

# Concours Blanc Physique Chimie

## Éléments de correction

### La vie du mouton

#### Ouie

##### Q1

On applique le PFD au système tympan

$$m\vec{a} = \vec{f} + \vec{N} + \vec{t} + \vec{F} + \vec{p} + \vec{R}_N$$

où  $\vec{p}$  et  $\vec{R}_N$  sont le poids et la réaction normale du support, qui se compensent.  
On projette selon  $\vec{e}_x$

$$m\ddot{x} = -\alpha\dot{x} + N - kx - pS$$

$$m\ddot{x} + \alpha\dot{x} + kx = N - pS$$

$$m\ddot{x} + \alpha\dot{x} + kx + \frac{\gamma p_0 S^2}{V_0}x = N + \frac{\gamma p_0 S S'}{V_0}x'$$

On applique le PFD au système oreille interne

$$m'\vec{a}' = \vec{f}' + \vec{t}' + \vec{F}' + \vec{p}' + \vec{R}'_N$$

où  $\vec{p}'$  et  $\vec{R}'_N$  sont le poids et la réaction normale du support, qui se compensent.  
On projette selon  $\vec{e}_x$

$$m'\ddot{x}' = -\alpha'\dot{x}' - k'x' + pS'$$

$$m'\ddot{x}' + \alpha'\dot{x}' + k'x' = +pS'$$

$$m'\ddot{x}' + \alpha'\dot{x}' + k'x' + \frac{\gamma p_0 S'^2}{V_0}x' = \frac{\gamma p_0 S S'}{V_0}x$$

##### Q2

$$m'\ddot{x}' + \alpha'\dot{x}' + k'x' + \frac{\gamma p_0 S'^2}{V_0}x' = \frac{\gamma p_0 S S'}{V_0}x$$

$$\left( (i\omega)^2 + i\frac{\alpha'}{m'}\omega + \omega_0'^2 + \Omega_0'^2 \right) x' = \Omega_C^2 x$$

$$q = \left| \frac{\Omega_C^2}{-\omega^2 + i \frac{\alpha'}{m'} \omega + \omega_0'^2 + \Omega_0'^2} \right|$$

Pour  $\alpha' = 0$ , il y a résonance pour  $\omega_r = \sqrt{\omega_0'^2 + \Omega_0'^2}$

Le frottement fixe la valeur finie du gain à résonance  $q$ , ainsi que la largeur de la résonance en fixant la valeur du facteur de qualité.

### Q3

$$\omega_r^2 = \omega_0'^2 + \Omega_0'^2$$

$$(2\pi f_r)^2 = \frac{\gamma S'^2 p_0}{m' V_0} + \frac{k'}{m'}$$

$$V_0 = \frac{\gamma S'^2 p_0}{m' (2\pi f_r)^2 - k'} = 0,6 \text{ mm}^3$$

Si le mouton entend des ultrasons inaudibles pour l'homme, alors il entend des fréquences plus élevées que l'homme.

Soit le facteur de qualité est plus petit, donc les frottements sont plus importants. Soit la fréquence de résonance est plus élevée, donc le volume de la cavité de l'oreille est plus petite.

## Vue

### Q4

Lorsque l'oeil se déplace vers l'arrière de la tête, cela diminue le champ de vision binoculaire et augmente le champ de vision monoculaire.

Le berger se tient à l'arrière du troupeau. Si le mouton a la tête relevé, ce dernier n'est pas dans son champ de vision, il n'a pas peur, il avance. Si le mouton a la tête baissé (il s'arrête pour brouter par exemple), il voit le berger comme une ombre derrière lui, il a peur, il préfère relever la tête et avancer.

### Q5

$$\frac{1}{\overrightarrow{OA'}} - \frac{1}{\overrightarrow{OA}} = \frac{1}{f'}$$

$$f' = \frac{\overrightarrow{OA'} \cdot \overrightarrow{OA}}{\overrightarrow{OA} - \overrightarrow{OA'}}$$

On applique cette formule aux différentes configurations :

$\overrightarrow{OA}'_{\text{mouton}} = d = 25\text{mm}$ ,  $\overrightarrow{OA}'_{\text{humain}} = d = 15\text{mm}$ ,  $\overrightarrow{OA}_{\text{mouton}}$  va de -5 cm à -2 m,  $\overrightarrow{OA}_{\text{humain}}$  va de -15 cm à  $-\infty$ ,

