



MINISTÈRE
DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES
ET DE L'EMPLOI

MINISTÈRE
DU BUDGET, DES COMPTES PUBLICS
ET DE LA FONCTION PUBLIQUE

CONCOURS EXTERNE DE RECRUTEMENT

DE TECHNICIENS DE LABORATOIRE
DES ECOLES NATIONALES DES MINES

SESSION 2007

ÉPREUVE ECRITE D'ADMISSIBILITE DU 11 SEPTEMBRE 2007

***MESURES PHYSIQUES
ET INSTRUMENTATION***

(Durée : 2 heures - Coefficient : 2)

SI UN CANDIDAT EST AMENE A REPERER CE QUI PEUT LUI SEMBLER ETRE UNE ERREUR D'ENONCE, IL LE SIGNALERA SUR SA COPIE ET DEVRA POURSUIVRE SA COMPOSITION EN EXPLIQUANT LES RAISONS DES INITIATIVES QU'IL A ETE AMENE A PRENDRE

TOUTE NOTE INFERIEURE A 8 SUR 20 EST ELIMINATOIRE

Exercice 1

On considère deux fûts contenant exclusivement :

- ✓ l'un de l'eau ;
- ✓ l'autre de l'alcool ;

en volume égal.

On réalise la séquence d'opérations suivantes :

- 1) on plonge un verre dans le fût contenant de l'eau et on retire un verre d'eau complètement rempli ;
- 2) on verse le contenu du verre dans le fût contenant l'alcool ;
- 3) on mélange le contenu de ce dernier fût ;
- 4) on plonge le même verre dans ce fût et on en retire un verre du mélange complètement rempli ;
- 5) on verse le contenu du verre dans le fût contenant l'eau ;

en conséquence de quoi :

- a) chaque fût contient la même quantité de liquide qu'au départ ;
- b) il y a un peu d'eau dans l'alcool ;
- c) il y a un peu d'alcool dans l'eau.

Quelle est la concentration d'eau dans le fût contenant principalement de l'alcool en comparaison avec la concentration d'alcool dans le fût contenant principalement de l'eau ?

Exercice 2

On considère la mesure de température avec un thermocouple.

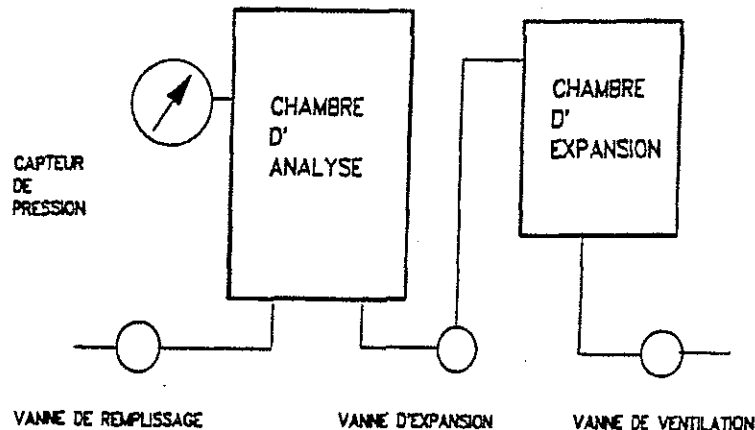
1. Quel est le principe d'un thermocouple pour mesurer une température ?
En faire un schéma simplifié.
2. Un couple fer-constantan indique 620°C avec une température ambiante de 22°C . Avec la table approximative ci-dessous, donnant la f.e.m. avec une compensation de soudure froide à 0°C , qui est fournie par le fabricant, donner une estimation de la température réelle.

200°C	400°C	600°C	800°C
10 mV	22 mV	33 mV	45 mV

Exercice 3

On se propose de mesurer la masse volumique d'échantillons solides et secs avec un pycnomètre à hélium.

Cet appareil est décrit dans la figure ci-dessous et comprend :



- ✓ une chambre d'analyse de volume V_A ;
- ✓ une chambre d'expansion de volume V_E ;
- ✓ trois vannes de volume négligeable :
 - une vanne de remplissage V_R permettant la pressurisation de la chambre d'expansion ;
 - une vanne d'expansion V_X permettant de faire communiquer les deux chambres ;
 - une vanne de ventilation V_V permettant de mettre à la pression atmosphérique la chambre d'expansion ;
- ✓ un capteur de pression permettant de mesurer la pression P dans la chambre de mesure.

