

CONCOURS COMMUN 2007 DES ECOLES DES MINES D'ALBI, ALES, DOUAI, NANTES

Epreuve spécifique de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

Filière PTSI

Vendredi 11 mai de 8 heures à 12 heures

ENONCE SUJET

Instructions générales :

Vous devez vérifier que les documents remis comprennent :

- | | |
|-------------------------|-----------------|
| • Un énoncé de sujet | pages 2 à 16 |
| • Les documents annexes | DOCUMENTS 1 à 6 |
| • Un document-réponse | pages 1 à 16 |

Usage de la calculatrice interdit

Vous devez répondre aux questions en utilisant le document-réponse. Aucun autre document ne sera accepté.

Attention : Par mesure de sécurité, vous devez inscrire votre code candidat sur chaque page du document réponse. En fin d'épreuve, vous ne devez rendre que le document réponse sur lequel vous aurez collé l'étiquette correspondant à l'épreuve spécifique.

Instructions particulières :

Il est fortement conseillé au candidat de lire la totalité du sujet avant de composer. Toutes les parties sont indépendantes (elles peuvent être traitées dans n'importe quel ordre).

La répartition du temps à consacrer à chaque partie est environ la suivante :

- | | |
|----------------------|-------|
| • Lecture du sujet : | 20 mn |
| • Partie B : | 10 mn |
| • Partie C : | 30 mn |
| • Partie D : | 30 mn |
| • Partie E : | 30 mn |
| • Partie F : | 30 mn |
| • Partie G : | 15 mn |
| • Partie H : | 75 mn |

AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISE

A – PRESENTATION GENERALE

A – 1. Mise en situation (voir document 1 et 2)

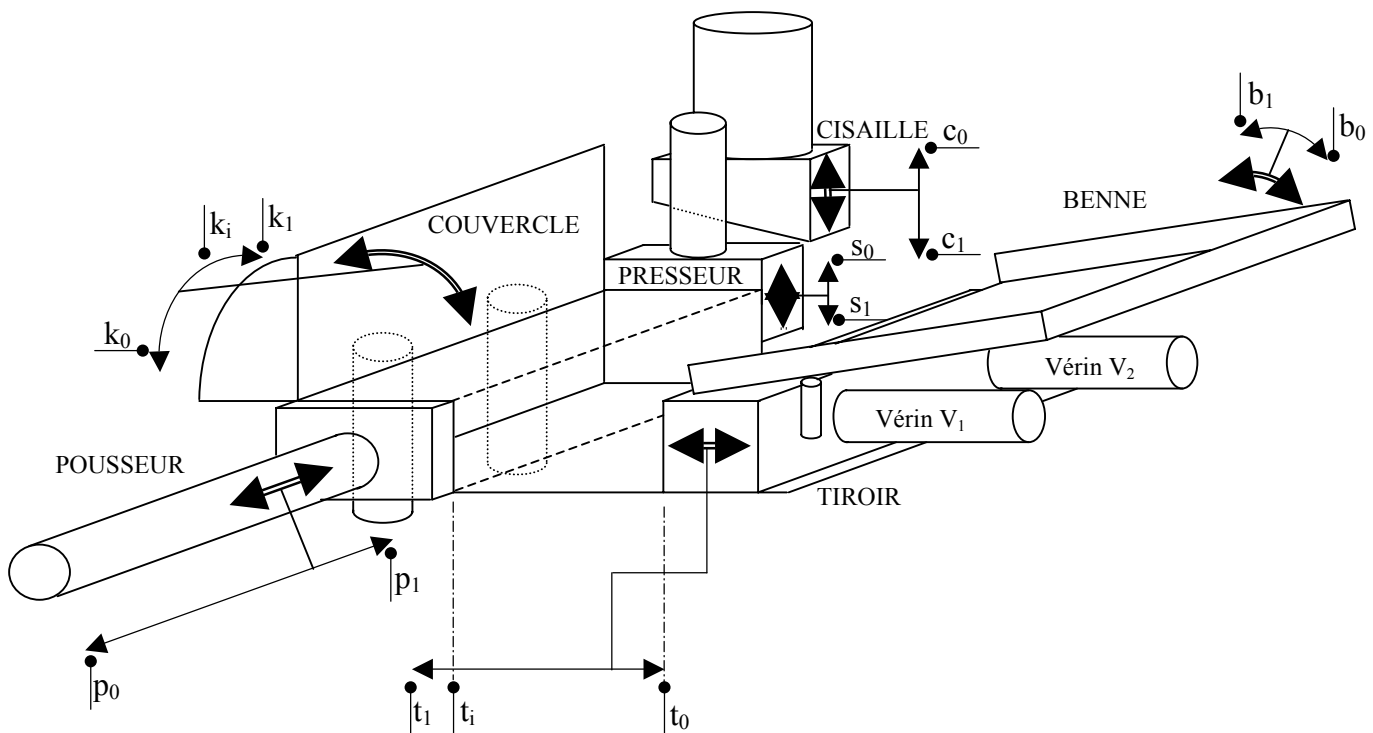
La société COPEX, installée à Lanester (56 Morbihan) est spécialisée dans les machines et leurs applications à l'environnement. Elle conçoit et fabrique, en particulier du matériel permettant de compacter des déchets de différentes natures, afin d'éventuellement les retraiter ou de les stocker.

L'étude proposée porte sur une Presse-Cisaille type CVB 1 000 T (Cisaille Verticale à Bac de 1 000 tonnes) (figure 1 document 1) destinée à traiter de la ferraille de toute sorte. En fonction des matériaux récupérés, elle permet le compactage sous forme de paquet ou le cisailage afin de diminuer les volumes lors du transport avant retraitement ou stockage final.

La machine permet deux processus différents :

- La réduction de volume par **compactage** pour l'obtention de paquet (Figure 2 document 1) ;
- La réduction de volume par **compactage** et **cisailage** sous forme de bouts de métal découpés à des longueurs variables de 30 à 95 cm (Figure 3 document 1).

