

SESSION 2006

**BTS ERO****SCIENCES PHYSIQUES****Temps alloué : 2 heures****Coefficient : 2**

La calculatrice (conforme à la circulaire N° 99-186 du 16-11-99) est autorisée.

Il est rappelé aux candidats que la qualité et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

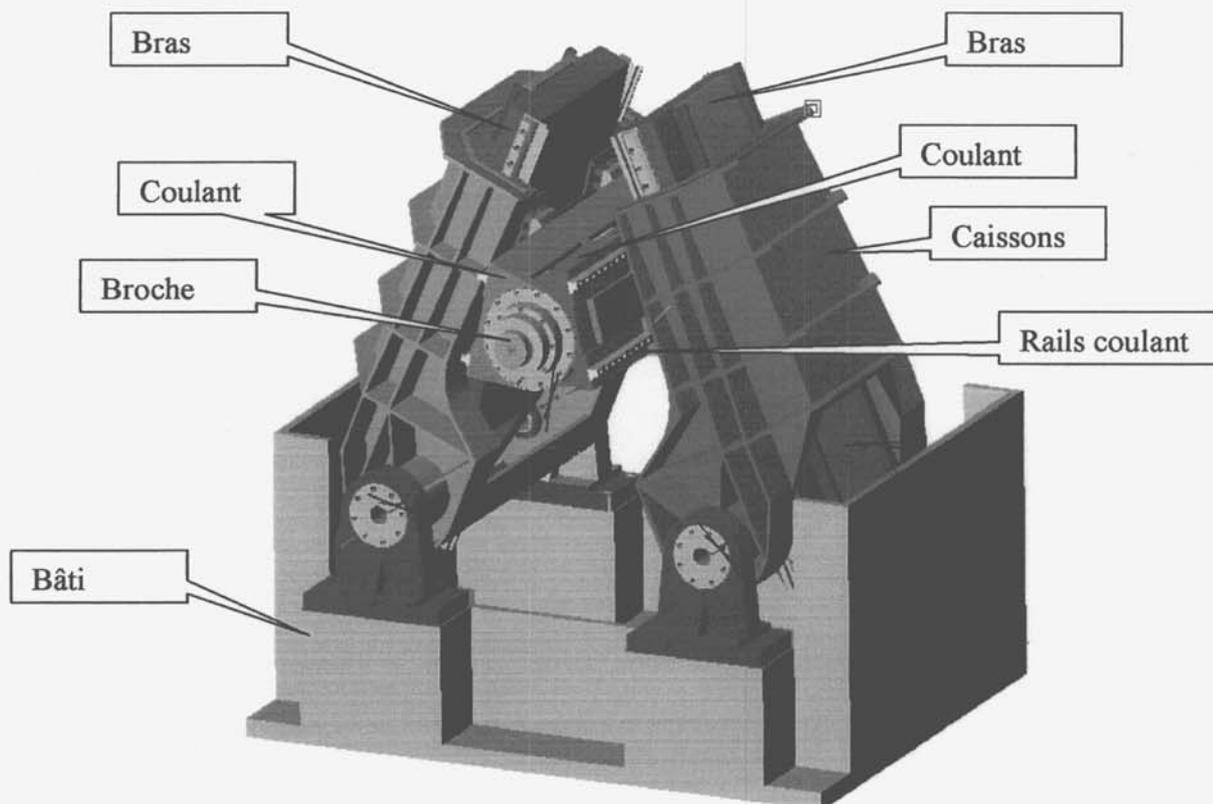
Tout calcul numérique devra être précédé d'un calcul littéral accompagné d'une phrase d'explication.

Ce sujet comporte 6 pages.  
La page 6 est à rendre avec la copie.

### Les machines à usinage à grande vitesse

L'usinage et le travail « grande vitesse » (UGV) représentent un enjeu économique important pour les industries. Depuis quelques années, on assiste au développement des machines ayant une nouvelle architecture plus rigide.

