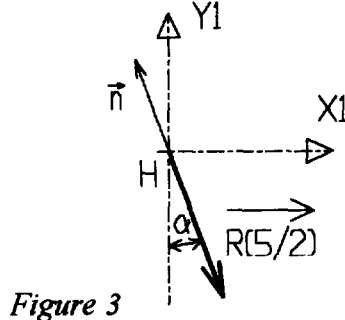


Figure 3

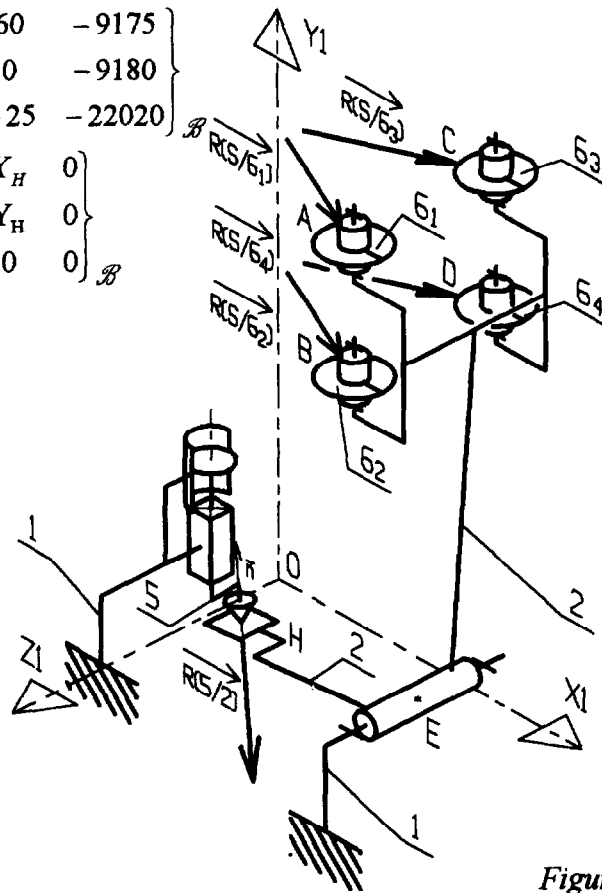


Figure 2 :
Modèle retenu pour l'étude statique

1.1.3. QUESTIONS :

- Q1.1** Établir l'expression du torseur $\{T(1/2)\}$ des actions mécaniques transmissibles par la liaison pivot de centre E et d'axe (E, \bar{Z}_1) entre les solides 1 et 2. Expliciter la forme du torseur $\{T(5/2)\}$ des actions mécaniques transmissibles par la liaison ponctuelle de centre H et de normale \vec{n} entre les solides 5 et 2, en fonction des données de la Figure 3, $\alpha = 5^\circ$ et $\|\vec{R}(5/2)\|$.
- Q1.2** En utilisant le Principe Fondamental de la Statique appliqué au système matériel Σ au point E, établir l'ensemble des équations d'équilibre.
- Q1.3** Calculer Y_H (avec : $|Y_H|$ moitié de l'effort développé par le vérin de serrage V_S).
- Q1.4** Sachant que le vérin est alimenté en 0,5 MPa, en déduire son diamètre minimum.

Problème technique 2 : déterminer la course du vérin

1.2.1. MODELISATION CINEMATIQUE

Le mécanisme d'immobilisation de bouteilles a fait l'objet d'une simulation cinématique dans le plan. En effet, l'ensemble des trajectoires des points du mécanisme est compris dans des plans parallèles au plan de référence $(O, \bar{X}_1, \bar{Y}_1)$. L'étude cinématique du système peut donc être traitée dans le plan de référence $(O, \bar{X}_1, \bar{Y}_1)$.

La Figure 4 représente le schéma cinématique servant de modèle à la simulation informatique.

Les courbes du document réponse issues de cette simulation, représentent :

- ◆ le graphe G_1 de l'abscisse x du centre C_5 de la liaison L5 dans le repère $(O, \bar{X}_1, \bar{Y}_1, \bar{Z}_1)$ lié au bâti 1 en fonction du temps ;
- ◆ le graphe G_2 de l'ordonnée y du point A du poussoir 5 par rapport au bâti 1 en fonction du temps.