Vue schématique de la machine, de ses mouvements et des détecteurs associés :



A – 2. Cahier des charges du Système (voir documents 3 et 4, aux échelles respectives approximatives 1:60 et 1:30, ainsi que la figure de la page précédente).

Nota : la compréhension très précise du document 3 n'est pas nécessaire. Ce document permet de visualiser les différentes positions relatives des éléments lors du fonctionnement.

Le fonctionnement général de la cisaille est le suivant :

La machine est prête pour un chargement et le système est en position initiale :

- la « Cisaille » et le « Presseur » sont en position fin de course sortie (position basse), les détecteurs respectifs c_1 et s_1 sont actionnés ;
- la « Benne » est en position horizontale au niveau du détecteur b_0 ;
- le « Tiroir » est reculé en position fin de course rentrée, le détecteur t_0 est actionné ;
- le « Couvercle » est ouvert en position fin de course, le détecteur k_0 est actionné ;
- le « Pousseur » est reculé en position fin de course, le détecteur p_0 est actionné.

Le **compactage** est effectué grâce à quatre actionneurs, pilotés manuellement par l'utilisateur :

- Basculement de la « Benne » pour déchargement de la matière dans la caisse de compression ;
- Retour « Benne » à l'horizontale ;
- Compression latérale par l'avance partielle du piston « Tiroir », animé par 2 vérins V_1 et V_2 jusqu'à l'appui par l'opérateur sur le bouton **acquiescement** ;
- Recul du « Tiroir » ;
- Compression supérieure par la fermeture partielle du « Couvercle », animé par 2 vérins jusqu'à l'appui par l'opérateur sur le bouton **acquiescement** ;
- Ouverture du « Couvercle » ;
- Fermeture du « Couvercle » en position horizontale, jusqu'à une position définie par un détecteur de position k_i ;
- Fermeture du « Tiroir » en position coïncidente à la largeur du « Pousseur », jusqu'à une position définie par un détecteur de position t_i ;
- Compression longitudinale par le piston « Pousseur », avec un vérin de 120 tonnes (option 320 tonnes). Un détecteur de pression pp_m indique à l'opérateur que les ferrailles sont compactées.

Le compactage étant terminé, deux modes sont disponibles (document 1, figure 2 et 3) :

- Mode **paquet** qui permet l'évacuation du bloc de métal.
- Mode **cisaille** qui permet le cisailage et l'évacuation des morceaux de ferraille.



Mode **paquet** (pour le compactage d'un véhicule par exemple) :

L'évacuation du paquet est effectuée par un cycle de 2 mouvements successifs en mode automatique :

- Montée de la « Cisaille » jusqu'à atteindre le détecteur haut cisaille c_0 ;
- Montée de la Porte (« Presseur ») jusqu'à atteindre le détecteur haut presseur s_0 ;
- Avance du paquet poussé par le piston « Pousseur » jusqu'à atteindre la fin de course p_1 ;

↩ Mode **cisaille** (pour le cisailage de matériaux tout venant à dominante métallique) :
Le **cisailage** des ferrailles est effectué par un cycle de 5 mouvements successifs. Ce cycle se répète N fois en fonction des longueurs **L** souhaitées par l'opérateur pour les bouts de ferrailles. Le dernier cycle ayant lieu lorsque le fin de course poussoir **p₁** est atteint.

Chaque cycle est réalisé de la façon suivante :

- Montée de la « Cisaille » jusqu'à atteindre le détecteur haut cisaille **c₀** ;
- Montée de la Porte (« Presseur ») jusqu'à atteindre le détecteur haut presseur **s₀** ;
- Avance de la matière par le piston « Poussoir » jusqu'à atteindre la position « **poussoir avancé de L** », fonction de la longueur des bouts de ferraille souhaitée ;
- Descente du « Presseur » jusqu'à atteindre une position intermédiaire. Celle-ci permettant d'assurer la pression souhaitée **sp₁** nécessaire au blocage des ferrailles compactées ;
- Descente de la « Cisaille » et découpe de la matière jusqu'à atteindre le détecteur bas cisaille **c₁** .

En mode Paquet ou mode Cisailage, lorsque le fin de course poussoir **p₁** est atteint :

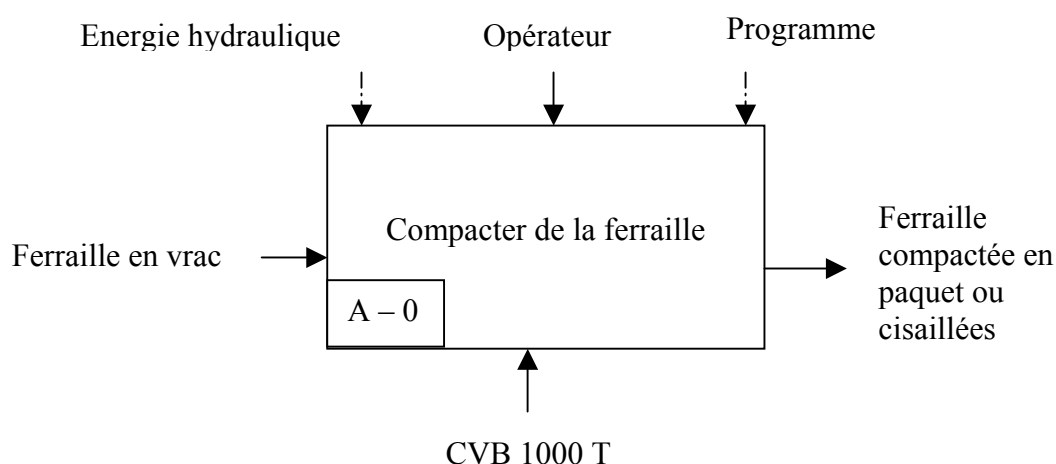
- Recul « Poussoir » jusqu'à atteindre fin de course poussoir **p₀** ;
- Recul du « Tiroir » simultanément à l'ouverture du « Couvercle » jusqu'à atteindre les fins de course respectifs **t₀** et **k₀**.
- Descente « Cisaille » simultanément à la descente du « Presseur » jusqu'à atteindre les positions fins de courses basses **c₁** et **s₁**

Nota : Ces cinq mouvements ne peuvent être réalisés simultanément du fait de la limitation des débits du groupe hydraulique.

