

**Brevet de Technicien Supérieur**

**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

**Session 2009**

**EPREUVE E 4**

**Analyse fonctionnelle et Structurelle**

**Questionnaire**

Ce dossier contient les documents **Q 1 à Q 7**

**Remarque importante : les questions indépendantes sont soulignées.**

**Exemple :** Q 1.2

Suite à une AMDEC réalisée par le service maintenance de Yoplait concernant les broches de vissages, les trois principaux problèmes rencontrés sont :

- Lors de la saisie d'un bouchon par la pince, ce dernier peut être marqué ( Serrage trop important ) ou à l'inverse, le couple de vissage du bouchon sur la bouteille ne peut être transmis. ( Serrage trop faible )
- Le couple de vissage d'un bouchon sur une bouteille n'est pas maîtrisé. ( Ce qui entraînera des problèmes d'étanchéité sur la bouteille, ou à l'inverse, pour l'usager, une difficulté de desserrage manuel )
- Il arrive lors de la descente ou de la remontée de la tête de vissage, que la broche se bloque.

<b>1</b>	<b>COMPREHENSION DU FONCTIONNEMENT GENERAL DE LA BROCHE DE VISSAGE</b>	
	Barème : 3/20	Durée conseillée : 30 min.

L'objectif de cette première partie est de comprendre le fonctionnement de la broche.

<b>Q 1.1</b>	Documents à consulter : <b>DT5 à DT10</b>	Répondre sur <b>DR1</b>
--------------	---	-------------------------

Colorier sur **DR1**, avec le code de couleur suggéré, les classes d'équivalence ( Pièces cinématiquement liées) de la broche de vissage en phase de roue libre.

<b>Q 1.2</b>	Documents à consulter : <b>DT5 à DT10</b>	Répondre sur <b>DR1</b>
--------------	---	-------------------------

Compléter le document FAST partiel de la broche de vissage en nommant les solutions techniques ( *S<sub>221</sub>, S<sub>222</sub>, S<sub>23</sub>, S<sub>241</sub>, S<sub>212</sub> et S<sub>251</sub>* ) permettant de réaliser les fonctions techniques.

*Le service maintenance est chargé de régler la pression d'alimentation du dispositif de préhension des bouchons ( Fonction Principale **FP<sub>1</sub>** voir **DT3** )*

*⇒ Si la pression est trop élevée, le bouchon sera marqué par les picots des mâchoires **21p**.*

*⇒ Si la pression est trop faible, le bouchon risque de glisser dans les mâchoires, lors de l'application du couple de serrage*

L'étude qui suit concerne les deux étapes :

⇒ Préhension d'un bouchon par serrage des mâchoires de la pince ( Question 2 )

⇒ Création d'un mouvement de rotation du bouchon par rapport au goulot de la bouteille et l'application d'un couple de serrage maximal en fin de vissage du bouchon ( Question 3 )

**Remarque:** pratiquement, le Service Qualité vérifie que le couple de desserrage du bouchon doit être compatible avec une bonne étanchéité et permettre aux consommateurs de tous âges d'ouvrir la bouteille.

La première étape impose l'alimentation sous pression du raccord pneumatique tournant **48b**.

La seconde étape implique l'alimentation du vérin Bosch Rexroth **32b**, d'alésage  $\varnothing$  32 mm (tige  $\varnothing$  12 mm, course 125 mm ) à une pression à calculer afin d'obtenir un couple de serrage minimum tout en assurant une parfaite étanchéité de la bouteille.

<b>2</b>	<b>DETERMINER LA PRESSION D'ALIMENTATION DE LA PINCE PERMETTANT UNE PREHENSION ET UN SERRAGE CORRECTS DU BOUCHON.</b>	
	Barème : 5/20	Durée conseillée : 50 min.

