

**PHYSQ 261 LEC A1 - Physique de l'énergie et de l'environnement**  
**Examen partiel 2 - automne 2013**

Nom \_\_\_\_\_ **SOLUTIONS** \_\_\_\_\_

Numéro d'étudiant.e \_\_\_\_\_

**Professeur**            Marc de Montigny  
**Date**                    Jeudi, 14 novembre 2013, de 14h30 à 15h50

**Instructions**

- Ce cahier contient **7 pages**. Écrivez-y directement vos réponses.
- L'examen contient **15 points** et vaut **15%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **11 questions**. Vous pouvez obtenir une partie des points même si votre réponse finale n'est pas correcte.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire que vous aurez préparé.
- Vous pouvez utiliser le verso des pages pour vos calculs. **Je ne le corrigerai pas**, sauf si vous m'indiquez de le faire.
- Matériel permis: crayons ou stylos, calculatrices (programmables et graphiques permises). Les assistants numériques (en anglais, *PDA*s) ou autres moyens de communication sont interdits. Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.

**Si quelque chose n'est pas clair, n'hésitez pas  
à me le demander!**

**Question 1. [1.0 point] Concentration d'un gaz**

Exprimez les concentrations de SO<sub>2</sub> ci-dessous en mg/m<sup>3</sup>, avec  $P = 1 \text{ atm}$ ,  $T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $m_S = 32 \text{ g/mol}$  et  $m_O = 16 \text{ g/mol}$ .

- A. 0.50 ppm
- B. 75 ppb

**Solution**

$$\left[ \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] = \frac{[\text{ppm}]w}{22.4} \frac{273}{T} \frac{P}{1 \text{ atm}} = \frac{[\text{ppm}]64}{22.4} \frac{273}{303} = 2.5743[\text{ppm}]$$

- A. 1.3 mg/m<sup>3</sup>
- B. 0.19 mg/m<sup>3</sup>

**Question 2. [1.0 point] Pollution par les navires**

Nous avons vu que la vidange des ballasts est une source de pollution beaucoup plus importante que les déversements de pétrole en mer. Expliquez brièvement le principe du fonctionnement des ballasts et comment ça pollue l'eau.

**Solution**

Pour équilibrer le poids d'un navire avec la poussée d'Archimède, quand on vide un navire de son contenu (c.-à-d. le pétrole), il faut le remplir d'eau pour augmenter son poids. Si le contenu est du pétrole, l'eau qui remplace le pétrole sera polluée quand elle sera expulsée par la suite.

### Question 3. [3.5 points] Concentration de polluants

Une usine se trouve proche d'un lac de volume égal à  $10^7 \text{ m}^3$ . Initialement, le lac a une concentration de polluant égale à  $2.60 \text{ g/m}^3$ . Le lac est alimenté par un cours d'eau propre à  $50.0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Le lundi à 8h00 du matin, l'usine commence à déverser  $3.20 \text{ m}^3/\text{s}$  d'un polluant non-conservatif (taux de réaction  $\kappa = 0.32 \text{ jour}^{-1}$ ) avec une concentration de  $130 \text{ g/m}^3$ . Supposez un mélange uniforme dans le lac.

- A. Quelle est la concentration du polluant à l'équilibre ?
- B. Quelle est la concentration le lendemain (mardi) à midi ?
- C. À quel moment (jour et heure) la concentration vaut-elle  $4.00 \text{ g/m}^3$  ?

#### Solution

A. La concentration de polluant à l'équilibre est donnée par  $\rho_\infty = \frac{S}{Q + \kappa V}$  avec

$$S = \rho Q = \left(130 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}\right) (3.20 \text{ m}^3/\text{s}) = 416 \text{ g/s}, \quad V = 10^7 \text{ m}^3,$$

$$\kappa = 0.32 \frac{1}{\text{jr}} \times \frac{1 \text{ jr}}{24 \times 3600 \text{ s}} = 3.7037 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{s}} \quad \text{et } Q = 53.2 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\text{Donc } \rho_\infty = \frac{416}{53.2 + (3.7037 \times 10^{-6})(10^7)} = 4.61 \text{ g/m}^3$$

B. Initialement, le lac est propre, donc  $\rho_0 = 2.60 \text{ g/m}^3$ . La concentration en fonction du temps est donnée par  $\rho(t) = (\rho_0 - \rho_\infty) \exp\left[-\left(\kappa + \frac{Q}{V}\right)t\right] + \rho_\infty$  où

$$\kappa + \frac{Q}{V} = 9.024 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}. \quad \text{On trouve donc, après 28 h,}$$

$$\rho(t) = (2.60 - 4.61) \exp\left[-9.024 \times 10^{-6} (28 \times 3600)\right] + 4.61 = 3.80 \text{ g/m}^3$$

C. En isolant  $t$  dans l'équation de la partie B, on trouve

$$t = -\left(\kappa + \frac{Q}{V}\right)^{-1} \ln\left[\frac{\rho(t) - \rho_\infty}{\rho_0 - \rho_\infty}\right] = -(9.024 \times 10^{-6})^{-1} \ln\left(\frac{4.00 - 4.61}{2.60 - 4.61}\right) = 1.32 \times 10^5 \text{ s} = 36.7 \text{ h}$$

qui est le mardi soir à 20h42.