Une fois l'ensemble des mouvements terminés, la machine est prête pour un nouveau chargement.

B – ANALYSE DES SYSTEMES

Le diagramme **SADT A – 0** de la machine CVB 1000T est proposé ci-dessous



Question B1 : Compléter le diagramme SADT A0 du document réponse.

C – ETUDE COMPORTEMENTALE

Le fonctionnement du système décrit ci-dessus est représenté sous forme de GRAFCET partiels donnés sur le document réponse.

Chacune des trois fonctions principales sont décrites par les GRAFCET partiels suivants :

- Compactage : G100 ;
- Evacuation : G200 ;
- Cisailage : G300.

L'ensemble est géré par un GRAFCET de Commande : G10.

Question C1 : Compléter la séquence du GRAFCET de Compactage : G100.

Question C2 : Compléter le GRAFCET de Cisailage, G300, permettant d'obtenir le découpage de la ferraille.

Question C3 : Compléter le GRAFCET de Commande, G10, afin d'obtenir :

- le recul du Tiroir simultanément à l'ouverture du Couvercle puis lorsque ces deux opérations sont terminées :
- la descente du Presseur simultanément à la descente de la Cisaille.

Question C4 : Donner, sur le document réponse, la valeur des réceptivités r_1 , r_2 , r_3 , r_4 , r_5 et r_6 des GRAFCET de Commande G10, de Compactage G100, d'Evacuation G200 et de Cisailage G300, pour les transitions respectives permettant d'assurer la bonne synchronisation des différents GRAFCET.

D – ETUDE DE L'EQUILIBRE DU TIROIR (voir document 4 sur un format A3 et à l'échelle approximative 1:30, ainsi que la figure de la page 2/16 du sujet)

Lors du compactage, le Tiroir **1**, en liaison glissière par rapport au châssis **0** d'axe (I, \vec{y}) , est mis en mouvement par l'intermédiaire de deux vérins hydrauliques V_1 et V_2 créant chacun le même effort de poussée supposé connu (\vec{P}_1 et \vec{P}_2).

Les actions de frottement du tiroir **1** sur le châssis **0** ainsi que les poids des différentes pièces peuvent être considérés comme négligeables devant les autres actions.

L'ensemble ferraille, tiroir, vérins et bâti est considéré comme un système plan dans le plan (I, \vec{x}, \vec{y}) défini page suivante.

La répartition aléatoire de la ferraille lors de son chargement par la benne crée un déséquilibre au niveau des actions agissant sur le tiroir pouvant provoquer un arc-boutement du tiroir par rapport au châssis.

Afin de rendre nul cet arc-boutement, il est nécessaire que le moment porté par (I, \vec{z}) dans la liaison glissière du tiroir **1** sur le châssis **0** soit nul.

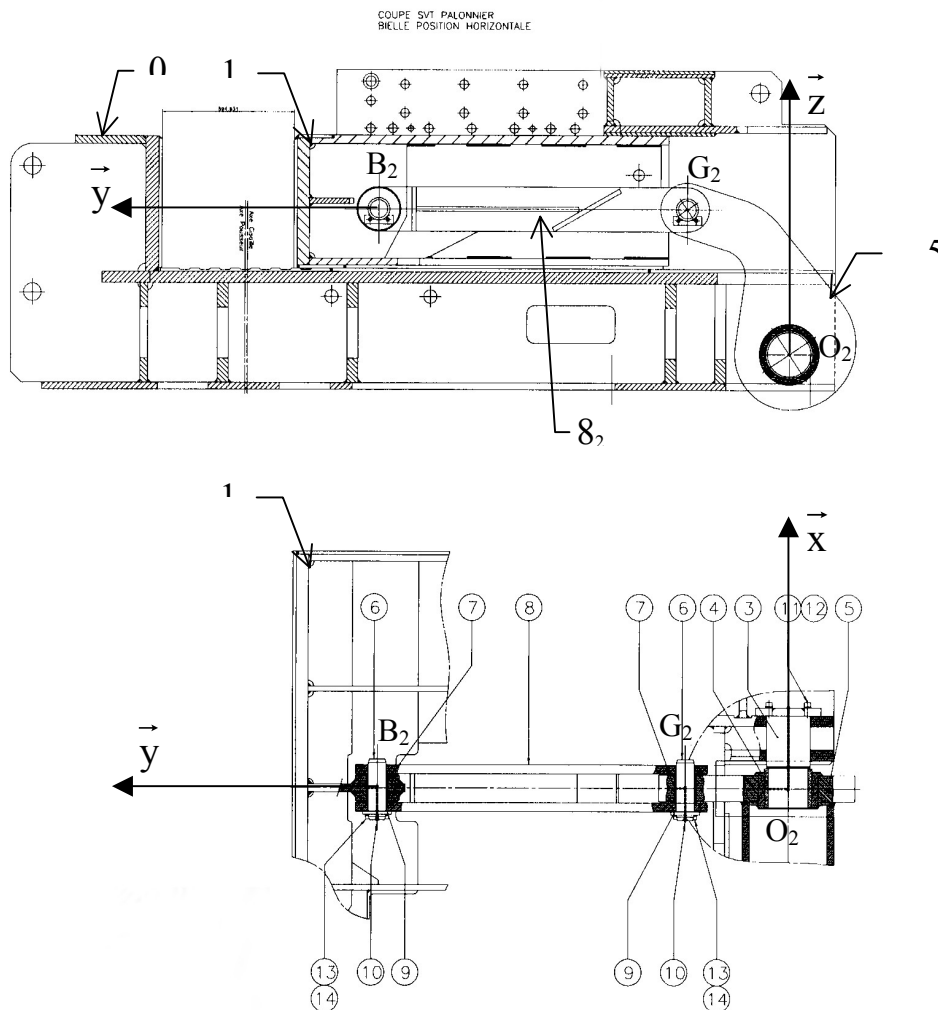
La solution adoptée par la COPEX est la mise en place d'un palonnier associé à des systèmes bielle-manivelle.