**Donnée de base :**

\* Il a été vérifié expérimentalement que pour ne pas voir le bouchon marqué par les picots des mâchoires **21p** et pour éviter le glissement de celui-ci lors de l'opération de vissage, l'effort maximum de préhension d'un bouchon par une des mâchoires ne devra pas excéder **70 N**

**Hypothèses :**

- \* L'étude est ramenée à un problème plan correspondant au plan de symétrie d'un des trois ensembles levier-mâchoire **16p-21p**
- \* L'action du ressort de rappel **23p** sera négligée comparée aux autres efforts
- \* Les poids et l'inertie des pièces seront négligés
- \* L'articulation entre le levier **16p** et le corps de pince **14p** sera considérée comme parfaite
- \* Le contact poussoir **03p**– levier **16p** induit un facteur de frottement  $f = \tan \varphi_1 = 0,1$
- \* L'étude se situe juste avant le contact mâchoires **21p** et la rondelle **20p**
- \* La résultante de l'action de la mâchoire sur le bouchon sera supposée appliquée au point **B**, milieu de la zone de contact et de direction horizontale ( Voir **DR2** ).
- \* On admettra une perte de **15%** de l'effort fourni par le vérin qui résulte de sa mise en pression (compte tenu des frottements liés aux éléments d'étanchéité et à la bague de guidage)

**Remarque :** pour les questions suivantes, préciser quel(s) isolement(s) vous effectuez et quel(s) principe(s) ou théorème(s) vous utilisez.

<b>Q 2.1</b>	Documents à consulter : <b>DT4 et DT7</b>	Répondre sur <b>DR2 et feuille de copie</b>
--------------	---	---

A l'aide du document **DR2** figure 1, déterminer graphiquement les efforts appliqués à l'ensemble **16p-21p**. Définir la composante sur  $\vec{z}$  de l'action mécanique en A, notée  $\overrightarrow{A_{z\ 03p/16p}}$

<b>Q 2.2</b>	Documents à consulter : <b>DT4 et DT7</b>	Répondre sur <b>DR2 et feuille de copie</b>
--------------	---	---

Représenter sur la figure 2 l'effort  $\overrightarrow{A_{16p/03p}}$  ( échelle libre ).  
Déterminer la composante axiale, notée  $F_z$ , de la résultante des actions des trois leviers sur le poussoir.  
Tracer  $\overrightarrow{F_z}$  sur la figure 2 ( échelle libre ).

<b>Q 2.3</b>	Documents à consulter : <b>DT4 et DT7</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	---	--------------------------------------

Le ressort de compression **12p** crée sur le poussoir **03p** un effort à déterminer. Ce ressort est monté légèrement comprimé. Les caractéristiques de **12p** sont les suivantes:

- \* Longueur libre : **30 mm**
- \* Raideur du ressort :  $k = 2,5 \text{ N/mm}$
- \* Rappel de la relation liant effort  $F$  ( en **N** ) et déformation  $\Delta l$  ( en **mm** ) d'un ressort de compression :  $F = k \cdot \Delta l$  Le document **DT4** ou **DT7** permettra de définir la longueur de **12p** en configuration serrage.

A l'aide de ces données, déterminer dans un premier temps, la déformation initiale  $\Delta_{pr}$  du ressort **12p**, ainsi que la course  $\Delta_c$  du poussoir **03p**. En déduire la norme de l'action, notée  $\overrightarrow{F_{12p/03p}}$ , exercée par le ressort **12p** sur le poussoir **03p** lorsque le serrage du bouchon est réalisé.

<b>Q 2.4</b>	Documents à consulter : <b>DT4 et DT7</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	---	--------------------------------------

Déterminer la norme de l'effort  $\vec{R}_z = \vec{F}_z + \vec{F}_{12p/03p}$  que devra exercer le piston **03p**.

<b>Q 2.5</b>	Documents à consulter : <b>DT4 et DT7</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	---	--------------------------------------

Dans l'hypothèse où la résultante axiale  $\vec{R}_z = \vec{F}_z + \vec{F}_{12p/03p}$  des actions des trois leviers **16p** et de l'action du ressort **12p** sur le poussoir **03p** a pour norme **400 N**, déterminer la valeur de réglage de la pression d'alimentation de la pince notée  $p_1$ .

*Le service maintenance est chargé de régler la pression d'alimentation du dispositif de serrage des bouchons ( Fonction Principale **FP<sub>2</sub>** voir **DT3** )*

*⇒ Si la pression est trop élevée, les bouteilles ne pourront être ouvertes par des consommateurs de tous âges.*

*⇒ Si la pression est trop faible, l'étanchéité des bouteilles n'est pas assurée*

<b>3</b>	<b>DEFINIR LA PRESSION D'ALIMENTATION DU VERIN BOSCH REXROTH 32B</b>	
	Barème : 4/20	Durée conseillée : 1h.

Le Service Qualité impose au Service Maintenance de régler la machine afin d'obtenir un couple de serrage  $C_s$  moyen de **0,7 N.m**.

