

Nom

SOLUTIONS

Numéro d'étudiant

\_\_\_\_\_

Professeur

Marc de Montigny

Date

Mardi 19 novembre 2019, de 14h30 à 15h50

Local

366

### Instructions

- Ce cahier contient **6 pages**, incluant un tableau périodique à la dernière page. Écrivez-y directement vos réponses. Vous pouvez utiliser le verso pour vos calculs; **je ne le corrigerai pas, sauf si vous m'indiquez de le faire.**
- L'examen contient **15 points** et vaut **15%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **9 questions**. Vous pouvez obtenir une partie des points même si votre réponse finale est erronée.
- Examen à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire (une feuille recto-verso) que vous aurez imprimé et complété.
- Matériel permis: aide-mémoire, crayon ou stylo, calculatrice (programmable ou graphique permise aussi). Tout autre appareil électronique ou moyen de communication est interdit. Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.

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

**Question 1. Albédo [1.0 point]**

Laquelle des deux images ci-dessous représente une surface qui a un albédo plus élevé?



Réponse: la figure de gauche car il y a plus de lumière reflétée par cette surface.

**Question 2. Concentration d'un gaz [1.5 point]**

La norme canadienne de la qualité de l'air pour l'ozone ( $O_3$ ) est d'une concentration de 62 ppb (parties par milliard). Exprimez cette concentration en  $mg/m^3$  à une température de 30 °C et une pression de 1 atm. (Tableau périodique à la dernière page.)

Solution

On a  $w = 3(16) = 48$  g/mole,  $[ppm]=0.062$  ppm et  $T = 273 + 30 = 303$  K. On utilise

$$\left[ \frac{mg}{m^3} \right] = \frac{[ppm]w}{22.4} \times \frac{273}{T} = \frac{(0.062)(48)}{22.4} \times \frac{273}{303} = 0.12 \text{ mg/m}^3$$

**Question 3. Pollution de l'air [1.0 point]**

Quelle masse de soufre (S), en tonnes, est contenue dans 15 000 tonnes de  $CaSO_3$ ? (Tableau périodique à la dernière page.)

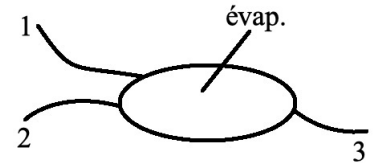
Solution

$w_{CaSO_3} = 40 + 32 + 3(16) = 120$  g/mol et  $w_S = 32$  g/mol impliquent que la masse de soufre est  $(32/120)15000 = 4000$  tonnes

... suite page suivante

#### Question 4. Concentration de polluants liquides [2.0 points]

Le schéma ci-dessous représente un lac de volume  $1.67 \times 10^4 \text{ m}^3$ , alimenté par deux rivières polluées: une de débit  $7.50 \text{ m}^3/\text{s}$  avec une concentration de polluant de  $48.0 \text{ g/m}^3$ , et la seconde rivière avec un débit de  $12.3 \text{ m}^3/\text{s}$  et une concentration du même polluant de  $35.2 \text{ g/m}^3$ . On suppose que l'eau s'évapore du lac à  $3.65 \text{ m}^3/\text{s}$  mais ne contient pas de polluant. Finalement, une troisième rivière, elle, sort du lac. Si le polluant est converti au taux de  $2.12 \text{ hr}^{-1}$ , calculez la concentration à l'équilibre de ce polluant dans la troisième rivière, en supposant un mélange idéal dans le lac et cette rivière?