Le but de cette étude est de montrer l'intérêt de la solution adoptée par la COPEX.

D – 1. Étude de l'équilibre du tiroir avec le palonnier.

Le palonnier est constitué de deux bielles **8**₁ et **8**₂ ainsi que d'un ensemble de torsion **5**. Ce dernier est réalisé à partir de deux manivelles encastées sur une barre de torsion, (Figure 4 et 5 du document 2). Il existe donc un plan de symétrie (O, \vec{y}, \vec{z}) , O étant à égale distance de O₁ et O₂.

Vue de coté et de dessus du palonnier : bielle 8₂ en position horizontale



La barre de torsion **5** est en liaison pivot d'axe (O, \vec{x}) avec le châssis **0**.

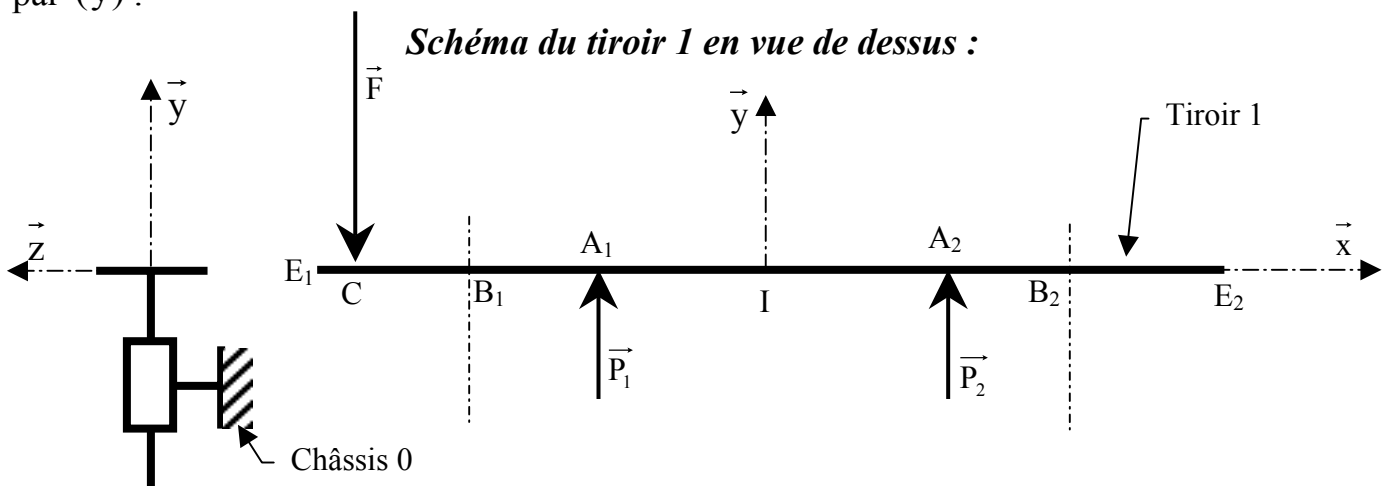
Les bielles **8**₁ et **8**₂ sont chacune respectivement :

- en liaison rotule avec le tiroir **1** en B₁ et B₂ ;
- en liaison rotule avec l'ensemble de torsion **5** en G₁ et G₂.

Le tiroir **1** est soumis aux actions suivantes :

- l'action de la ferraille \vec{F} considérée en C et de direction $(-\vec{y})$;
- aux actions \vec{P}_1 et \vec{P}_2 des deux tiges des deux vérins V_1 et V_2 sur le tiroir **1** appliquées respectivement en A_1 et A_2 et de direction (\vec{y}) .
- aux actions dues aux bielles **8**₁ et **8**₂ du palonnier notées respectivement $\vec{T}_1 = T_1 \vec{y}$ et $\vec{T}_2 = T_2 \vec{y}$. aux points respectifs B_1 et B_2 avec : $\overrightarrow{IB_1} = -b \vec{x}$; $\overrightarrow{IB_2} = b \vec{x}$.

Lorsque les actions de compactage sont les plus importantes la position des manivelles du palonnier sont telles que les bielles peuvent être considérées comme horizontales, portées par (\vec{y}) .



Question D1-1 : Ecrire les équations d'équilibre du tiroir.

Question D1-2 : Peut-on déterminer les différentes actions en fonction de l'effort de poussée des vérins.

On note :

$$\{S_{i \rightarrow j}\}_P = \begin{Bmatrix} X_{i \rightarrow j} & L_{i \rightarrow j} \\ Y_{i \rightarrow j} & M_{i \rightarrow j} \\ Z_{i \rightarrow j} & N_{i \rightarrow j} \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} \quad \text{le torseur des actions transmissibles associé à une}$$

liaison $L_{i \rightarrow j}$ écrit en P en projection dans le repère $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$;

Question D1-3 : Donner le torseur des actions transmissibles dans les liaisons suivantes :

- liaison entre la bielle **8**₂ et le tiroir **1** en B_2 ;
- liaison entre la bielle **8**₂ et l'ensemble de torsion **5** en G_2 ;
- liaison entre l'ensemble de torsion **5** et le châssis **0** en O.

Question D1-4 : Par une méthode la plus simple possible et à partir d'une équation d'équilibre sur une des bielles et d'une équation d'équilibre sur l'ensemble de torsion, en déduire une relation entre T_1 et T_2 .