Après avoir introduit l'échantillon de volume V_S dans la chambre d'analyse, la mesure se réalise en deux phases :

1. une phase de saturation en hélium des chambres en procédant à des purges répétées (mise en pression puis mise à la pression atmosphérique) afin d'éliminer l'air résiduel, la vapeur d'eau et de saturer la porosité de l'échantillon ;
2. une phase de mesure en quatre étapes :
 - 2.1. isolation du dispositif (V_R fermée, V_X ouverte et V_V fermée) et mesure de la pression de référence P_0 ;
 - 2.2. isolation des deux chambres (V_R , V_X et V_V fermées) ;
 - 2.3. mise en pression de la chambre d'analyse (V_R ouverte puis fermée) et mesure de la pression initiale P_1 ;

2.4. mise en communication des deux chambres (V_X ouverte) et mesure de la pression finale P_2 .

Chaque mesure de pression est effectuée après stabilisation de la pression qui est considérée réalisée si la variation de la pression est inférieure à 0,05 kPa/minute. Les mesures sont réalisées en conditions isothermes et donc la température d'analyse T_A sera considérée constante.

On considère l'hélium comme un gaz parfait. On rappelle que la constante R est de 8,32 et que la température du zéro de l'échelle de Celsius correspond à 273,15 ° Kelvin.

Question 1

En exprimant la conservation de la masse de gaz dans les chambres d'analyse et d'expansion pendant la phase de mesure, déterminer l'expression du volume de l'échantillon V_S en fonction de V_A , V_E , P_1 , P_2 et P_0 .

Soit M la masse de l'échantillon, donner l'expression de sa masse volumique en fonction des mêmes variables et de M .

Question 2

Si P_0 est égal à la pression atmosphérique, montrer qu'il est possible d'utiliser les pressions relatives p_1 et p_2 au lieu des pressions absolues P_1 et P_2 . Donner la nouvelle expression de V_S en fonction de V_A , V_E , p_1 et p_2 .

Ceci permet d'utiliser un capteur de pression insensible aux variations de la pression atmosphérique, mais introduit des sources d'incertitudes sur l'état initial du système. Lesquelles ?

Question 3

Une procédure de calibrage permet de déterminer les volumes des chambres d'analyse et d'expansion (V_A et V_E). Elle s'effectue en deux étapes :

1. mesure de volume sans échantillon qui donne un couple de pression p_1 et p_2 ;
2. mesure avec un volume calibré V_{CAL} qui donne le couple de pression p'_1 et p'_2 .

Déterminer les expressions des volumes V_A et V_E en fonction des valeurs de pression p_1 , p_2 , p'_1 , p'_2 et V_{CAL} .

Le volume calibré est une bille en carbure de tungstène de diamètre 18 mm. Déterminer les volumes V_A et V_E et le jeu de valeurs suivants :

$$p_1 = p'_1 = 136 \text{ kPa}$$

$$p_2 = 80 \text{ kPa}$$

$$p'_2 = 70 \text{ kPa}$$

Sachant que la précision sur le diamètre de la bille est de $0,25 \mu\text{m}$ et que les mesures de pression sont réalisées avec une précision de 10 Pa, déterminer les incertitudes sur les volumes V_A et V_E .

On se permet de rappeler que le calcul des incertitudes obéit aux principes suivants :

si δm_1 est l'incertitude sur une mesure m_1

si δm_2 est l'incertitude sur une mesure m_2

alors les incertitudes sur les opérations de m_1 et m_2 sont

$$\delta (m_1 \pm m_2) = \delta m_1 + \delta m_2$$

$$\delta (m_1 \cdot m_2) = \delta m_1 \cdot m_2 + m_1 \cdot \delta m_2$$

$$\delta (m_1/m_2) = (\delta m_1 \cdot m_2 + m_1 \cdot \delta m_2)/m_2^2$$

Question 4

Les volumes V_A et V_E issus de ce calibrage sont donc entachés d'une erreur par rapport aux volumes réels V'_A et V'_E , soit :

$$V_A = V'_A + \delta_A$$

$$V_E = V'_E + \delta_E$$

On se propose de faire une mesure d'un autre échantillon de tungstène, dont les caractéristiques seraient alors les suivantes :

V_S : volume mesuré

V'_S : volume vrai

M : masse

ρ_S : masse volumique mesurée

ρ'_S : masse volumique vraie

Donner une expression du volume vrai V'_S en fonction de son volume mesuré V_S , des volumes V_A et V_E issus du calibrage et des erreurs δ_A et δ_E .

En introduisant la masse, donner une expression de la masse volumique mesurée ρ_S en fonction de la masse volumique vraie ρ'_S et de V_A, V_E, δ_A et δ_E .

Quel constat peut-on faire ?