CONCOURS ARTS ET MÉTIERS ParisTech - ESTP - ARCHIMEDE

Épreuve de Sciences Industrielles MP

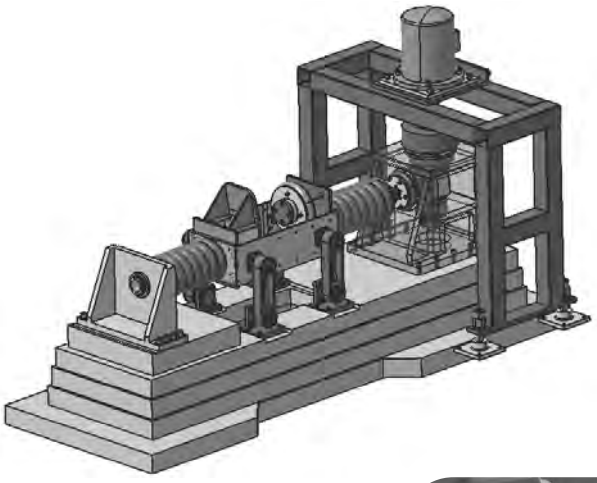
Durée 3 h

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

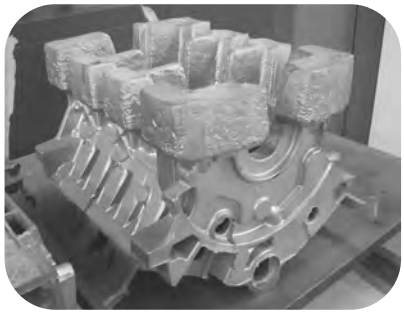
L'usage de calculatrices est autorisé.

A rendre avec les copies 1 cahier réponse.

Décocheuse industrielle







Tournez la page S.V.P

Extrait gratuit de document, le document original comporte 25 pages.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 25 pages.

INTRODUCTION

Principe du moulage au sable, rôle de la décocheuse dans le traitement des pièces

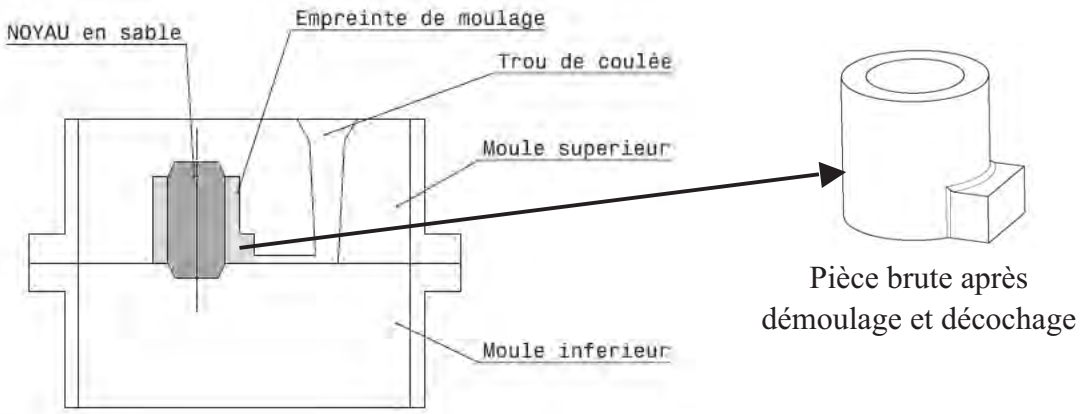


Figure 1 : *moulage au sable*

Expression du Besoin

Pour obtenir des pièces de forme complexes (souvent creuses) comme par exemple les carters moteurs pour automobile, le procédé de moulage au sable est souvent utilisé. Un alliage liquide est coulé dans une empreinte de moulage. Cette empreinte de moulage est obtenue par assemblage de deux (ou plus) parties de moule, avec l'ajout dans certains cas de noyaux en sable, comme représenté dans la figure 1. Après solidification, la pièce brute peut être extraite du moule. Une des difficultés consiste ensuite à extraire les noyaux de sable présents dans les parties creuses de la pièce moulée.