En supposant que $T_1 = -T_2$:

Question D1-5 : En déduire la relation entre F et P_1 . Que peut-on en conclure ?

E – ETUDE DU MOUVEMENT DU TIROIR (voir document 4 et page 2/16 du sujet)

La mise en position du tiroir est définie par trois détecteurs t_0 , t_1 et t_i . Ces détecteurs sont positionnés entre l'ensemble de torsion **5** et le châssis **0**.

Afin d'obtenir une mise en position suffisamment précise du tiroir il est donc nécessaire de connaître la position en translation du tiroir **1** en fonction de la position angulaire de l'ensemble de torsion **5**. De plus pour un meilleur compactage on souhaite obtenir un déplacement à une vitesse la plus constante possible.

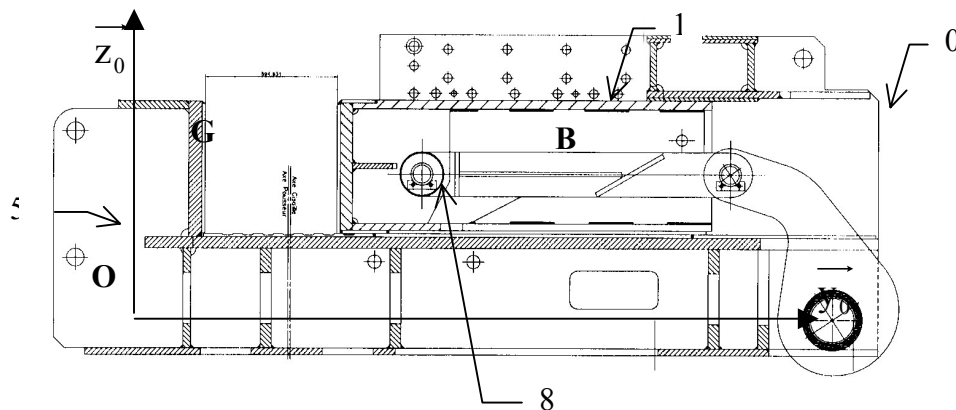
E – 1. Etude de la position relative du tiroir 1 par rapport au châssis 0 en fonction de la position angulaire de l'ensemble de torsion 5 par rapport au châssis 0.

On donne le nouveau paramétrage :

- Le repère $R_0(O, \vec{x}, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est lié au châssis **0** ;
- Le repère $R_5(O, \vec{x}, \vec{y}_5, \vec{z}_5)$ est lié à la manivelle de l'ensemble de torsion **5** ;
- Le repère $R_8(G, \vec{x}, \vec{y}_8, \vec{z}_8)$ est lié à la bielle **8**.

$$\vec{OB} = y(t) \cdot \vec{y}_0 + h \vec{z}_0 \quad \vec{OG} = R \cdot \vec{y}_5 \quad \vec{GB} = L \cdot \vec{y}_8 \quad \theta_{50} = (\vec{y}_0, \vec{y}_5) \quad \theta_{80} = (\vec{y}_0, \vec{y}_8)$$

Avec : $R = 800 \text{ mm}$; $L = 1\,400 \text{ mm}$ et $h = 650 \text{ mm}$.



Pendant la phase utile de compression, l'angle θ_{50} se situe entre 135° et 45° , et la vitesse de déplacement du tiroir **1** par rapport au châssis **0** est de 240 mm/s .

Question E1-1 : Compléter, en couleur, le schéma cinématique plan du mécanisme de transformation de mouvement sur le document réponse à l'échelle approximative 1:20.

Compléter, en couleur, le paramétrage directement sur le schéma cinématique.

Question E1-2 : Effectuer analytiquement la fermeture géométrique.

En déduire la relation $y(t) = f(\theta_{50}(t))$.

Cette loi d'entrée-sortie étant relativement complexe, sa courbe représentative est donnée sur le document réponse. Le déplacement réel du tiroir **1** impose que θ_{50} varie de 180° à 45° .

Question E1-3 : Vérifier la compatibilité de la course totale du tiroir avec celle du vérin qui est de 1 500 mm.

Durant la phase utile de compression (θ_{50} entre 135° et 45°) on peut assimiler la courbe de variation de $y(t)$ en fonction de $\theta_{50}(t)$ à une droite.

Question E1-4 : Donner le coefficient de linéarité approximatif entre $y(t)$ et $\theta_{50}(t)$ dans la phase utile de compression.

Précisez les unités dans le système international.

On prendra $\pi \approx 3$.

E – 2. Etude de la relation entre la vitesse relative du tiroir 1 par rapport au châssis 0 et la vitesse angulaire de l'ensemble de torsion 5 par rapport au châssis 0.

Question E2-1 : A partir de l'étude précédente, donner une valeur approximative de la vitesse angulaire $\dot{\theta}_{50}$ de l'ensemble de torsion **5** par rapport au châssis **0**, pendant la phase utile de compression en fonction de la vitesse de déplacement du tiroir **1** par rapport au châssis **0**. Calculer, en unité S.I. la valeur numérique approximative de $\dot{\theta}_{50}$ pour une vitesse de déplacement du tiroir de 240 mm/s.

Afin de vérifier l'exactitude de l'approximation linéaire, on souhaite rechercher la vitesse angulaire de l'ensemble de torsion **5** par rapport au châssis **0** à partir d'une étude graphique pour les positions extrêmes et médiane pendant la phase utile de compression.

En se plaçant dans la position telle que $\theta_{50}(t) = 135^\circ$:

Question E2-2 : Déterminer, I_{80} , le centre instantané de rotation de la bielle **8** dans son mouvement par rapport au châssis **0**.

Déterminer graphiquement la vitesse de rotation $\dot{\theta}_{50}$ en rd/s de l'ensemble de torsion **5** par rapport au châssis **0** pour une vitesse relative du tiroir **1** par rapport au châssis **0** de 240 mm/s, en phase de compression, en utilisant I_{80} .

Justifier les tracés.