On peut citer en exemple une machine à structure parallèle issue d'un brevet déposé par la société Process Conception Ingénierie en 1999.



Les principales pièces constituant la machine sont :

- Deux caissons guidés en rotation par rapport au bâti. Ils assurent le guidage en translation des deux bras.
- Une broche tournant dans un coulant. Le coulant (support de la broche) est constitué de deux parties. Il est fixé au deux bras.

## A. Mécanique des fluides. (9 points)

On se propose d'étudier le système d'équilibrage permettant de compenser le poids du coulant et des bras. Il se compose de deux vérins identiques, chacun étant relié par une conduite de liaison à un accumulateur à membrane. L'étude porte sur un seul vérin dont la tige est ancrée sur un bras. Le système est modélisé par le schéma représenté en figure 1.

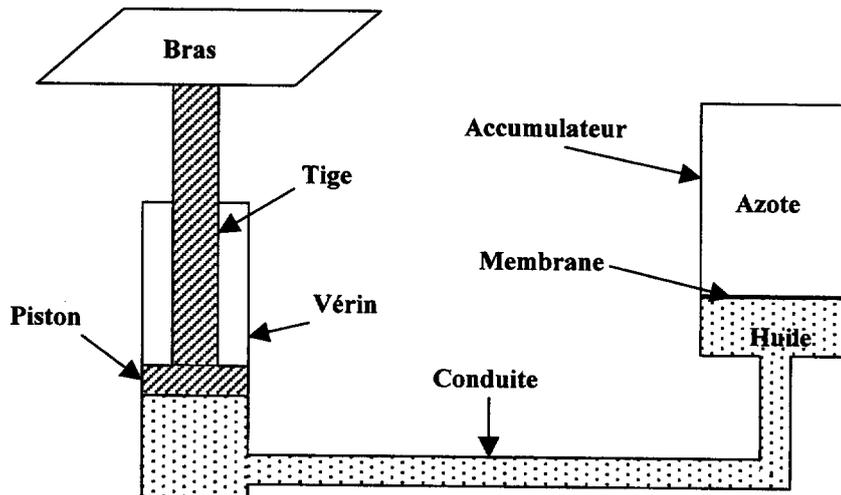


figure 1 : système d'équilibrage

### Données :

- Masse de l'ensemble « bras + tige + piston » :  $M = 320 \text{ kg}$ .
- Accélération de pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ .
- Diamètre du piston :  $D_1 = 40 \text{ mm}$ .
- Masse volumique de l'huile :  $\rho = 870 \text{ kg.m}^{-3}$ .

### **I. Étude statique**

1. Calculer l'intensité  $F_1$  de la force exercée par l'ensemble « bras + tige + piston » sur l'huile.
2. Calculer la valeur de la pression  $p_1$  du piston sur l'huile.

### **II. Étude dynamique**

On étudie l'écoulement de l'huile entre le vérin et l'accumulateur. L'accumulateur est un réservoir comportant une membrane séparant un volume d'azote et d'huile.

Lorsque le piston du vérin descend, l'huile chassée de la chambre du vérin remplit l'accumulateur. Lorsque le piston du vérin remonte, l'huile est expulsée de l'accumulateur et retourne au vérin.

On suppose que l'huile est un fluide incompressible.

On néglige l'influence de la pesanteur sur l'écoulement. Le problème est alors ramené au modèle unidimensionnel donné en figure 2.

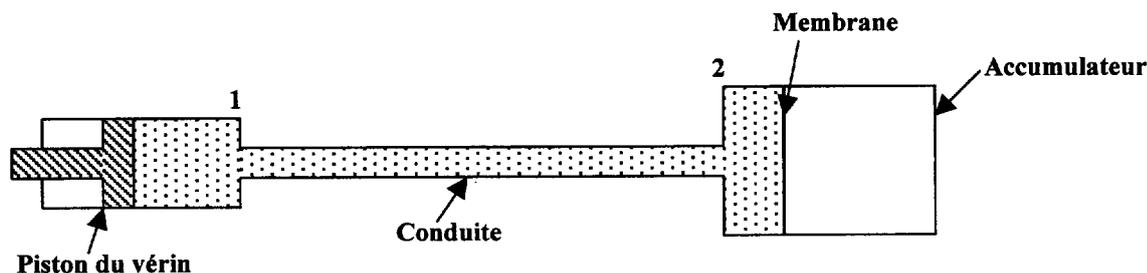


figure 2 : modèle à une dimension

Données :