Donc  $f'_{\text{mouton}}$  va de 16,7 mm à 24,7 mm,

Donc  $f'_{\text{humain}}$  va de 13,6 mm à 15 mm,

Le pouvoir d'accommodation est donnée par  $\frac{1}{f'_{\min}} - \frac{1}{f'_{\max}}$

Mouton on trouve 19 dioptrie

Humain on trouve 6,9 dioptrie

# On part vers la Lune

## Propulsion

### Q6

unidirectionnel : écoulement suivant 1 direction

stationnaire : ne dépendent pas du temps

isentropique : la différence d'entropie massique  $\Delta s$  entre l'entrée et la sortie de la tuyère est nulle.

On peut supposer que l'écoulement est adiabatique et réversible. Adiabatique car il n'y a pas le temps d'échanges thermiques, réversible car il n'y a pas de discontinuité de pression ou de température.

### Q7

Loi de Laplace  $pV^\gamma = \text{cte}$

or  $pV = nRT$  donc  $V = nR \frac{T}{p}$

donc  $p^{1-\gamma} T^\gamma = \text{cte}$

### Q8

$$dH = nc_p dT = n \frac{\gamma}{\gamma - 1} R dT$$

donc

$$H(T) = n \frac{\gamma}{\gamma - 1} R (T - T_0) + H(T_0)$$

### Q9

$$\delta W = \delta W_e + \delta W_s = \vec{F}_e \cdot \vec{dl}_e + \vec{F}_s \cdot \vec{dl}_s = p_e S_e dl_e - p_s S_s dl_s$$

$$\delta W = p_e S_e c_e dt - p_s S_s c_s dt = \left( \frac{p_e}{\rho_e} - \frac{p_s}{\rho_s} \right) D_m dt = (p_e v_e - p_s v_s) D_m dt$$

### Q10

$$dU + dE_m = \delta W + \delta Q$$

La transformation est adiabatique et sans variation d'énergie potentielle donc

$$dU + dE_c = (p_e v_e - p_s v_s) D_m dt$$

On utilise les relations entre système fermé et système ouvert :  $U_{\Sigma_f}(t + dt) = U_{\Sigma_o} + \delta U_s$  et  $U_{\Sigma_f}(t) = U_{\Sigma_o} + \delta U_e$

$E_{\Sigma_f}(t + dt) = E_{\Sigma_o} + \delta E_s$  et  $E_{\Sigma_f}(t) = E_{\Sigma_o} + \delta E_e$

$$\delta U_s - \delta U_e + \delta E_{c,s} - \delta E_{c,e} = (p_e v_e - p_s v_s) D_m dt$$

$$u_s D_m dt - u_e D_m dt + \frac{1}{2} c_s^2 D_m dt - \frac{1}{2} c_e^2 D_m dt = (p_e v_e - p_s v_s) D_m dt$$

$$u_s - u_e + \frac{1}{2} c_s^2 - \frac{1}{2} c_e^2 = p_e v_e - p_s v_s$$

$$u_s + p_s v_s + \frac{1}{2} c_s^2 = u_e + p_e v_e + \frac{1}{2} c_e^2$$

$$h_s + \frac{1}{2} c_s^2 = h_e + \frac{1}{2} c_e^2$$

Le débit massique  $D_m$

$$D_m = \frac{dm}{dt} = \rho S v = \frac{1}{v(x)} A(x) c(x)$$

$$D_m = \frac{A(x) c(x)}{v(x)}$$

**Q11**

$$h_s + \frac{1}{2} c_s^2 = h_e + \frac{1}{2} c_e^2$$

devient

$$c^s = \sqrt{2(h_e - h_s)} = \sqrt{2 \frac{n\gamma R}{m(\gamma - 1)} (T_e - T_s)} = \sqrt{2 \frac{\gamma R}{M(\gamma - 1)} (T_e - T_s)} = c \sqrt{\frac{2}{\gamma - 1} \left(1 - \frac{T_s}{T_e}\right)}$$

$$c^s = c \sqrt{\frac{2}{\gamma - 1} \left(1 - \left(\frac{p_s}{p_e}\right)^{(1-\gamma)/\gamma}\right)}$$