**Hypothèses:**

- \* Le poids des pièces ainsi que les effets d'inertie sont négligés.
- \* Les liaisons pivots sont supposées parfaites.
- \* En première approche, on considérera que les valeurs des couples de serrage, desserrage sont très proches.
- \* On admettra une perte de **10%** de l'effort créé par le piston du vérin **32b** résultant du frottement des joints d'étanchéité et dans le guidage.
- \* Les rendements de l'engrenage conique et du système pignon **58b** - crémaillère **67b** seront supposés égaux à 1.

**Remarques :** pour les questions suivantes :

- préciser quel(s) isolement(s) et / ou quel(s) principe(s) et théorème(s) vous utilisez. Représenter et repérer sur les schémas de la chaîne cinématique du document **DR3**, en respectant les consignes données dans l'encadré, les couples ou moments et les efforts demandés. ( Sans préoccupation d'échelle )

<b>Q 3.1</b>	Documents à consulter : <b>DT5 à DT10</b>	Répondre sur <b>DR3 et feuille de copie</b>
--------------	---	---

Représenter sur le schéma dans le plan  $(\vec{y}, \vec{z})$ , le couple noté  $\vec{C}_{b/p}$  résultant de l'action de la bouteille sur la pince. Donner sous forme littérale la relation liant les normes de  $\vec{C}_{b/p}$  et de  $\vec{C}_s$ .

<b>Q 3.2</b>	Documents à consulter : <b>DT5 à DT10</b>	Répondre sur <b>DR3 et feuille de copie</b>
--------------	---	---

Représenter sur le schéma, dans le plan  $(\vec{y}, \vec{z})$ , le couple noté  $\vec{C}_1$  résultant de l'action de la roue conique **57b** sur le pignon **46b**. Donner sous forme littérale la relation liant les normes de  $\vec{C}_{b/p}$  et de  $\vec{C}_1$ .

<b>Q 3.3</b>	Documents à consulter : <b>DT5 à DT10</b>	Répondre sur <b>DR3 et feuille de copie</b>
--------------	---	---

Représenter sur les schémas dans les plans  $(\vec{y}, \vec{z})$  et  $(\vec{z}, \vec{x})$ , le couple noté  $\vec{C}_2$  résultant de l'action du pignon conique **46b** sur la roue associée **57b**. Donner sous forme littérale la relation liant les normes de  $\vec{C}_2$  et de  $\vec{C}_1$ . Déterminer numériquement la valeur de  $C_2$ .

<b>Q 3.4</b>	Documents à consulter : <b>DT5 à DT10</b>	Répondre sur <b>DR3 et feuille de copie</b>
--------------	---	---

Représenter sur les schémas dans les plans  $(\vec{y}, \vec{z})$  et  $(\vec{z}, \vec{x})$  l'action mécanique tangentielle notée  $\vec{T}_{67b/58b}$  de la crémaillère **67b** sur le pignon **58b** supposée appliquée au point **T** milieu de la largeur de denture.

<b>Q 3.5</b>	Documents à consulter : <b>DT5 à DT10</b>	Répondre sur <b>DR3 et feuille de copie</b>
--------------	---	---

Représenter sur le schéma dans le plan  $(\vec{z}, \vec{x})$  l'action mutuelle du pignon **58b** sur la crémaillère **67b**, notée  $\vec{T}_{58b/67b}$ , supposée appliquée au point **T** ainsi que la résultante des actions de pression de l'air, notée  $\vec{R}_p$ , sur le piston du vérin **32b**.

<b>Q 3.6</b>	Documents à consulter : <b>DT5 à DT10</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	---	--------------------------------------

Déterminer le diamètre primitif du pignon **58b**. (RAPPEL :  $D_{\text{primitif}} = \text{module} \times N_b \text{ dents}$ )  
Exprimer la norme de  $\vec{T}_{58b/67b}$  en fonction du couple de serrage désiré  $C_s$  sous forme littérale puis effectuer l'application numérique.

<b>Q 3.7</b>	Documents à consulter : <b>DT5 à DT10</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	---	--------------------------------------

On intègre maintenant le rendement de l'engrenage conique noté  $\eta_1$ , qui sera supposé égal à **0,75**, ainsi que celui du système pignon **58b** et de la crémaillère **67b** noté  $\eta_2$  ayant pour valeur **0,8**.