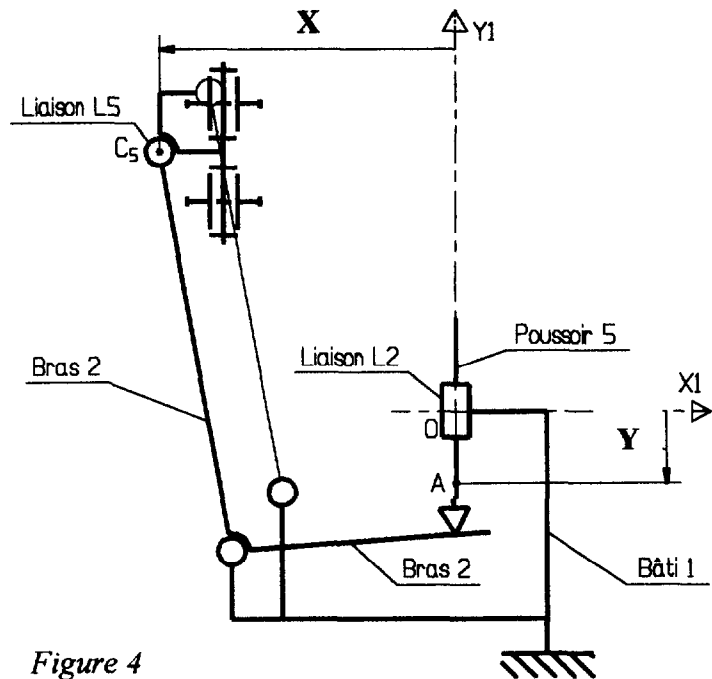


Figure 4

1.2.2. QUESTIONS :

- Q1.5** Sur le document réponse, déterminer graphiquement l'abscisse x du centre C_5 de la liaison L5 suivant l'axe X_1 , permettant d'immobiliser les deux types de produits (voir "Le Produit" p 1 / 2). Le déplacement est mesuré entre la position : repos (représentée sur le document) et la position : galets en contact avec une bouteille.
- Q1.6** Grâce à l'exploitation successive des deux graphes du document réponse, déterminer la course maximum du vérin de serrage V_s .

Nota : Le document réponse est à rendre à la fin de l'épreuve

Problème technique 3 : choisir et référencer le matériel satisfaisant aux contraintes techniques.

1.3.1. DONNEES

L'actionneur est un vérin pneumatique double effet à piston magnétique fonctionnant sous 0,5 MPa de pression et devant développer 1 200 N sur une course de 75 mm.

1.3.2. QUESTION

- Q1.7** A l'aide du document ressource DR1, effectuer le choix du vérin et préciser sa référence.

II. DIMENSIONNEMENT DU BRAS DE SERRAGE 2

La pièce 2 représentée *Figure 5* se décompose en trois tronçons : 2-1, 2-2 et 2-3.

Problème technique : vérifier la résistance de la pièce 2. On se limitera pour des questions de temps à la vérification du tronçon 2-1.