#### Question 4. [1.5 point] Pollution thermique

Dans les centrales électriques, la majorité de l'énergie thermique n'est pas convertie en énergie électrique, mais perdue sous forme de chaleur. L'efficacité thermique  $\eta$  étant définie comme le rapport de l'énergie électrique produite à l'énergie thermique totale (incluant la perte de chaleur),

- A. quelle sera l'efficacité, en %, s'il y a 1.25 fois plus de chaleur perdue que d'énergie électrique produite ?
- B. Si  $\eta = 50 \%$ , quel est le rapport de la chaleur perdue sur l'énergie électrique produite ?
- C. Si  $\eta = 90 \%$ , quel est le rapport de la chaleur perdue sur l'énergie électrique produite ?

#### Solution

A. Par définition,  $\eta = \frac{E_{\text{élect}}}{E_{\text{élect}} + Q}$ , qui devient  $\eta = \frac{E_{\text{élect}}}{E_{\text{élect}} + 1.25E_{\text{élect}}} = 44.4\%$ .

B. La définition  $\eta = \frac{E_{\text{élect}}}{E_{\text{élect}} + Q}$  donne  $\frac{1}{\eta} = \frac{E_{\text{élect}} + Q}{E_{\text{élect}}} = 1 + \frac{Q}{E_{\text{élect}}}$  et  $\frac{Q}{E_{\text{élect}}} = \frac{1}{\eta} - 1 = 1$ . Il y a autant de chaleur perdue que d'énergie électrique produite.

C. Comme à la partie B, nous avons  $\frac{Q}{E_{\text{élect}}} = \frac{1}{\eta} - 1 = \frac{1}{0.9} - 1 = 0.11$

#### Question 5. [1.0 point] Réchauffement climatique

Donnez une courte définition de l'albédo d'une planète et indiquez s'il contribue à réduire ou accroître la température globale de cette planète.

#### Solution

L'albédo est la fraction de la puissance solaire incidente qui est réfléchiée vers l'espace par l'atmosphère. Il a donc comme effet de réduire l'intensité reçue par la planète et donc, de réduire la température.

**Question 6. [1.0 point] Rayonnement du corps noir**

- A. Pour quel intervalle de températures (en °C) la longueur d'onde du pic de rayonnement du corps noir varie-t-elle de 380 nm à 750 nm (c.-à-d. la lumière visible)?
- B. Quel est l'intervalle de l'intensité  $I$  (en watt/m<sup>2</sup>) émise par un corps noir idéal correspondant à cet intervalle de températures ?

**Solution**

A. On utilise la loi de Wien:  $T(^{\circ}K) = \frac{2.8972 \times 10^6 \text{ nm}\cdot\text{K}}{\lambda(\text{nm})}$  donne  $7624 \text{ }^{\circ}\text{K} = 7350 \text{ }^{\circ}\text{C}$  pour 380 nm et  $3863 \text{ }^{\circ}\text{K} = 3590 \text{ }^{\circ}\text{C}$  pour 750 nm. On a donc  $3590 < T < 7350 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

B. On utilise la loi de Stefan :  $I = 5.67 \times 10^{-8} [T(^{\circ}K)]^4 = 1.92 \times 10^8 \text{ W/m}^2$  pour 380 nm et  $1.26 \times 10^7 \text{ W/m}^2$  pour 750 nm. On a donc  $1.26 \times 10^7 < I < 1.92 \times 10^8 \text{ W/m}^2$

**Question 7. [1.5 point] Réchauffement climatique dû au CO<sub>2</sub>**

La concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> vaut maintenant 393 ppm. Supposez que le doublement de concentration de CO<sub>2</sub> entraîne un changement de température égal à  $\Delta T_d = 3.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- A. Si cette concentration valait 356 ppm en 1994, de combien la température a-t-elle changé depuis 1994 ?
- B. Quelle concentration (en ppm) conduirait à une augmentation de température de  $2.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  de la température globale actuelle ?