Rôle de la décocheuse industrielle

Une machine de traitement des carters est dans ce cas mise en œuvre : une décocheuse. Par une action de secouage (vibration) et de martelage (coups donnés sur la pièce), les noyaux en sables se désagrègent et le sable restant dans la pièce est évacué par gravité, comme schématisé sur la figure 2.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 25 pages.

Principe de fonctionnement de la décocheuse

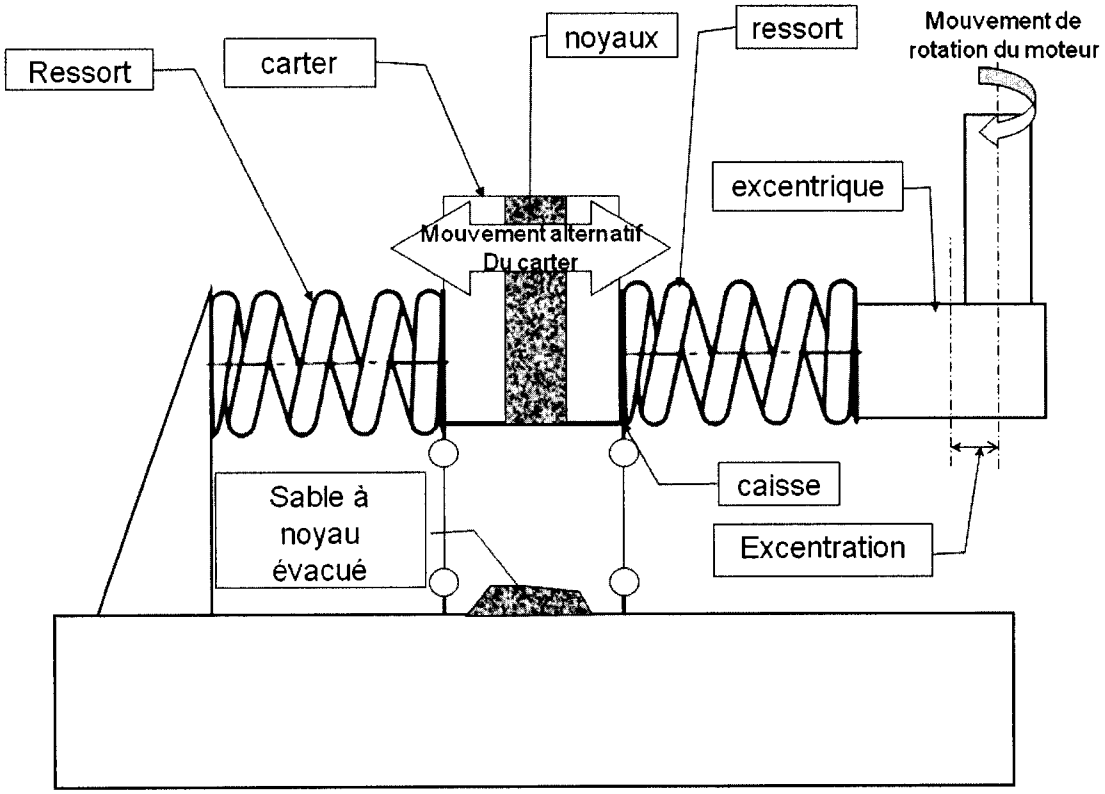
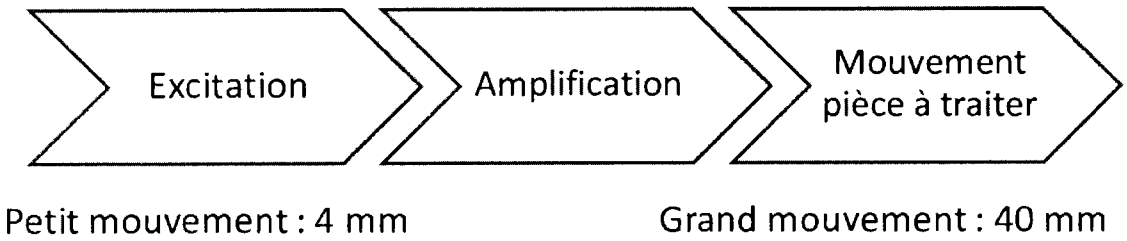