- Diamètre du piston du vérin :  $D_1 = 40$  mm.
- Rayon de la conduite :  $R = 12$  mm.
- Section de la membrane :  $S_2 = 0,031$  m<sup>2</sup>.

Dans la chambre du vérin, les grandeurs pression et vitesse d'écoulement sont notées respectivement  $p_1$  et  $v_1$ . On note  $S_1$  la section du piston.

Dans la conduite, la vitesse d'écoulement est notée  $v$ . On note  $S$  la section de la conduite.

Dans l'accumulateur (avant la membrane), les grandeurs pression et vitesse d'écoulement sont notées respectivement  $p_2$  et  $v_2$ .

1. Le régime de l'écoulement est permanent.

1.1. Ecrire la conservation du débit volumique aux points 1 et 2 (figure 2).

1.2. Exprimer la vitesse d'écoulement  $v_2$  en fonction de  $v_1$ ,  $S_1$ , et  $S_2$ .

Calculer sa valeur si  $v_1 = 2,0$  m.s<sup>-1</sup>.

2. On se place dans l'hypothèse d'un fluide incompressible **parfait** (non visqueux).

2.1. Rappeler le théorème de Bernoulli exprimé en termes homogènes à une pression.

2.2. Appliquer le théorème de Bernoulli entre les points 1 et 2 (figure 2).

2.3. Simplifier l'expression précédente en indiquant clairement l'hypothèse utilisée.

2.4. Montrer alors que la pression  $p_2$  vérifie la relation :

$$p_2 = p_1 + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2).$$

2.5. Calculer la valeur numérique de  $p_2$  si  $v_2 = 0,081$  m.s<sup>-1</sup> et  $p_1 = 25,00$  bar. Commenter la valeur obtenue.

3. En réalité, l'huile est un fluide visqueux.

3.1. Quelle est la conséquence principale de la viscosité sur l'écoulement de l'huile dans la conduite ?

3.2. Le nombre de Reynolds  $R_e$  vérifie :  $R_e = \frac{2.R.v.\rho}{\mu}$

$v$  : vitesse d'écoulement dans la conduite,

$R$  : rayon de la conduite,

$\rho$  : masse volumique du fluide,

$\mu$  : viscosité dynamique du fluide.

Calculer le nombre de Reynolds dans le cas où le fluide est de l'huile s'écoulant dans la conduite à la vitesse  $v = 5,53 \text{ m.s}^{-1}$ .

L'écoulement est-il laminaire ( $Re < 2300$ ) ou turbulent ( $Re > 2300$ ) ?

Données :

- Masse volumique de l'huile :  $\rho = 870 \text{ kg.m}^{-3}$ .

- Viscosité dynamique de l'huile :  $\mu = 0,08 \text{ Pa.s}$

## **B. Chimie. (7 points)**

Les joints assurant l'étanchéité entre les deux chambres du vérin sont en polyisoprène.

Le polyisoprène est un élastomère, un polymère à l'état caoutchoutique à température ambiante.

Le polyisoprène peut-être obtenu soit par synthèse à partir du monomère, soit à partir d'une ressource naturelle, l'*hévéa* (arbre à caoutchouc).

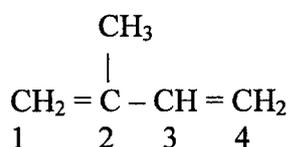
1. Définir les termes : monomère et polymère.

2. On distingue deux types de polymères : ceux obtenus par réaction de polyaddition et ceux obtenus par polycondensation.