Solution

Débit volumique de la rivière 3:  $Q_3 = Q_1 + Q_2 - Q_e = 7.50 + 12.3 - 3.65 = 16.2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Taux de conversion  $\kappa \rho_S V$  avec  $\kappa = 2.12/3600 = 5.888 \dots \times 10^{-4} = 5.89 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

entrée = sortie + conversion:  $\rho_1 Q_1 + \rho_2 Q_2 = \rho_S Q_3 + \kappa \rho_S V$  donne

$$\rho_S = \frac{\rho_1 Q_1 + \rho_2 Q_2}{Q_3 + \kappa V} = \frac{(7.5)(48) + (12.3)(35.2)}{16.2 + (5.89 \times 10^{-4})(1.67 \times 10^4)} = \boxed{30.5 \text{ g/m}^3}$$

#### Question 5. Pollution thermique [2.0 points]

Considérez une centrale électrique qui produit de l'énergie électrique (ou utile) au taux de 1200 MWe avec une efficacité de 70%. Cette centrale est refroidie par une tour humide avec de l'eau de densité  $1000 \text{ kg/m}^3$  et chaleur latente d'évaporation  $2.26 \times 10^6 \text{ J/kg}$ .

- À quel taux, en MW, cette centrale perd-elle de la chaleur?
- Quelle masse d'eau sera évaporée par la chaleur perdue pendant une journée?
- Quel volume d'eau sera évaporé pendant une journée?

Solution

(a) De  $\eta = \frac{E_{el}}{E_{el} + Q_p}$ , on a  $\frac{Q_p}{t} = \left(\frac{1}{\eta} - 1\right) \frac{E_{el}}{t} = \left(\frac{1}{0.7} - 1\right) 1200 = \boxed{514 \text{ MW}}$

(b)  $Q_p = \frac{Q_p}{t} \times 24 \text{ h} \times 3600 \text{ s} = 4.44 \times 10^{13} \text{ J}$ . La masse d'eau est donc  $M = \frac{Q_p}{L_v} = \frac{4.44 \times 10^{13}}{2.26 \times 10^6} = \boxed{1.97 \times 10^7 \text{ kg}}$

(c)  $V = \frac{M}{\rho} = \frac{1.97 \times 10^7}{1000} = \boxed{1.97 \times 10^4 \text{ m}^3}$

#### Question 6. Atmosphère [1.0 point]

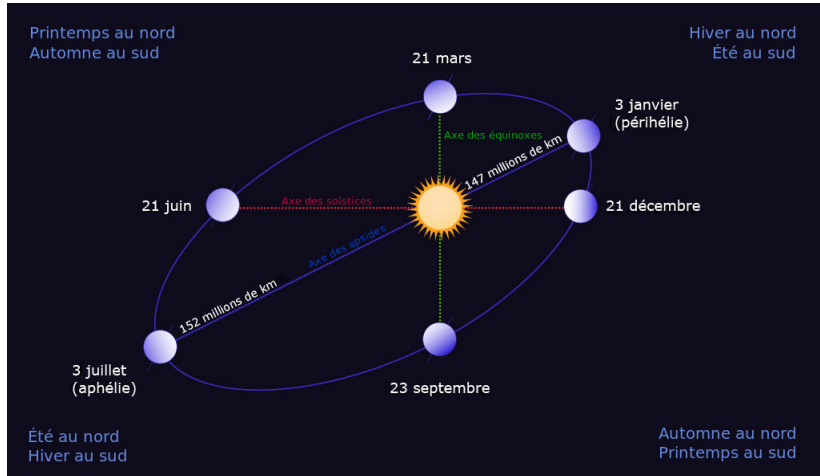
Quels sont les deux principaux éléments chimiques que l'on retrouve dans l'air propre sec?

Réponse: azote, oxygène

... suite page suivante

**Question 7. Intensité, albédo et température [2.0 points]**

Ici, on vous demande d'évaluer la variation de température qui découle de la variation de la distance entre le Soleil et la Terre, vue comme un corps noir. On donne que la puissance totale émise par le Soleil vaut  $3.96 \times 10^{26}$  W, et l'albédo moyen de la Terre, 0.30.



- (a) Le 3 juillet, la Terre est à son aphélie, à  $1.52 \times 10^8$  km du Soleil. Calculez la constante solaire correspondante pour la Terre, en  $\text{W/m}^2$ .
- (b) Divisez votre réponse par 4 pour tenir compte de la géométrie de l'absorption et redistribution de puissance, et tenez compte de l'albédo pour calculer la température de la Terre, en supposant qu'elle irradie comme un corps noir. Indiquez bien votre unité de température.
- (c) Répétez les calculs précédents lorsque la Terre est à son périhélie, à  $1.47 \times 10^8$  km du Soleil (le 3 janvier).