Figure 2 : *schéma de principe de la décocheuse*

La décocheuse entraine le carter en vibration pour évacuer le sable des noyaux restant dans ses cavités. Pour cela le carter à traiter est mise en place dans une caisse. Un moteur entraine un excentrique d'excentration 2 mm. Ce mouvement est amplifié à l'aide de 2 ressorts placés de part et d'autre de l'ensemble caisse + carter pour obtenir un mouvement amplifié d'amplitude 40 mm, ce qui permet l'évacuation du sable des noyaux. Ce dernier est ensuite récupéré en dessous de la caisse.



Extrait gratuit de document, le document original comporte 25 pages.

Une entreprise souhaite implanter ce type de machine sur sa ligne d'obtention de carters bruts pour réduire le temps de traitement de ses pièces. Le diagramme simplifié des interacteurs est présenté ci-dessous.

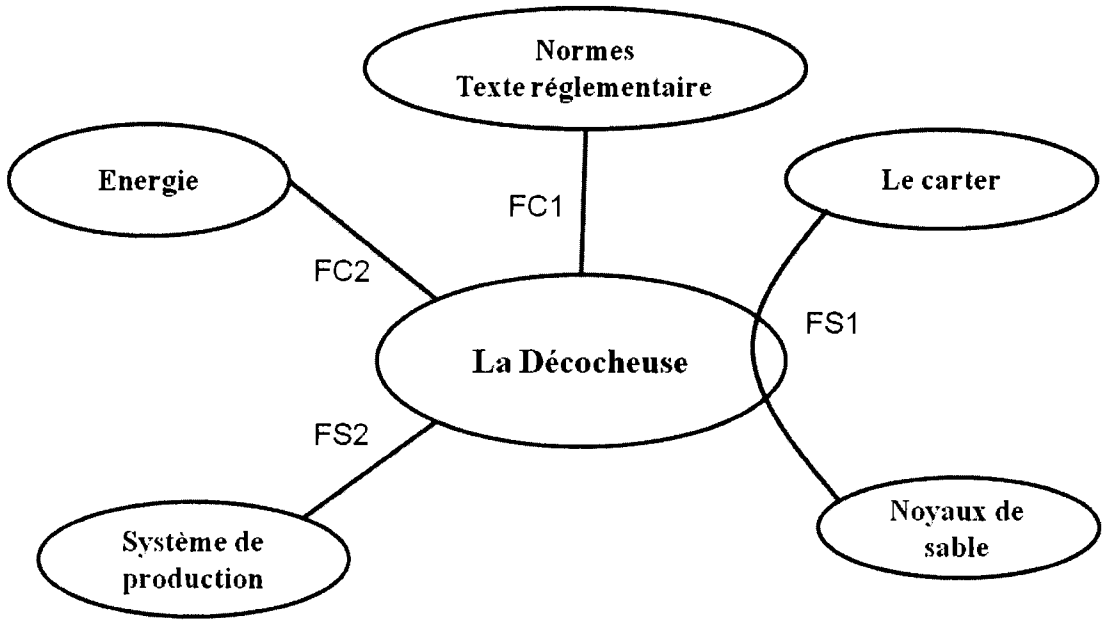


Figure 3 : *Diagramme des interacteurs simplifié*

Référence	Fonction	Critère	Niveaux
FS1	Evacuer les noyaux de sable	Quantité de sable évacuée Amplitude de vibration	20 kg +/- 5% 40 mm
FS2	Intégrer la décocheuse à un système de production	Temps de cycle	61 secondes

Tableau 1 : *Extrait de l'analyse fonctionnelle de la décocheuse*

Etudes à réaliser

Dans la première partie du sujet, la fonction de service FS1 est étudiée. En particulier, on s'attachera à valider le niveau d'amplitude des vibrations de l'ensemble caisse + carter moteur. Pour y arriver, un premier travail portant sur l'étude du mouvement de cet ensemble est demandé. Ce travail préliminaire permet de construire un modèle mathématique représentatif du comportement du système. Ce modèle de connaissance permet alors d'évaluer les performances du système.