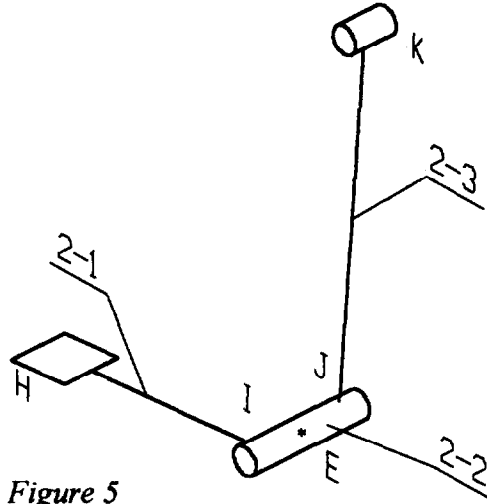


Figure 5

2.1. MODELISATION

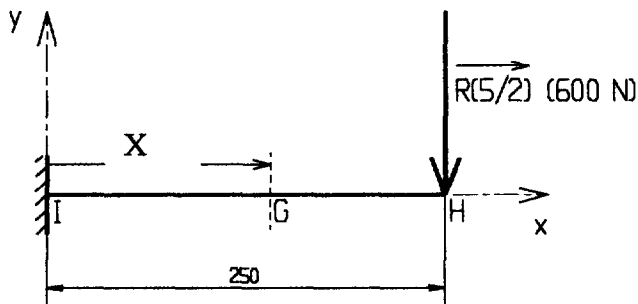


Figure 6

2.2. QUESTIONS :

- Q2.1** Déterminer le torseur de cohésion $\{T_{coh}\}$ en tous points G de la poutre.
- Q2.2** Tracer les courbes représentatives de l'effort tranchant T_y et du moment fléchissant M_{fz} en fonction de x .
- Q2.3** Exprimer la contrainte maximale en flexion σ_{maxi} en fonction de M_{fmaxi} , I_{Gz} et v .

Q2.4 Écrire la condition de résistance à la contrainte et en déduire l'expression littérale du module de flexion minimum (I_{Gz}/v).

Q2.5 Calculer le module de flexion minimum (I_{Gz}/v) sachant que :

- la limite élastique $R_e = 300$ MPa (acier d'usage général) ;
- le coefficient de sécurité $s = 3$;
- $M_{fmaxi} = 150$ Nm.

Q2.6 On envisage de réaliser le tronçon 2-1 avec deux barres d'acier plat de 40x10 (*Figure 7*).

Calculer le module de flexion correspondant (voir formulaire : document ressource DR2).

Conclure quant à la pertinence de ce choix.

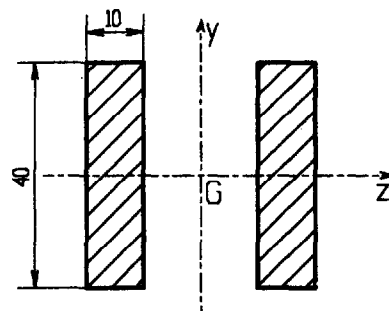


Figure 7

POSTE ROTATIF DE REMPLISSAGE DES BOUTEILLES

□ PRESENTATION

Le poste rotatif, appelé carrousel, est modélisable par deux disques d'épaisseur **50 mm** :

- un disque de rayon extérieur $R_3 = 2,5 \text{ m}$ et de rayon intérieur $R_{int} = 2 \text{ m}$ appelé jante ;
- et un disque plein de rayon $R = 0,5 \text{ m}$ appelé moyeu.

La jante est reliée au moyeu par 4 bras (rayons) dont on négligera masses et inerties. Sur la jante sont répartis **24 casiers** à bouteille pouvant recevoir chacun une bouteille de grande ou de petite capacité. Les postes de chargement, déchargement et remplissage de bouteilles n'apparaissent pas sur la figure 8.

Le mouvement de rotation du carrousel 3 est assuré par l'application d'une roue à friction 2 sur la périphérie de la jante. Le galet est fixé sur l'arbre de sortie d'un réducteur entraîné par un moteur frein 1.