Application numérique :  $\frac{c_s}{C} = 1,9$

## Trajectoire des plombs d'une cartouche

### Équation du mouvement

**Q12**

On applique le PFD au plomb

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}_D + m\vec{g}$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{\rho_a S C_D v}{2m} \vec{v} = \vec{g}$$

### Phase initiale : mouvement rectiligne ascendant

**Q13**

$$F_D = \frac{\rho_a S C_D v_0^2}{2} = \frac{1,23\pi(1,5 \cdot 10^{-3})^2 0,44380^2}{2} \text{ N} = 0,3 \text{ N}$$

$$p = mg = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho g = \frac{4}{3}\pi(1,5 \cdot 10^{-3})^3 11350 \cdot 10 \text{ N} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

L'application numérique montre que  $F_D \gg p$ .

**Q14**

Dans l'approximation  $F_D \gg p$ .

$$\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{\rho_a SC_D v}{2m} \vec{v} = 0$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{g\rho_a SC_D v}{2mg} \vec{v} = 0$$

Or dans un mouvement rectiligne  $dX' = vdt$

$$\frac{d\vec{v}}{vdt} + \frac{g\rho_a SC_D v}{2vmg} \vec{v} = 0$$

$$\frac{d\vec{v}}{dX'} + \frac{g\rho_a SC_D}{2mg} \vec{v} = 0$$

avec  $v_\infty = \sqrt{\frac{2mg}{\rho_a SC_D}}$   
 et  $D = -\frac{2mg}{g\rho_a SC_D}$

**Q15**

$$\frac{d\vec{v}}{dX'} - \frac{1}{D} \vec{v} = 0$$

donc

$$\frac{[v]}{[X']} = \frac{[v]}{[D]}$$

$$[D] = [X'] = L$$

**Q16**

$$\frac{d\vec{v}}{dX'} - \frac{1}{D} \vec{v} = 0$$

donc

$$\vec{v} = \vec{v}_0 \exp\left(\frac{X'}{D}\right)$$

$|D|$  distance caractéristique parcourue par le plomb avant de ralentir.

**Q17**

$$|D| = \frac{2m}{\rho_a SC_D} = \frac{8R\rho}{3\rho_a C_D} = 84\text{m}$$

$$\frac{v_0}{v_\infty} = \frac{v_0}{\sqrt{g|D|}} = 13$$

$$X' = d \text{ quand } v = 10v_\infty \text{ donc } v_0 \exp(d/D) = 10v_\infty \text{ donc } d = D \ln\left(\frac{10v_\infty}{v_0}\right) = 22\text{m}$$

$$X' = 40\text{m } v_u = v_0 \exp(X'/D) = 236\text{m.s}^{-1}$$

$$E_c = \frac{1}{2}mv_u^2 = \frac{2\pi}{3}R^3\rho v_u^2 = 4,5\text{J}$$

**Q18**

La portée utile pourrait être définie par la distance maximale à laquelle on peut envoyer les plombs dans la direction X'

**Q19**

Avec deux plombs numéro 1 on communique 27 J au canard, il faudrait donc  $\frac{27}{4,5} = 6$  plombs numéro 5 ou  $\frac{27}{0,45} = 60$  plombs numéro 10.

On peut définir la portée utile peut correspondre à  $d \simeq 20$  m

**Q20**

On trouve une légèrement valeur inférieure au document (35 à 40 m).

En fer doux la masse volumique diminue, donc il faut augmenter  $R$  pour conserver la même énergie cinétique.

Si la grenaille s'agglutine, elle se comporte comme une seule masse plus importante, ce qui augmente beaucoup la distance de sécurité.

### Troisième et dernière phase : mouvement rectiligne descendant

**Q21**

Chute verticale avec frottements.

**Q22**

$$\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{\rho_a S C_D v}{2m} \vec{v} = \vec{g}$$

Quand la vitesse limite est atteinte  $\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{0}$

$$\frac{\rho_a S C_D v}{2m} \vec{v} = \vec{g}$$

Donc

$$\vec{v}_\infty = -\vec{k} \sqrt{\frac{\rho_a S C_D g}{2m}}$$

Quelque soit la hauteur de la chute, la vitesse admet  $v_\infty$  comme vitesse maximale. Cette limitation est due à la force aérodynamique.

### Deuxième phase : la phase intermédiaire

**Q23**

Si la vitesse diminue beaucoup alors  $F_D \ll p$  donc c'est le poids qui devient la force prépondérante.