Echelle des vitesses : 1 cm pour 40 mm/s. Echelle des distances : 1:20.

F – ETUDE DE L'ASSERVISSEMENT DU TIROIR 1

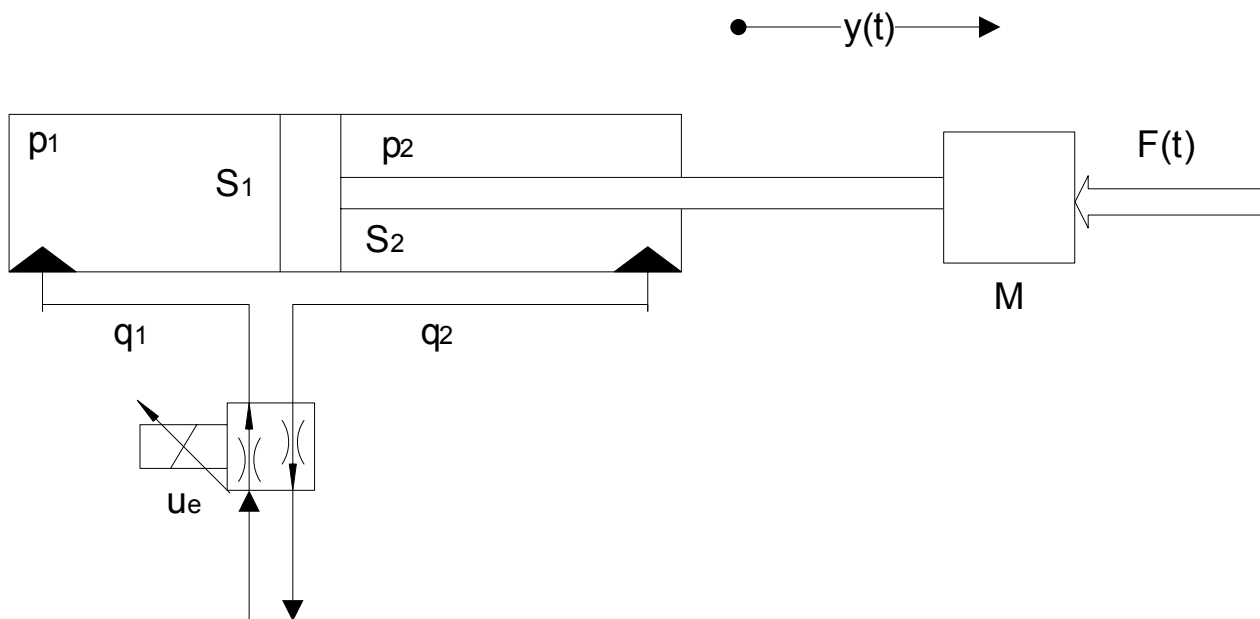
Comme nous l'avons étudié précédemment, le déplacement en translation du tiroir 1 est assuré par deux vérins hydrauliques V_1 et V_2 nécessitant un palonnier pour éviter l'arc-boutement lors de son déplacement.

Cette étude porte sur une nouvelle solution remplaçant le palonnier par un asservissement en position des deux vérins.

Les deux vérins hydrauliques sont montés en portique en deux points d'ancrage (en parallèle) sur le tiroir. Chaque vérin du type « mesure en position intégrée » (détecteur inductif intégré dans la tige du vérin, résolution $\pm 0,1$ mm) est piloté par un servodistributeur. Les commandes des deux vérins sont synchronisées pour limiter l'arc-boutement du tiroir (efforts dissymétriques dus à la ferraille à compacter).

On isole l'un des vérins.

Le comportement du vérin peut alors être modélisé à partir du modèle de structure ci-dessous et du paramétrage qui lui est associé.



On donne :

- $M = 10^4$ kg : masse de l'équipage mobile ;
- $f = 3 \cdot 10^6$ N/m/s : la résistance due aux frottements visqueux ;
- $K = 2,5 \cdot 10^7$ N/m : la raideur hydraulique du vérin ;
- $S_1 = 5 \cdot 10^{-2}$ m² : la surface du piston de la chambre d'admission.

L'ensemble formé par :

- le tiroir ;
- l'effort variable dû à la ferraille, noté $F(t)$;
- la tige du piston du vérin ;

est appelé « équipement mobile ».

Sa position notée $y(t)$ est fonction du débit d'huile, noté $q_1(t)$, à l'entrée de la chambre d'admission du vérin.

On se place dans l'hypothèse de petit déplacement autour d'un point de fonctionnement (position particulière d'équilibre). Le système peut donc être considéré comme linéaire, continu et invariant.

F – 1. Modélisation de l'équipage mobile.

Après calcul :

- L'équation temporelle donnant le déplacement $y_1(t)$ en fonction du débit $q_1(t)$ pour un effort $F(t)$ nul est telle que :
$$M \frac{d^2 y_1(t)}{dt^2} = K \int_0^t \frac{q_1(\tau)}{S_1} d\tau - K y_1(t) - f \frac{dy_1(t)}{dt}$$
- L'équation temporelle donnant le déplacement $y_2(t)$ en fonction de l'effort $F(t)$ pour un débit $q_1(t)$ nul est telle que :
$$M \frac{d^2 y_2(t)}{dt^2} = -K y_2(t) - f \frac{dy_2(t)}{dt} + F(t)$$

Question F1-1 : En supposant que les conditions initiales sont nulles, donner dans le domaine de Laplace et sous forme canonique :

- La fonction de transfert : $H_1(p) = \frac{Y_1(p)}{Q_1(p)}$ liant le déplacement $y_1(t)$ au débit $q_1(t)$ pour un effort $F(t)$ nul ;
- La fonction de transfert : $H_2(p) = \frac{Y_2(p)}{F(p)}$ liant le déplacement $y_2(t)$ à l'effort $F(t)$ pour un débit $q_1(t)$ nul.