2.1. Quelle est la différence entre ces deux types de polymérisation dans le bilan de la réaction ?

2.2. Pour chacune de ces deux familles, citer un polymère.

3. Le polyisoprène est obtenu à partir de la molécule d'isoprène (2-méthyl-1,3-butadiène).



**figure 3 : molécule d'isoprène**

3.1. Ecrire l'équation de la réaction de polymérisation dans le cas où seule la double liaison entre les carbones 1 et 2 (figure 3) réagit.

3.2. Calculer la masse molaire d'une molécule d'isoprène.

Données :

- masse molaire du carbone  $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$ ,

- masse molaire de l'hydrogène  $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$ .

3.3. Calculer la valeur de l'indice de polymérisation  $n$  sachant que la masse molaire du polymère obtenu est de  $1000 \text{ kg.mol}^{-1}$ .

3.4. Le polyisoprène naturel qui coule de l'arbre est un liquide blanc. Les industriels ajoutent souvent du soufre au polymère naturel, pour relier entre elles les chaînes de polymères (figure 4). Ce procédé s'appelle la vulcanisation. Quel est l'intérêt pour les propriétés physiques du polymère de le vulcaniser ?

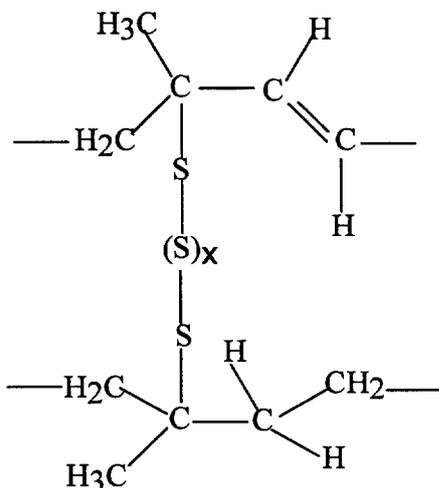


figure 4 : motif du polyisoprène vulcanisé

### C. Électricité. (4 points)

La broche est entraînée en rotation par un moteur asynchrone triphasé tétrapolaire. Elle tourne à la vitesse de  $30000 \text{ tr.min}^{-1}$ . Le moteur asynchrone entraîne la broche par l'intermédiaire d'un multiplicateur de vitesse.

La plaque signalétique du moteur fournit les indications suivantes :

Tension aux bornes d'un enroulement :  $400\text{V}$

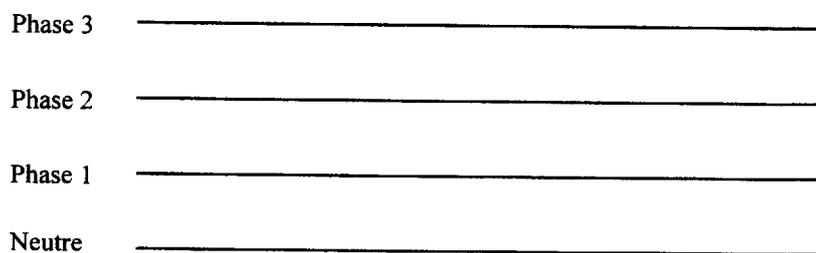
Vitesse de rotation :  $1485 \text{ tr.min}^{-1}$

Le moteur est alimenté par un réseau triphasé ( $400 \text{ V} / 690 \text{ V} ; 50 \text{ Hz}$ )

1. Compléter le document réponse en y représentant le schéma du couplage du moteur sur le réseau.
2. Déterminer la vitesse de synchronisme  $n_s$ . En déduire le glissement  $g$  du moteur en fonctionnement nominal.
3. Calculer le rapport de transmission  $k$  du multiplicateur de vitesse (rapport de la vitesse de sortie sur la vitesse d'entrée).
4. Citer un convertisseur statique permettant de faire varier la vitesse du moteur.

**DOCUMENT RÉPONSE**  
**À RENDRE AVEC LA COPIE**

Réseau  
400V / 690V



Stator