**Q24**

On obtient 264 m (n°1), 217 m (n°5), 139 m (n°10).

C'est inférieur à la formule diamètre\*100, pour des raisons de marges de sécurité.

**Q25**

Lecture graphique 18° (n°1), 17° (n°5), 16° (n°10).

**Q26**

Graphique ou calcul au choix 345 m (n°1), 265 m (n°5), 170 m (n°10).

On se rapproche des valeurs du document 1.

## Les olivines

### Etude cristallographique

**Q27**

tracé de la maille

**Q28**

$$d = r_{Mg^{2+}} + r_{O^{2-}} = 210 \text{ pm}$$

$$a_1 = 2(r_{Mg^{2+}} + r_{O^{2-}}) = 420 \text{ pm}$$

**Q29**

$$C = \frac{4 \times \left( \frac{4}{3} \pi r_{Mg^{2+}}^3 + \frac{4}{3} \pi r_{O^{2-}}^3 \right)}{a_1^3} = 0,70$$

**Q30**

tracé de la maille

**Q31**

Dans la maille il y a  $\frac{8}{8} = 1$  ion A, 1 ion B,  $\frac{6}{2} = 3$  ions X.  
On a bien la formule  $ABX_3$  et donc  $MgSiO_3$ .

**Q32**

Tangence entre B et X :

$$a_2 = 2(r_B + r_X)$$

Tangence entre A et X :

$$\sqrt{2}a_2 = 2(r_A + r_X)$$

**Q33**

$$t = \frac{a_2/\sqrt{2}}{\sqrt{2}a_2/2} = 1$$

**Q34**

$$t = \frac{r_{Mg^{2+}} + r_{O^{2-}}}{\sqrt{2}(r_{Si^{4+}} + r_{O^{2-}})} = 0,82$$

$t \neq 1$  donc elle n'est pas parfaite

$$2(r_B + r_X) = 2(r_{Si^{4+}} + r_{O^{2-}}) = 362 \text{ pm} > \sqrt{2}(r_A + r_X) = \text{sqr}t{2}(r_{Mg^{2+}} + r_{O^{2-}}) = 297 \text{ pm}$$

Donc seul le contact entre  $Si^{4+}$  et  $O^{2-}$  est possible.

## Processus de carbonatation des olivines

### Aspect thermodynamique

#### Q35

$$\Delta_r H_1^\circ = 2\Delta_f H^\circ(MgCO_3) + \Delta_f H^\circ(SiO_2) - \Delta_f H^\circ(Mg_2SiO_4) - 2\Delta_f H^\circ(CO_2) = -127 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\Delta_r S_1^\circ = 2S_m^\circ(MgCO_3) + S_m^\circ(SiO_2) - S_m^\circ(Mg_2SiO_4) - 2S_m^\circ(CO_2) = -348,6 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

Le signe est négatif car il y a une espèce en phase gazeuse uniquement dans les réactifs.

#### Q36

$$\Delta_r G_1^\circ(T) = \Delta_r H_1^\circ(298\text{K}) - T\Delta_r S_1^\circ(298\text{K})$$

L'approximation d'Ellingham consiste pour une réaction, en dehors des changements de phase, à considérer que les enthalpie et entropie standard de réaction ne varient pas avec la température.

#### Q37

Affinité chimique  $A = -\Delta_r G$

$$A_1 = -\Delta_r G_1 = -\Delta_r G_1^\circ + RT \ln Q_r = -\Delta_r G_1^\circ + 2RT \ln \frac{p_{CO_2}}{p^\circ}$$

#### Q38

La réaction est possible si  $\Delta_r G_1 < 0$  donc  $A_1 > 0$  donc

$$\Delta_r G_1^\circ < 2RT \ln \frac{p_{CO_2}}{p^\circ}$$

$$\Delta_r H_1^\circ(298\text{K}) - T\Delta_r S_1^\circ(298\text{K}) < 2RT \ln \frac{p_{CO_2}}{p^\circ}$$

$$T < \frac{\Delta_r H_1^\circ(298\text{K})}{\Delta_r S_1^\circ(298\text{K}) + 2R \ln \frac{p_{CO_2}}{p^\circ}} = 253 \text{ K}$$