Question F1-2 : En appliquant le principe de superposition, donner l'équation, dans le domaine de Laplace, liant le déplacement $Y(p)$ au débit $Q_1(p)$ et à l'effort $F(p)$.

Question F1-3 : Compléter le schéma bloc permettant de définir la modélisation de l'« équipement mobile ». Préciser les unités des grandeurs physiques véhiculées.

F – 2. Modélisation générale du fonctionnement de l'ensemble vérin et distribution.

Pour étudier l'influence du débit, on néglige la contribution de l'effort $F(t)$. La fonction de transfert déplacement-débit est alors :

$$G(p) = \frac{Y(p)}{Q_1(p)} = \frac{1}{p S_1 \left[1 + \frac{1}{K} (f p + M p^2) \right]}$$

On admettra que ce résultat est généralisable pour toute position de la tige de vérin.

Le servodistributeur proportionnel délivre un débit d'huile $q_1(t)$ proportionnel à sa tension de commande $u_e(t)$ tel que : $q_1(t) = K_e u_e(t)$, avec $K_e = 2.10^{-4} \text{ m}^3/\text{sV}$.

Le détecteur de position délivre une tension $u_s(t)$ proportionnelle à la position $y(t)$ du tiroir telle que : $u_s(t) = K_c y(t)$, avec $K_c = 10^3 \text{ V/m}$.

Question F2-1 : En déduire la fonction de transfert en boucle ouverte du système tiroir-vérin- distribution dont la transmittance est : $\frac{U_s(p)}{U_e(p)}$

Pour boucler le système :

- le signal de la commande du distributeur proportionnel $u_e(t)$ est élaboré à partir :
 - ✓ d'un élément permettant de comparer $u_s(t)$ à la tension de consigne $u_c(t)$
 - ✓ d'un amplificateur de gain A .
- le signal de tension de consigne est élaboré à partir de la consigne de position $y_c(t)$ et d'un potentiomètre modélisable par un gain pur identique à K_c .

Question F2-2 : Compléter le schéma bloc permettant de définir le système tiroir-vérin-distribution, son contrôle et sa commande dont la fonction de transfert en boucle fermée est : $\frac{Y(p)}{Y_c(p)}$

Question F2-3 : Calculer la fonction de transfert en boucle fermée : $\frac{Y(p)}{Y_c(p)}$ en fonction des différents coefficients littéraux caractérisant le système.

G – ETUDE DU COUVERCLE (voir document 1, 2 et 3)

Lors du compactage, les deux vérins de fermeture **11-12** du couvercle sont mis en mouvement sous une pression maximum de 31,5 MPa. Un détecteur de pression permet de stopper le mouvement lorsque la pression maximum est atteinte.

On souhaite calculer approximativement les efforts maximum auxquels sont soumises les différentes liaisons.

Les deux vérins ont un diamètre intérieur de tube de 250 mm et un diamètre de tige de 200 mm.

G – 1. Étude de la partie opérative du mouvement du couvercle.

Les deux vérins hydrauliques sont à double effet, commandés par un distributeur hydraulique bistable 4/3 à commande électrique.

Question G1-1 : Compléter le schéma hydraulique permettant de piloter les vérins à partir d'un distributeur hydraulique bistable 4/3 à commande électrique.

G – 2. Etude de l'effort maximum dans la liaison du couvercle 10 avec le châssis 0.

La ferraille à compacter est considérée sans mouvement par rapport au châssis **0**.

On suppose que l'effort dû au matériau à compacter sur le couvercle, noté \vec{R} est :

- situé dans le plan de symétrie du couvercle ;
- passant par le point M, situé à 250 mm au dessus de l'axe d'articulation sur la surface de compression du couvercle ;
- soumis à un coefficient de frottement tel que $f = \tan \varphi = 0,2$.

On suppose donc le problème plan.

Question G2-1 : Déterminer l'effort global des vérins **11-12** sur le couvercle **10** en P, noté : $\|\vec{P}_{11 \rightarrow 10}\|$.

Question G2-2 : Déterminer graphiquement l'action dans la liaison entre le châssis **0** et le couvercle **10** en Q, notée $\vec{Q}_{0/10}$, à l'équilibre strict, sur la figure donnée sur le document réponse. On prendra $\|\vec{P}_{11 \rightarrow 10}\| = 3.10^6 \text{ N}$
Échelle de forces : 2 cm pour 10^6 N .

H – ETUDE DE LA LIAISON ENTRE UN DES VERINS DE FERMETURE DE COUVERCLE 10 ET LE CHASSIS 0 (voir document 5 et 6).

Cette liaison est définie par le plan d'ensemble donné document 5 à l'échelle approximative de : 1/6 et éventuellement par le dessin de définition du tourillon **1** sur le document 6 à l'échelle approximative de : 1/6.

Les figures 6, 7 et 8 du document 2 présentent cette liaison et certaines pièces y participant.

Nota : la numérotation des pièces est en partie différente de celle employée pour les études précédentes.

Question H1-1 : Déduire de l'étude précédente l'effort transmis par la liaison entre un des vérins de fermeture de couvercle **11** et le châssis **0**.

H – 2. Etude technologique.

Question H2-1 : Compléter l'ajustement entre le tourillon **1** et le corps de vérin.

Question H2-2 : Donner les ajustements, nécessaires au bon fonctionnement de la liaison

- entre le tourillon **1** et la bague de frottement **3** de diamètre nominal 130 ;
- entre la bague de frottement **3** et le boîtier de tourillon **4** de diamètre nominal 160.


La bague de frottement **3** est réalisée en Cu Sn 12 Pb.

Les boîtiers de tourillon **4** sont réalisés en S 355.

Question H2-3 : Donner la signification exacte des deux matériaux précédemment définis.
Justifier leur emploi.

Le dessin de définition du tourillon est donné sur le document 6, à l'échelle approximative 1:6.

Question H2-4 : Que représente le symbole :

	Ø 0,5	A	B
---	-------	---	---

 ?