**Solution**

A. 
$$\Delta T = \frac{\Delta T_d}{\ln 2} \ln \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{3.0}{\ln 2} \ln \frac{393}{356} = 0.43 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

B. En isolant  $\rho$ , on trouve  $\rho = 2^{\frac{\Delta T}{\Delta T_d}} \rho_0 = 2^{\frac{2.0}{3.0}} 393 = 624 \text{ ppm}$

**Question 8. [1.0 point] Puissance moyenne et valeurs efficaces**

Une ampoule utilise une puissance moyenne de 100 watt quand elle est branchée à une source dont le voltage efficace est  $V_{\text{rms}} = 120 \text{ V}$ .

- A. Quel est le voltage maximal  $V_{\text{max}}$  ?
- B. Quelle est la résistance de l'ampoule ?
- C. Quel est le courant efficace  $I_{\text{rms}}$  dans l'ampoule ?
- D. Quelle est la puissance maximale de l'ampoule ?
- E. Quel est le courant maximal  $I_{\text{max}}$  dans l'ampoule ?

**Solution**

A.  $V_{\text{max}} = \sqrt{2}V_{\text{rms}} = \sqrt{2}(120) = 170 \text{ V}$

B.  $R = \frac{V_{\text{rms}}^2}{P_{\text{moy}}} = \frac{120^2}{100} = 144 \Omega$

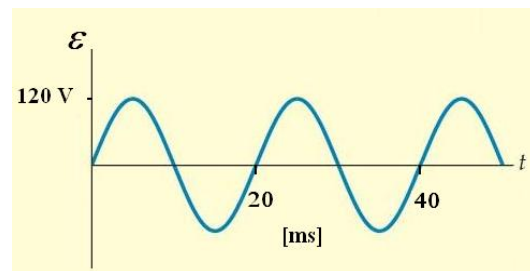
C.  $I_{\text{rms}} = \frac{P_{\text{moy}}}{V_{\text{rms}}} = \frac{100}{120} = 0.833 \text{ A}$

D.  $P_{\text{max}} = 2P_{\text{moy}} = 200 \text{ watt}$

E.  $I_{\text{max}} = \sqrt{2}I_{\text{rms}} = 1.18 \text{ A}$

**Question 9. [1.0 point] Générateur électrique**

On construit un générateur électrique en plaçant une boucle de fil de 14 enroulements de fil et de surface  $0.118 \text{ m}^2$  dans un champ magnétique  $B$ . Le graphique du voltage instantannée ainsi généré est montré ci-dessous. Quelle est la grandeur de  $B$  ?



**Solution**

De  $\epsilon_{\text{max}} = NBA\omega = NBA \frac{2\pi}{T}$ , on obtient  $B = \frac{T\epsilon_{\text{max}}}{2\pi AN} = \frac{(0.020)(120)}{2\pi(0.118)(14)} = 0.23 \text{ T}$

**Question 10. [1.0 point] Transformateurs**

Dans un secteur résidentiel, un transformateur abaisse le voltage de 40000 V (primaire) à 120 V (secondaire) pour le distribuer aux résidences. Si le courant primaire est de 2.3 A, quel sera le courant secondaire ?

**Solution**

On utilise  $I_2 = \frac{V_1}{V_2} I_1 = \frac{40000}{120} (2.3) = 767 \text{ A}$

**Question 11. [1.5 point] Ligne de transport d'électricité**

Le fil d'une ligne de transport d'électricité a un rayon de 6.00 mm et est constitué d'aluminium, dont la résistivité électrique à 20 °C vaut  $\rho = 2.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ , et le coefficient de résistivité thermique est  $\alpha = 0.0039 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

- A. Quelle est la résistance pour 1.00 km de ce fil à 20 °C ?
- B. Quelle est la résistance pour 1.00 km de ce fil à -30 °C ?
- C. Si la puissance *moyenne* perdue dans ce fil vaut 1.50 MW à 20 °C, quelle est la valeur efficace  $I_{\text{rms}}$  du courant dans le fil ?
- D. Si le même courant efficace  $I_{\text{rms}}$  circule dans ce fil à -30 °C, quelle sera alors puissance *moyenne* perdue dans ce fil ?

**Solution**

A. La résistance vaut  $R = \frac{\rho L}{\pi r^2} = \frac{(2.75 \times 10^{-8})(1000)}{\pi (0.006)^2} = 0.243 \Omega$

B. La nouvelle résistance est donnée par  $R(-30) = \underbrace{R(-20)}_{0.243} \times [1 + 0.0039(-30 - 20)] = 0.196 \Omega$

C. Le courant efficace est donné par  $I_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{P_{\text{av}}}{R_{20}}} = \sqrt{\frac{1.5 \times 10^6}{0.243}} = 2480 \text{ A}$

D. De la même relation, nous trouvons  $P_{\text{av}} = R_{-30} I_{\text{rms}}^2 = (0.196)(2480)^2 = 1.21 \text{ MW}$