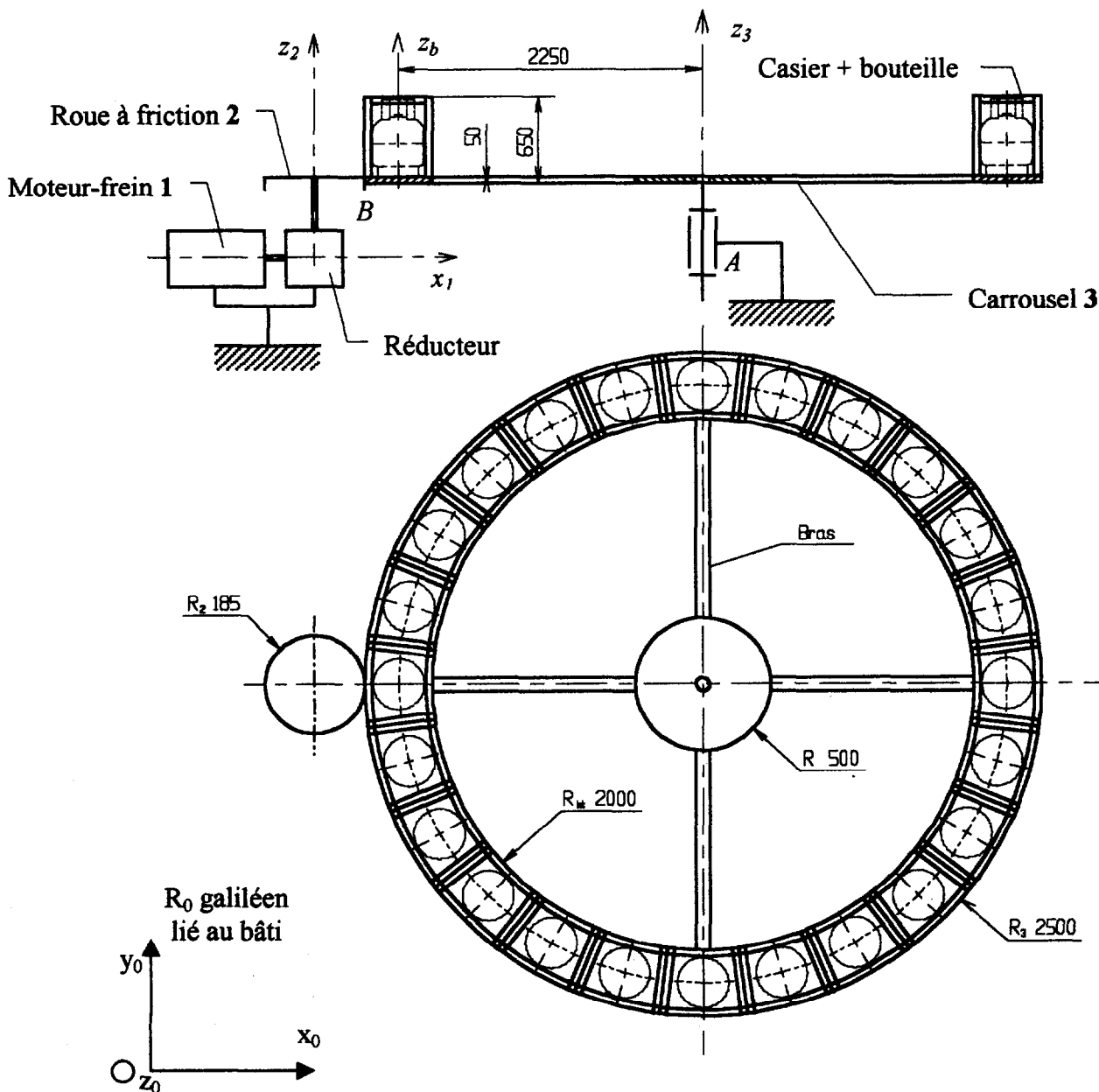


Figure 8

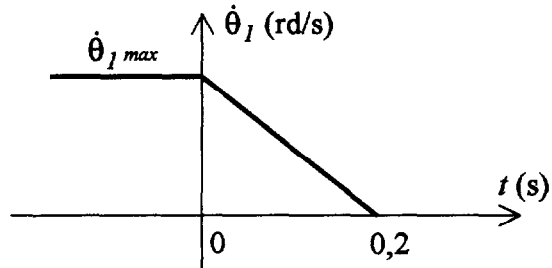
□ HYPOTHESES ET DONNEES :

Si pour une raison quelconque un incident de production (arrêt de sécurité) nécessite l'arrêt du poste rotatif, le frein du moteur frein doit être capable de stopper le carrousel en **0,2 seconde** maximum.

Durant la phase de freinage le mouvement du carrousel est supposé uniformément décéléré, de plus il n'y a pas de perte d'adhérence au point de contact *B* entre la roue 2 et le carrousel 3 (voir figure 8).

On notera respectivement $\theta_1(t)$, $\theta_2(t)$ et $\theta_3(t)$ les paramètres de position angulaire de l'arbre du moteur frein 1, de la roue à friction 2 et du carrousel 3 autour des axes x_1 , z_2 , et z_3 . De plus, on notera $\dot{\theta}$ la dérivée de θ par rapport au temps et $\ddot{\theta}$ la dérivée seconde de θ par rapport au temps.