Question H2-5 : Compléter et définir la tolérance de mise en position nécessaire au bon fonctionnement de la liaison entre les deux diamètres 130 du tourillon **1**.

H – 3. Etude de conception du brut du boîtier de tourillon 4.

Le boîtier de tourillon **4** est une pièce que l'on trouve en plusieurs exemplaires sur chaque machine, mais aussi sur un ensemble de machines similaires à la CVB 1000T, soit une

cadence d'environ 200 pièces par an. De plus pour des commodités de fabrication, on souhaite réaliser le boîtier de tourillon **4** en moulage au sable à modèle permanent alors qu'il est actuellement réalisé par assemblage d'éléments mécanosoudés.

Question H3-1 : Dessiner à main levée le brut de boîtier de tourillon **4** et son moule.

- Les tracés des angles de dépouille seront exagérés ;
- Le plan de joint sera spécifié en vert ;
- Les deux parties du moule et le noyau éventuels seront coloriés différemment.
- Indiquer, par une flèche bleue la direction du démoulage.

H – 4. Etude de fabrication du tourillon 1.

Le tourillon **1** est usiné à partir d'un brut obtenu par oxycoupage d'une tôle d'épaisseur 150 mm, à une cadence de 100 pièces par an.

Les deux plans réalisant les surfaces terminales de l'épaisseur 145 ont été réalisés en phases 10 et 20 par tournage. On ne s'intéresse qu'à la réalisation des alésages et des deux axes des tourillons sans se préoccuper de la réalisation des perçages et des taraudages de fixation du vérin.

Les surépaisseurs d'usinage sont définies par les traits mixtes fins doubles visibles sur le document réponse.

Question H4-1 : Phase 30 :

Pour chacune des surfaces repérées sur le boîtier de tourillon **4** (en traits forts) :

- proposer une machine outil ;
- mettre en place les symboles d'isostatisme pour le positionnement de la pièce à usiner ;
- proposer un outil d'usinage et le nom de l'opération d'usinage (dessiner l'outil en position de travail) ;
- donner les cotes fonctionnelles réalisées.

Question H4-2 : Phase 40 et 50 :

Pour chacune des surfaces repérées sur le boîtier de tourillon **4** (en traits forts) :

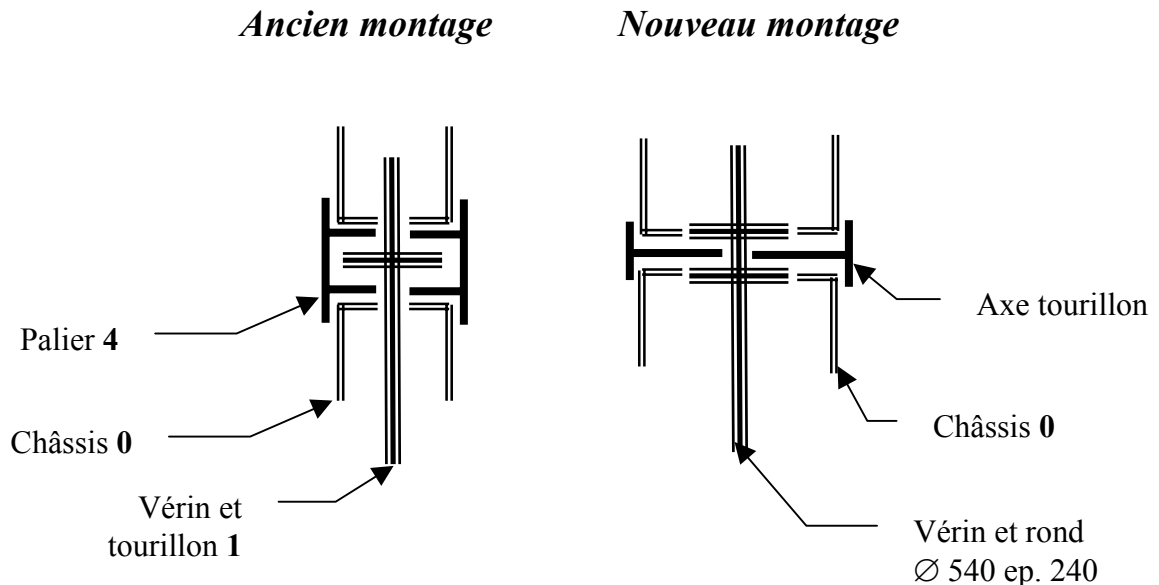
- proposer une machine outil ;
- mettre en place les symboles d'isostatisme pour le positionnement de la pièce à usiner ;
- proposer un outil d'usinage et le nom de l'opération d'usinage (dessiner l'outil en position de travail) ;
- donner les cotes fonctionnelles réalisées.

H – 5. Etude de conception.

Au bout d'un certain temps d'utilisation, il apparaît des déformations et des amorces de rupture au niveau de la matière liant les axes de tourillon de diamètre 130 au corps de la pièce.

Afin d'éviter ce phénomène, on modifie la liaison de la façon suivante :

- la pièce **1** sera remplacée par un support de vérin obtenu à partir d'un rond de diamètre 540 mm et d'épaisseur 240 mm (donné en pointillé sur le document réponse 16) dans laquelle seront réalisés deux alésages initialement situés dans les boîtiers de tourillons ;
- les axes de tourillons initialement solidaires de la pièce **1**, seront montés directement en liaison d'encastrement démontable sur le châssis **0** et en liaisons pivots avec la nouvelle pièce **1**. Ceci permet de les réaliser dans un acier plus résistant au cisaillement et aux pressions superficielles. La liaison pivot nécessite l'emploi d'un palier en bronze avec un système de graissage.



Question H5-1 : Compléter, dans le cadre A du document réponse, le dessin d'ensemble partiel, à l'échelle 1:4, permettant de définir ce nouveau montage. Préciser les ajustements et les jeux fonctionnels nécessaires au bon fonctionnement.

FIN DU SUJET