La seconde partie du sujet traite de la vérification du niveau du critère « temps de cycle » en s'intéressant au cycle de traitement complet d'un carter.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 25 pages.

PREMIERE PARTIE

Etude de la fonction principale FS1 : évacuer les noyaux de sable

Dans le cas étudié ici, l'ensemble carter (repère 1) + caisse a une masse de 125 kg au début du cycle (avec le sable) et 105 kg à la fin du cycle. La durée complète du cycle est de 61 secondes. On supposera que, tout au long du cycle, la quantité de sable évacuée est une fonction affine du temps

Question 1 : *Tracer l'évolution temporelle de la masse de l'ensemble (caisse + carter + sable) au cours du cycle et indiquer les valeurs maximales et minimales de la masse. Donner la masse de sable perdu au cours du cycle, notée* M_S.

Pour la suite de l'étude on considère que la masse de l'ensemble caisse, carter et sable est constante. On prend comme valeur la moyenne de la masse au cours du temps, soit Mc = 115 kg.

On s'intéresse maintenant à la modélisation de la liaison entre la caisse et le bâti. Pour ce faire, des précisions quant aux mouvements relatifs des pièces mises en jeu sont à extraire du schéma cinématique du système. La figure 4 présente le schéma cinématique de la décocheuse et la figure 5 donne une vue détaillée de la zone à étudier.

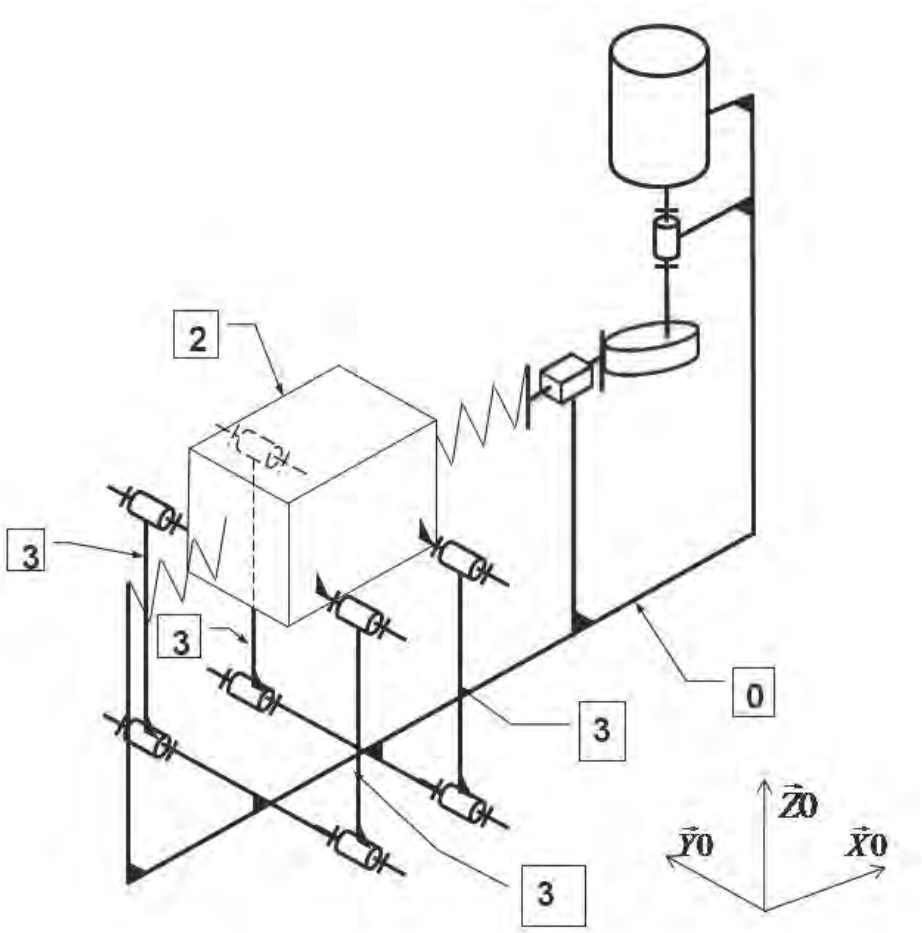


Figure 4 : *schéma cinématique de la décocheuse le carter n'est pas représenté*

Extrait gratuit de document, le document original comporte 25 pages.