On appelle  $\vec{T}_{\text{réel}58b/67b}$  l'action du pignon **58b** sur la crémaillère **67b** intégrant les rendements de l'engrenage conique et du système pignon crémaillère de cette chaîne cinématique. Donner sous forme littérale la relation donnant  $\vec{T}_{\text{réel}58b/67b}$  en fonction de  $\vec{T}_{58b/67b}$ ,  $\eta_1$  et  $\eta_2$  puis calculer sa valeur.

<b>Q 3.8</b>	Documents à consulter : <b>DT5 à DT10</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	---	--------------------------------------

Quel que soit le résultat obtenu à la question précédente, la composante axiale ( parallèle à l'axe  $\vec{z}$  ) de l'action du pignon **58b** sur la crémaillère **67b** notée  $\vec{T}_{\text{réel}58b/67b}$  sera supposée de **185 N**.

Déterminer la valeur d'ajustement de la pression d'alimentation, notée  $p_{\text{alim}}$ , du vérin **32b**.

Dans le mouvement de translation rectiligne verticale d'axe  $z$  de la broche, le Service Maintenance a constaté une usure anormale sur les portées des coussinets **16b** avec le fourreau **4b**. D'autre part, lors de l'opération de changement des coussinets, ce mouvement effectué manuellement fait apparaître une tendance au coincement.

<b>4</b>	RECHERCHE DE L'ORIGINE DU PROBLEME DE COINCEMENT DE LA BROCHE LORS DE SON DEPLACEMENT VERTICAL	
	Barème : 4/20	Durée conseillée : 1h 10 min.

Les liaisons de l'ensemble fourreau **04b** avec le corps de coulisse **19b** d'une part, et de la colonne de coulisse **17b** avec le corps de coulisse **01b** d'autre part, sont des liaisons encastrement.

<b>Q 4.1</b>	Documents à consulter : <b>DT8</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	------------------------------------	--------------------------------------

Expliquer comment est réalisée techniquement la liaison encastrement entre l'ensemble fourreau **04b** et le corps de coulisse **19b**.

De même, détailler l'agencement de la liaison encastrement entre la colonne de coulisse **17b** et le corps de coulisse **01b**.

<b>Q 4.2</b>	Documents à consulter : <b>DT8</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	------------------------------------	--------------------------------------

Donner le nom de la liaison réalisée entre le fourreau **04b** et le corps de broche **01b**. Préciser son orientation.

<b>Q 4.3</b>	Documents à consulter : <b>DT8</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	------------------------------------	--------------------------------------

Définir le type de liaison entre le corps de coulisse **19b** et la colonne de coulisse **17b**. Préciser son orientation. A cet effet, il sera utile de comparer le diamètre de la colonne de coulisse **17b** à la longueur de guidage de la douille à billes **23b**.

<b>Q 4.4</b>	Documents à consulter : <b>DT8</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	------------------------------------	--------------------------------------

Construire le schéma cinématique spatial entre le corps de broche **01b** et le corps de coulisse **19b**. Penser à tracer un repère de référence.

<b>Q 4.5</b>	Documents à consulter : <b>DT8</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	------------------------------------	--------------------------------------

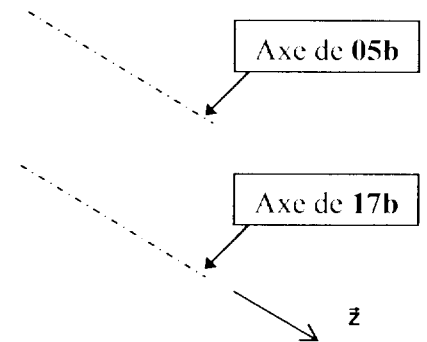
En déduire la liaison élémentaire usuelle équivalente réalisée entre la classe d'équivalence liée au fourreau **04b** et la classe d'équivalence liée au corps de broche **01b**.

<b>Q 4.6</b>	Documents à consulter : <b>DT8</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	------------------------------------	--------------------------------------

Montrez, par une méthode laissée à votre initiative, que ce guidage est hyperstatique d'ordre 3.

<b>Q 4.7</b>	Documents à consulter : <b>DT8</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	------------------------------------	--------------------------------------

Quelles contraintes géométriques, d'orientation et de position liées aux axes des liaisons, permettraient cependant un fonctionnement correct malgré cet hyperstatisme ? ( C'est à dire, comment peut-on rendre compatible ce guidage ?)