## Altération chimique de forstérite et contrôle du dioxyde de carbone atmosphérique

### Etape n°1

#### Q39

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$$

tracé du diagramme de prédominance

#### Q40

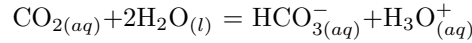
$$K = Q_{r,eq} = \frac{[CO_{2(aq)}]p^\circ}{p(CO_{2(g)})c^\circ}$$



$$[CO_{2(aq)}] = \frac{Kp(CO_{2(g)})}{p^\circ} p^\circ c^\circ = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

#### Q41

Si le milieu est acide, la réaction prépondérante fait intervenir l'espèce prédominante  $CO_{2(aq)}$  donc



On fait un tableau d'avancement, on en déduit  $[HCO_{3(aq)}^-] = [H_3O_{(aq)}^+]$

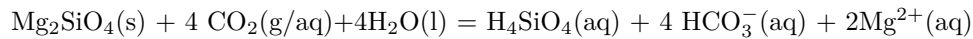
$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]} = pK_a - pH + p[CO_{2(aq)}]$$

$$pH = \frac{1}{2}(pK_a + p[CO_{2(aq)}]) = 6,01$$

Le milieu est bien acide.

#### Etape n°2

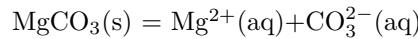
#### Q42



Le  $CO_2$  est un réactif pompé pour donner des formes solubles.

#### Etape n°4

#### Q43

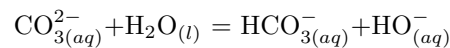


#### Q44

On fait un tableau d'avancement  $s_1 = [Mg^{2+}] = [CO_3^{2-}]$

donc  $K_s = s_1^2$  donc  $s_1 = \sqrt{K_s} = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

Si on néglige les propriétés acido-basique, alors la réaction prépondérante est



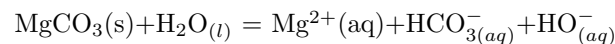
On fait un tableau d'avancement, on en déduit  $[HCO_{3(aq)}^-] = [HO_{(aq)}^-]$

$$pH = pK_a + \log \frac{[CO_{3(aq)}^{2-}]}{[HCO_{3(aq)}^-]} = pK_a + \log \frac{[CO_{3(aq)}^{2-}]}{[HO_{(aq)}^-]} = pK_a - ps_1 + pK_e - pH$$

$$pH = \frac{1}{2}(pK_a - ps_1 + pK_e) = 10,3$$

On n'est pas dans le domaine de prédominance de  $CO_3^{2-}(aq)$ , donc on ne peut pas négliger la réaction acido-basique.

#### Q45



constante d'équilibre  $K = \frac{K_s K_e}{K_{a,2}} = 7,0 \cdot 10^{-12}$

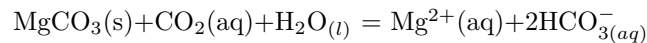
on fait un tableau d'avancement et  $[HO_{(aq)}^-] = [HCO_{3(aq)}^-] = [Mg^{2+}] = \left(\frac{K_s K_e}{K_{a,2}}\right)^{1/3} = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

Donc  $pH = pK_e - p[HO_{(aq)}^-] = 10,3$

On n'est pas non plus dans le domaine de prédominance de  $[HCO_{3(aq)}^-]$ , la réaction n'est pas valable non plus.

Il faudrait prendre en compte les deux réactions simultanément.

**Q46**



**Q47**

$$K_3 = \frac{K_s K_{a1}}{K_{a2}} = 2,8 \cdot 10^{-4}$$

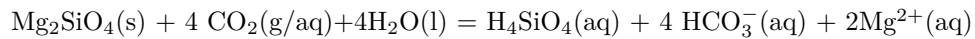
**Q48**

On fait un tableau d'avancement  $s_3 = [Mg^{2+}] = \frac{[HCO_{3(aq)}^-]}{2}$

$$K_3 = \frac{4s_3^3}{[CO_{2(aq)}]}$$

$$s_3 = \left(\frac{[CO_{2(aq)}] K_3}{4}\right)^{1/3} = \left(\frac{p(CO_2) K K_3}{4p^\circ}\right)^{1/3} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

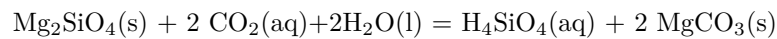
**Q49**



et



donne



Il y a bien consommation de  $CO_2$  dans le sens direct.