Les quatre biellettes (repère 3) sont en liaison pivot d'axe (Bi, $\overrightarrow{Y0}$) avec la caisse (repère 2) et en liaison pivot d'axe (Ci, $\overrightarrow{Y0}$) avec le bâti (repère 0).

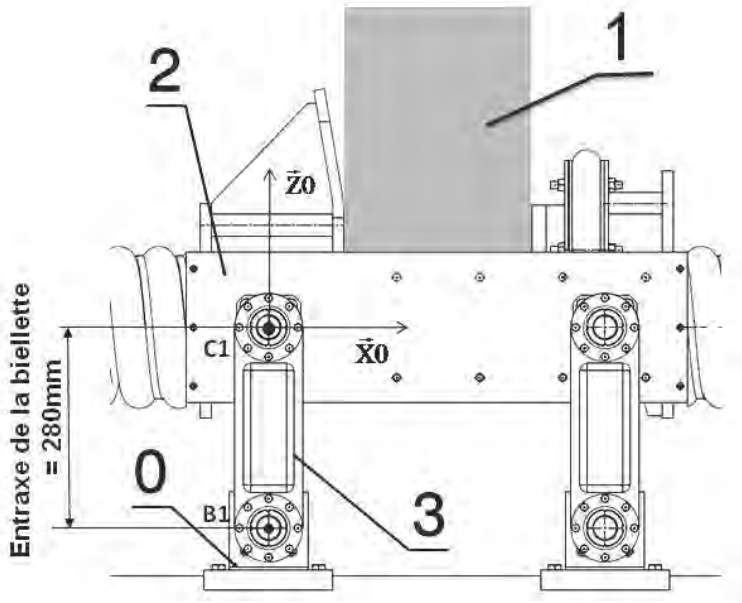


Figure 5 : *vue détaillée de la partie caisse, bâti, carter et biellettes*

L'entraxe de la biellette est de 280 mm.

Question 2 : *Indiquer la nature du mouvement de la caisse (repère 2 de la figure 5) par rapport au bâti (repère 0 de la figure 5).*

Question 3 : *Faire un schéma faisant apparaître la trajectoire du point C1 dans son mouvement par rapport au bâti (0). On rappelle que C1 est le centre de la liaison pivot caisse (repère 2) / biellette (repère 3). Indiquer la course du point C1 selon $\overrightarrow{X0}$ sur votre schéma.*

Question 4 : *Calculer la valeur du déplacement du point C1 sur l'axe $\overrightarrow{Z0}$ pour un déplacement variant de – 20 mm à +20 mm sur l'axe $\overrightarrow{X0}$*

Question 5 : *Calculer le ratio de la valeur du déplacement du point C1 sur l'axe $\overrightarrow{Z0}$ sur la valeur du déplacement sur l'axe $\overrightarrow{X0}$*

Le ratio calculé à la question 5 montre que le déplacement sur l'axe $\overrightarrow{Z0}$ est très faible devant celui sur l'axe $\overrightarrow{X0}$, ce qui permet de modéliser la liaison entre l'ensemble caisse + carter et le bâti par une liaison glissière de direction $\overrightarrow{X0}$.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 25 pages.

La liaison entre la caisse et le bâti étant traitée, on s'intéresse maintenant à la modélisation du générateur de vibration : le système excentrique. Pour cette étude, nous considérons que la bielle (repère 7) est en liaison glissière de direction $\overrightarrow{X0}$ par rapport au bâti. La liaison entre l'excentrique et la bielle est considérée comme ponctuelle.