Graphique de la vitesse angulaire de rotation de l'arbre moteur 1 en fonction du temps au cours de la phase de freinage.



- Le système $\Sigma = \{1, 2, 3, \text{casiers} + \text{bouteilles}\}$;
- moment d'inertie du rotor du moteur frein et de l'arbre d'entrée du réducteur suivant x_1 : $J_1 = 0,012 \text{ kg.m}^2$;
- moment d'inertie de la roue et de l'arbre de sortie du réducteur suivant z_2 : $J_2 = 0,8 \text{ kg.m}^2$;
- moment d'inertie d'un ensemble {casier + grosse bouteille} suivant l'axe principal d'inertie z_b : $J_b = 5 \text{ kg.m}^2$;
- masse d'un ensemble {casier + grosse bouteille} : $m = 100 \text{ kg}$;
- masse de la jante : $m_j = 2\,800 \text{ kg}$;
- masse du moyeu : $m_m = 300 \text{ kg}$;
- rayon extérieur du carrousel $R_3 = 2,5 \text{ m}$;
- rayon de la roue $R_2 = 0,185 \text{ m}$;
- fréquence maxi de rotation du moteur : $N_1 = 1\,450 \text{ tr/min}$;
- couple de frottement dans la liaison pivot de centre *A* et d'axe (A, z_3) entre le carrousel et le bâti $C_f = 2\,500 \text{ Nm}$;
- les autres liaisons sont supposées parfaites ;
- durée de la phase de freinage : $t_f = 0,2 \text{ s}$;
- rapport de transmission du réducteur : $r = \dot{\theta}_2 / \dot{\theta}_1 = 1 / 110$.

III. DIMENSIONNEMENT DU MOTEUR-FREIN

Problème technique : choisir le moteur frein

QUESTIONS :

- Q3.1** Déterminer l'accélération $\ddot{\theta}_1$ et l'angle de rotation en radian θ_{1f} dont a tourné l'arbre du moteur frein 1 pendant la phase de freinage.
- Q3.2** Exprimer littéralement les vitesses angulaires $\dot{\theta}_2$ et $\dot{\theta}_3$ en fonction de $\dot{\theta}_1$, r , R_2 et R_3 .
- Q3.3** A l'aide du document ressource DR2 et des données, calculer le moment d'inertie J_3 de l'ensemble {carrousel, casiers + grosses bouteilles} suivant l'axe z_3 .

Q3.4 Montrer que l'énergie cinétique totale $E(\Sigma/R_0)$ du mécanisme a pour expression :

$$E(\Sigma/R_0) = \frac{1}{2} [J_1 + r^2 \cdot J_2 + (r \cdot R_2 / R_3)^2 \cdot J_3] \dot{\theta}_1^2$$

Q3.5 Sachant que l'énergie cinétique totale peut être mise sous la forme $E(\Sigma/R_0) = \frac{1}{2} J_{\text{éq}} \cdot \dot{\theta}_1^2$, calculer $J_{\text{éq}}$ l'inertie de l'ensemble " ramenée " à l'arbre moteur. On prendra $J_3 = 26\,700 \text{ kg.m}^2$.

Q3.6 Exprimer la puissance P_3 développée par le couple de frottement C_f dans la liaison pivot de centre A et d'axe (A, z_3) entre le carrousel 3 et le bâti. Montrer que $P_3 = - C_f \cdot \dot{\theta}_1 \cdot r \cdot R_2 / R_3$

Q3.7 Exprimer la puissance P_f développée par le moment de freinage M_f sur le rotor du moteur frein dans son mouvement / au bâti.

Q3.8 En appliquant le théorème de l'énergie cinétique au système Σ , déterminer le moment de freinage M_f .

Q3.9 L'étude relative à la phase d'accélération a permis de définir, pour un moteur asynchrone triphasé 4 pôles, le moment nominal nécessaire : 10 Nm.

En utilisant le document ressource DR3, déterminer le moteur frein qui permet d'animer, conformément au cahier des charges, les phases :

- ◆ d'accélération
- ◆ de freinage (on prendra, quel que soit le résultat trouvé à la question Q3.8 : $|M_f| = 17 \text{ Nm}$).

Désigner le composant choisi [Moteur – Frein – Puissance].