



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



MINISTÈRE DU BUDGET
DES COMPTES PUBLICS, DE LA FONCTION PUBLIQUE
ET DE LA RÉFORME DE L'ÉTAT

Examen professionnel pour l'accès au grade de Technicien de laboratoire de classe supérieure

Session du 14 mars 2011



Epreuve :

MESURES PHYSIQUES ET INSTRUMENTATION

(Durée : 3 heures – Coefficient : 2)



Le sujet comporte : 3 pages
(CALCULATRICE FOURNIE)



(Toute note inférieure à 8 sur 20 est éliminatoire)

REMARQUES IMPORTANTES :

- Les copies doivent être rigoureusement anonymes et ne comporter aucun signe distinctif ni signature, même fictive, sous peine de nullité.
- Le candidat s'assurera, à l'aide de la pagination, qu'il détient un sujet complet.

**EXAMEN PROFESSIONNEL POUR L'ACCES AU GRADE DE
TECHNICIEN DE LABORATOIRE DE CLASSE SUPERIEURE DES
ECOLES NATIONALES DES MINES**

Session du 14 mars 2011

SPECIALITE : MESURES PHYSIQUES ET INSTRUMENTATION

I - SPECTROMETRIE

1. Sur une échelle de longueurs d'onde allant de 10^{-14} à 1000 m, classer les différentes ondes suivantes : lumière visible, ondes radio, rayons UV, rayons IR, rayons γ .
2. Comparer qualitativement leur pouvoir énergétique, en calculant l'énergie d'un rayonnement de longueur d'onde 656,1 nm (raie rouge du spectre d'émission atomique de l'hydrogène). On donne la constante de Planck $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s.
3. En spectrométrie UV-Visible, on souhaite doser un composé A dont le spectre d'absorbance présente un maximum à 270 nm. Rappeler la loi de Beer-Lambert sur laquelle est fondé le principe de cette technique d'analyse. Quelle est la nature des cellules de mesures utilisées et pourquoi ? Expérimentalement, quelles sont les valeurs d'absorbances maximales qu'il convient de ne pas dépasser ?
4. Quel(s) équipement(s) de protection individuelle (EPI) doit/doivent être envisagé(s) pour ce type d'analyse.

II - RELATIONS ACIDE BASE

1. Donner la relation entre le pH et la concentration en protons d'une solution.
2. On donne le tableau suivant, concernant les acides et les bases définis selon Brönsted

	Couple 1	Couple 2	Couple 3	Couple 4
Forme acide	HCNO		H ₃ PO ₄	H ₂ PO ₄ ⁻
Forme basique		NO ₂ ⁻		
pK _a	3,50	3,35	2,23	7,21

- a) Compléter ce tableau en explicitant les formules de chacun des couples
- b) Pour l'un de ces couples, écrire la réaction entre l'acide et sa base conjuguée. Donner l'expression de la constante d'équilibre et définir le pK_a.
- c) Quel est le couple le plus acide ?
- d) Expliquer le caractère particulier que présente l'ion H₂PO₄⁻

III - THERMODYNAMIQUE

1. Rappeler les unités du système international pour l'expression d'une longueur, d'une masse, d'un volume, d'une pression, d'une énergie, d'une température ?

2. Rappeler l'équation d'état d'un gaz parfait et donner la valeur de sa constante (avec les unités).
3. On considère un cylindre de section S , fermé par un piston et enfermant de l'air. Initialement, le piston est à une hauteur $2 \times h$ du fond du cylindre et ce dernier contient de l'air à $400 \text{ }^\circ\text{C}$ sous une pression de 3 bars.
 - a) Quelle est l'influence de la réduction de volume sur la température du gaz ?
 - b) On réalise la réduction du volume du cylindre en prenant soin d'évacuer l'énergie dégagée par le gaz, de sorte qu'il reste à température constante. Le piston atteint alors une hauteur h par rapport au fond du cylindre. Quelle sera alors la pression dans le cylindre ?
 - c) On refroidit alors l'air jusqu'à $20 \text{ }^\circ\text{C}$, sans modifier le volume du système. Quelle sera alors la pression à l'intérieur du cylindre ?

IV - ANALYSE

- 1) Un service d'analyse fournit des résultats correspondant à 30 mesures de la teneur en mercure et 45 mesures de la teneur en fer, pour un montant total de 17 550 €. Dans la demande de devis initialement établie, le coût d'une analyse combinée mercure + fer est estimée à 450 €. Quel est le prix de chacune des analyses en mercure et en fer ?
- 2) On suppose que l'air oppose au déplacement d'un corps dans l'atmosphère une force proportionnelle à la vitesse v . On étudie la chute d'un corps de masse m dans l'atmosphère, sous la seule action de la pesanteur. La force gravitationnelle est supposée constante et égale à $m \cdot g$ où g désigne l'accélération de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). On suppose, par ailleurs, que la trajectoire est verticale.

Le principe fondamental de la dynamique permet alors d'écrire :

$$m \frac{dv(t)}{dt} + kv(t) = mg$$

On reconnaît ici une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficient constant dans laquelle le second membre est une constante. On trouve alors que la dérivée de la vitesse s'exprime de la façon suivante :

$$\frac{dv(t)}{dt} = \left(g - v_0 \frac{k}{m}\right) \cdot \exp\left(-\frac{k}{m}t\right)$$

1°) Intégrez $\frac{dv(t)}{dt}$ pour trouver l'expression de la vitesse $v(t)$ à l'instant t en fonction de la vitesse initiale v_0 .

2°) Application : un objet de masse 80 kg est lâché à 5000 m d'altitude avec une vitesse initiale nulle. La constante de résistance de l'air est $k = 16 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$. Calculez la vitesse de l'objet au bout d'une minute.

V - STATIQUE DES FLUIDES

- 1) Donner la relation entre la pression en un point A (p_A) et celle en un point B (p_B), points situés respectivement à une cote z_A et z_B par rapport à un plan horizontal arbitraire, pour un fluide homogène incompressible et immobile de masse volumique ρ_L .
- 2) On souhaite mesurer les pertes de charge (ΔP) générées par l'écoulement d'un fluide homogène incompressible dans une conduite horizontale et de section constante. Pour cela, on réalise une mesure de pression différentielle entre 2 points M_1 et M_2 de la conduite grâce à un manomètre à mercure (masse volumique ρ_{Hg}).
 - a) Proposer un schéma illustrant votre montage. On appellera respectivement A et B, les points d'interface fluide/mercure dans les branches 1 (prise de pression de M_1) et 2 (prise de pression de M_2) du manomètre à mercure. On notera Δh la hauteur manométrique de mercure dans le manomètre ($\Delta h = h_1 - h_2$).
 - b) Proposer une relation reliant les pertes de charge à la hauteur manométrique.