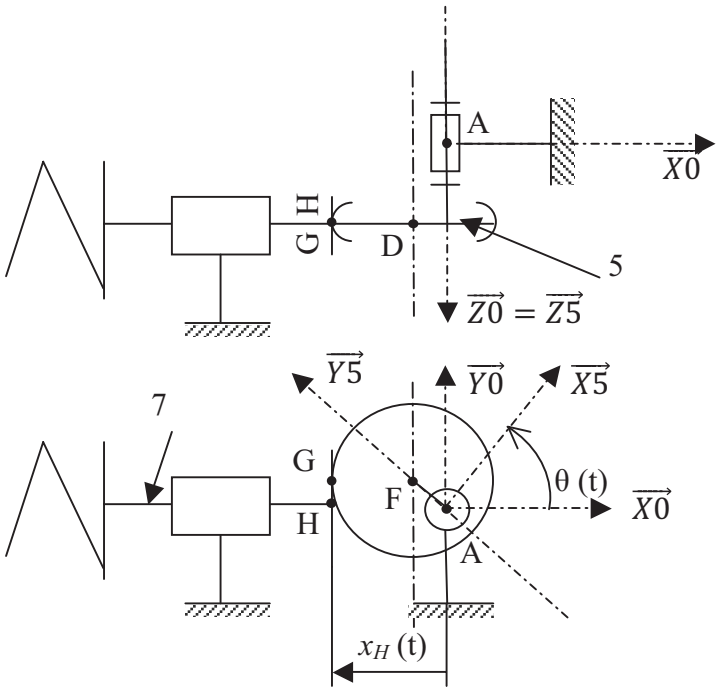


Figure 6 : *schéma de l'excentrique*

Notation:

- *e valeur de l'excentration = AF*
- *R rayon de l'excentrique = FG*
- *θ angle de rotation de l'excentrique*
- $x_H = \overrightarrow{AH} \cdot \vec{X}0$
- $\vec{\Omega}_{(5/R0)} = \dot{\theta}(t) \cdot \vec{Z}0$ *avec* $\dot{\theta}(t) = \frac{d\theta}{dt}$

Question 6 : *Exprimer la loi entrée sortie du mécanisme (x_H =f(θ)) en fonction de e, R, θ et x_H (t)*

Question 7 : *En déduire la vitesse* $\vec{V}_{(H\in 7/R0)}$ *en fonction de : e ,* $\dot{\theta}(t)$ *, θ(t)*

Question 8 : *Tracer la norme du vecteur* $\vec{V}_{(H\in 7/R0)}$ *en fonction θ variant de 0 à 2π, avec :*

- $e = 2\ mm$
- $\dot{\theta}(t) = \dot{\theta_0} = 157\ rad/s$

Extrait gratuit de document, le document original comporte 25 pages.

Les études précédentes permettent à présent de travailler sur un modèle simplifié de la décocheuse. Ce modèle est présenté sur la figure 7.