<b>Q 4.8</b>	Documents à consulter : <b>DT8</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------------	------------------------------------	--------------------------------------

En gardant la structure analysée à la question 4.2 entre le fourreau **04b** et le corps de broche **01b**, quelle solution rendrait la liaison équivalente isostatique en modifiant la nature de la liaison réalisée entre la colonne de coulisse **17b** et le corps de coulisse **19b**?

Tracer le schéma cinématique spatial de cette liaison entre la colonne de coulisse **17b** et le corps de coulisse **19b**, et préciser son orientation.

<b>5</b>	MODIFICATION DE LA SOLUTION DE GUIDAGE DE LA BROCHE POUR PALLIER LE COINCEMENT	
	Barème : 4/20	Durée conseillée : 1 h 15 min

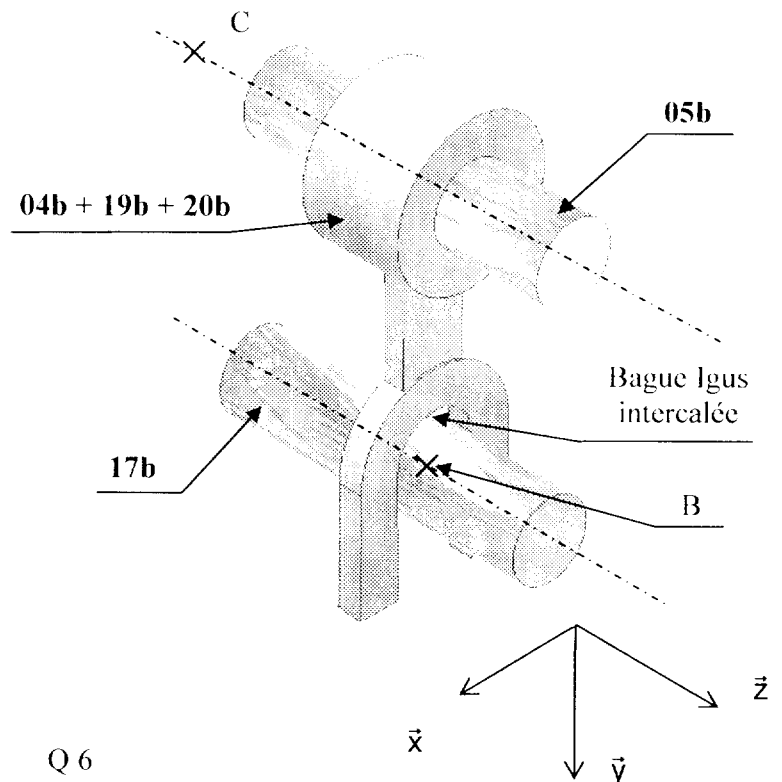
Pour des raisons économiques, le Service Maintenance souhaite conserver la solution de guidage par coussinets entre le fourreau **04b** et le corps de broche **01b**.

D'autre part le choix d'une douille à billes **23b** ne se justifie pas compte tenu des conditions d'utilisation.

( atmosphère environnante, température )

Le service Maintenance opte pour remplacer celle-ci par une bague de guidage, mieux adaptée aux conditions de fonctionnement présentes (voir **DT11**).

La colonne de coulisse **17b** reste inchangée.



Q 6

<b>Q 5.1</b>	Documents à consulter : <b>DT8 et DT11</b>	Répondre sur <b>DR4</b>
--------------	--	-------------------------

Donner les références de la bague retenue pour la modification de solution.

<b>Q 5.2</b>	Documents à consulter : <b>DT8 et DT11</b>	Répondre sur <b>DR4</b>
--------------	--	-------------------------

Il vous est demandé :

- De modifier sur le document **DR4** la solution existante afin de rendre la liaison équivalente isostatique. Tout changement des formes du corps de coulisse **19b** est admis ; son ébauche est donnée en perspective.
- De tracer en rouge sur la perspective la modification de forme apportée à la pièce **19b**,
- De compléter le dessin de définition de la pièce **19b** (Ne pas représenter les détails cachés), et d'indiquer, sans les chiffrer, les cotes fonctionnelles,
- De mettre en évidence sur les coupes A-A et B-B du dessin de définition, les surfaces fonctionnelles par coloriage en rouge.