**Solutions**

(a)  $I_0 = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{3.96 \times 10^{26}}{4\pi (1.52 \times 10^{11})^2} = \boxed{1364 \text{ W/m}^2}$

(b)  $(1 - \alpha) \frac{I_0}{4} = \sigma T^4$  donne  $T = \sqrt[4]{\frac{(1-\alpha)I_0}{4\sigma}} = \sqrt[4]{\frac{(1-0.3)(1364)}{4(5.67 \times 10^{-8})}} = \boxed{255 \text{ K ou } -18.3^\circ\text{C}}$

(c)  $I_0 = \frac{3.96 \times 10^{26}}{4\pi (1.47 \times 10^{11})^2} = 1458 \text{ W/m}^2$  et  $T = \sqrt[4]{\frac{(1-0.3)(1458)}{4(5.67 \times 10^{-8})}} = \boxed{259 \text{ K ou } -14.0^\circ\text{C}}$

**Question 8. Concentration de CO<sub>2</sub> et température [1.5 point]**

En janvier 2018, la concentration moyenne globale de CO<sub>2</sub> valait 407 ppm. De combien augmenterait la température globale si cette concentration passait à 410 ppm (en supposant une augmentation de  $\Delta T_d = 5^\circ\text{C}$  pour un doublement de concentration)?

**Solution**

$$\Delta T = \frac{\Delta T_d}{\ln 2} \ln \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{5}{\ln 2} \ln \frac{410}{407} = \boxed{0.053 \text{ }^\circ\text{C}}$$

... suite page suivante

**Question 9. Concentration de CFC [3.0 points]**

Considérez la pollution par le CFC-12 (dichlorodifluorométhane  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ), dont le temps de résidence vaut  $\tau = 150$  ans. En 1985, son taux d'émission valait  $0.44 \times 10^{12}$  g/an, et sa concentration valait  $\rho_0 = 0.40$  ppb. Si on réduit son émission de 90% c.-à-d. à 10% de son taux initial,

- (a) quelle sera la concentration atmosphérique de CFC-12 à l'équilibre?
- (b) Quelle sera la concentrations en fonction du temps?
- (c) Quelle sera la concentration en 2020?
- (d) En quelle année la concentration sera-t-elle à mi-chemin entre  $\rho_0$  et  $\rho_\infty$  ?

**Solution**

(a) Masse molaire  $w = 12 + 2 \times 19 + 2 \times 35.5 = 121$  g/mol. Concentration à l'équilibre, avec  $P = (0.1)(0.44 \times 10^{12})$ ,

$$\rho_\infty = \frac{P\tau}{w}(5.63 \times 10^{-21}) = \frac{(0.1)(0.44 \times 10^{12})(150)}{121}(5.63 \times 10^{-21}) = 0.307 \underbrace{\times 10^{-9}}_{\text{ppb}} = \boxed{0.307 \text{ ppb}}$$

(b) On utilise (avec  $t$  en années)

$$\rho(t) = \rho_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + \rho_\infty \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right] = \boxed{(0.40) \exp\left(-\frac{t}{150}\right) + (0.307) \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{150}\right)\right] \text{ ppb}}$$

(c) En 2020,  $t = 35$  et  $\boxed{\rho = 0.381 \text{ ppb}}$

(d) On cherche  $t$  tel que  $\rho(t) = \frac{0.4+0.307}{2} = 0.354$  ppb ou

$$0.354 = (0.40) \exp\left(-\frac{t}{150}\right) + (0.307) \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{150}\right)\right]$$

ce qui donne

$$t = -150 \ln\left(\frac{0.354 - 0.307}{0.400 - 0.307}\right) = 102(+1985) = 2087$$

# TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

PÉRIODE	GROUPE		NUMÉRO DU GROUPE RECOMMANDATIONS DE L'UPAC (1985)																NUMÉRO DU GROUPE CHEMICAL ABSTRACT SERVICE (1986)		18																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																		
1	1 H HYDROGÈNE	2 He HÉLIUM																	10 Ne NÉON	18 Ar ARGON	36 Kr KRYPTON	54 Xe XÉNON	86 Rn RADON																													
2	3 Li LITHIUM	4 Be BÉRYLLIUM	5 B BORE	6 C CARBONE	7 N AZOTE	8 O OXYGÈNE	9 F FLUOR	10 Ne NÉON	11 Na SODIUM	12 Mg MAGNÉSIE	13 Al ALUMINIUM	14 Si SILICIUM	15 P PHOSPHORE	16 S SOUFRE	17 Cl CHLORE	18 Ar ARGON	19 K POTASSIUM	20 Ca CALCAIRE	21 Sc SCANDIUM	22 Ti TITANE	23 V VANADIUM	24 Cr CHROME	25 Mn MANGANESE	26 Fe FER	27 Co COBALT	28 Ni NICKEL	29 Cu CUIVRE	30 Zn ZINC	31 Ga GALLIUM	32 Ge GERMANIUM	33 As ARSENIC	34 Se SÉLÉNIUM	35 Br BROME	36 Kr KRYPTON	37 Rb RUBIDIUM	38 Sr STRONTIUM	39 Y YTRIUM	40 Zr ZIRCONIUM	41 Nb NIOBIUM	42 Mo MOLYBDÈNE	43 Tc TECHNÉTIUM	44 Ru RUTHÉNIUM	45 Rh RHODIUM	46 Pd PALLADIUM	47 Ag ARGENT	48 Cd CADMIUM	49 In INDIUM	50 Sn ÉTAIN	51 Sb ANTIMOINE	52 Te TELLURE	53 I IODE	54 Xe XÉNON
3	39 K POTASSIUM	40 Ca CALCAIRE	39 Sc SCANDIUM	40 Ti TITANE	41 V VANADIUM	42 Cr CHROME	43 Mn MANGANESE	44 Fe FER	45 Co COBALT	46 Ni NICKEL	47 Cu CUIVRE	48 Zn ZINC	49 Ga GALLIUM	50 Ge GERMANIUM	51 As ARSENIC	52 Se SÉLÉNIUM	53 Br BROME	54 Kr KRYPTON	55 Rb RUBIDIUM	56 Sr STRONTIUM	57-71 La-Lu Lanthanides	72 Hf HAFNIUM	73 Ta TANTALE	74 W WOLFRÈME	75 Re RHÉNIUM	76 Os OSMIUM	77 Ir IRIDIUM	78 Pt PLATINE	79 Au OR	80 Hg MERCURE	81 Tl THALLIUM	82 Pb PLOMB	83 Bi BISMUTH	84 Po POLONIUM	85 At ASTATE	86 Rn RADON																
4	87 Fr FRANCIUM	88 Ra RADIUM	89 Ac ACTINIUM	90 Th THORIUM	91 Pa PROTACTINIUM	92 U URANIUM	93 Np NEPTUNIUM	94 Pu PLUTONIUM	95 Am AMÉRICIUM	96 Cm CURIUM	97 Bk BERKÉLIUM	98 Cf CALIFORNIUM	99 Es EINSTEINIUM	100 Fm FERMIUM	101 Md MÉNDELÉVIUM	102 No NOBELIUM	103 Lr LAWRENCIUM																																			

La masse atomique relative est donnée avec cinq chiffres significatifs. Pour les éléments qui n'ont pas de nucléides stables, la valeur entre parenthèses indique le nombre de masse du nucléotide de l'élément ayant la durée de vie la plus grande.

Toutefois, pour les trois éléments Th, Pa et U qui ont une composition isotopique terrestre connue, une masse atomique est indiquée.

Bonne chance!