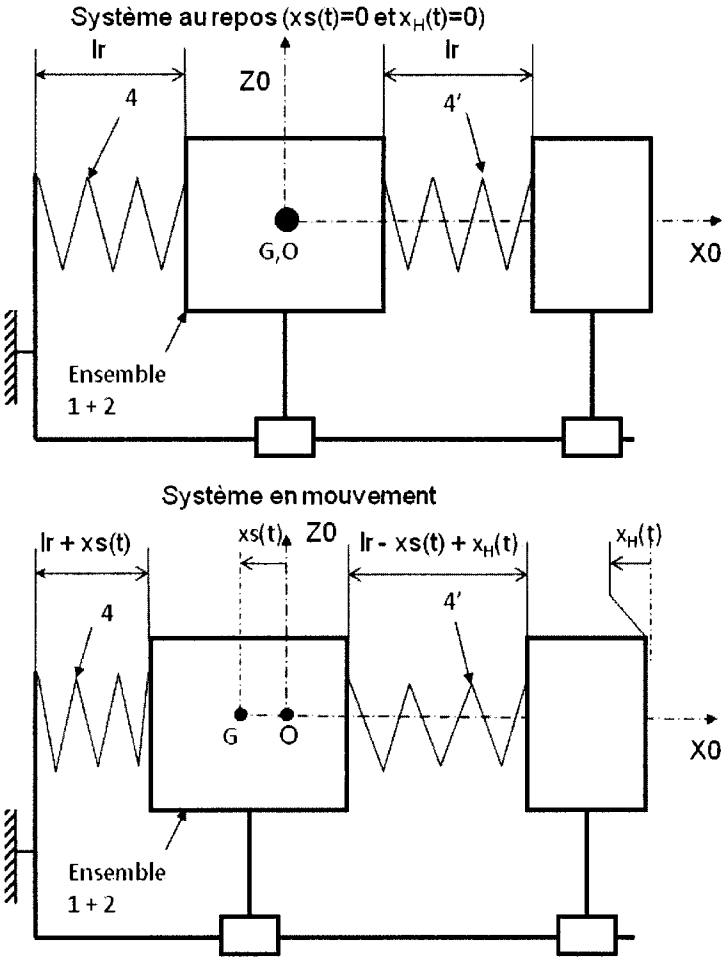


Figure 7 : *schéma du système*

Hypothèses :

- Les liaisons glissières sont supposées imparfaites avec un frottement visqueux de coefficient f ($Ns.m^{-1}$) qui s'oppose au déplacement.
- xs(t) correspond à l'abscisse de la position du centre de gravité (G) de l'ensemble 1+2 suivant la direction $\overrightarrow{X0}$
- $x_H(t)$.correspond à l'abscisse de l'extrémité de la bielle suivant la direction $\overrightarrow{X0}$ (commande).
- Chaque ressort a une raideur de k = 1345 $N.mm^{-1}$ et une longueur à vide l_0 = 550 mm.
- Les 2 ressorts sont montés précontraints, la longueur au repos (lorsque $x_H(t) = 0$ et xs(t) = 0) est de lr = 456 mm.

Question 9 : *Sans expliciter les composantes, Faire le bilan des actions agissant sur l'ensemble 1+2.*

Extrait gratuit de document, le document original comporte 25 pages.

Question 10 : *Donner l'expression littérales des résultantes des actions* $\overrightarrow{F_{4/(1+2)}}$ *et* $\overrightarrow{F_{4'/(1+2)}}$ *en projection sur* $\overrightarrow{X_0}$ *en fonction de* $x_H(t)$, $xs(t)$, k, lo, lr

Question 11 : *En appliquant le principe fondamental de la dynamique, donner la relation entre* $x_H(t)$, $xs(t)$, f, k, Mc *et leurs dérivées.*

Notation : la variable de Laplace est notée p. Les signaux temporels sont notés en minuscule (par exemple : s(t)) et leurs transformées de Laplace sont notées en majuscule (par exemple : S(p)).

Question 12 : *En supposant toutes les conditions initiales nulles, donner l'expression littérale de la fonction de transfert du système :* $G(p) = Xs(p)/XH(p)$.

Etude de la commande du système

A. Modélisation du système en vue de sa commande

La décocheuse industrielle est un système complexe, en particulier parce que la masse mise en mouvement n'est pas constante. Le mouvement est assuré par un moteur asynchrone piloté par un variateur électronique. Avec ce type de commande, la fréquence de rotation de l'arbre moteur n est directement proportionnelle à la tension de commande appliquée au niveau du variateur u_{com} (en V). Ce coefficient de proportionnalité est noté K_n . Lorsque u_{com} vaut 10 V, le moteur tourne à 1500 tr/min.

Un capteur de position placé sur la caisse délivre une tension (notée u_{mesure}) proportionnelle à la position horizontale de la caisse (notée xs(t)). Ce coefficient de proportionnalité est noté k_x avec k_x = 200 mV/mm.

Le bloc décrivant la relation entre le déplacement de l'extrémité de la bielle (repère 7 de la figure 6) suivant la direction $\vec{X}0$ et la fréquence de rotation de l'arbre moteur est un bloc non-linéaire noté NL0. L'étude du bloc NL0 n'est pas traitée ici.

La position de l'ensemble caisse + carter suivant la direction $\vec{X}0$ est liée au déplacement de l'extrémité de cette bielle suivant la direction $\vec{X}0$par la fonction de transfert G(p).

La structure du schéma complet de l'asservissement mis en place est présenté au début de l'annexe 1.

Question 13 : *Compléter le schéma bloc sur le document réponse DR1.*

Extrait gratuit de document, le document original comporte 25 pages.