

CORRIGE DU SUJET A MOINS DIFFICILE

CCINP PSI 2020 + CCINP PSI 2015

PARTIE CHIMIE : chlore et eau de javel (d'après CCINP PSI 2020)

Q33  ${}_{11}^{23}\text{Na}$  appartient à la  $\left\{ \begin{array}{l} 3^{\text{e}} \text{ période} \\ 1^{\text{ère}} \text{ colonne (des alcalins)} \end{array} \right.$  ① ②

${}_{17}^{35}\text{Cl}$  " "  $\left\{ \begin{array}{l} \text{l'avant-dernière colonne (les halogènes)} \\ 3^{\text{e}} \text{ période} \end{array} \right.$

Cl  $Z=17$   $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

Q34 Na fait partie des alcalins (K, Li)  
Cl halogènes (F, Br)

Q35 G dépend de T, solvant, concentration des ions présents, de leur mobilité

cellule A: pour la conductimétrie  
B: pour la pH-métrie (électrode de verre)

Q36  $G_{\text{NaCl}} = 780 \mu\text{S}$  pour une concentration en NaCl dissous égale à 6 mmol/L (lecture graphique)

$\Rightarrow$  la concentration du filtrat = 6 mol/L (car on a dilué au  $\frac{1}{1000}$  e)  $\Rightarrow \rho = 6 \text{ mol/L}$

Q37

+I	$\text{HClO} \text{ (A)}$   $\text{ClO}^- \text{ (D)}$
0	$\text{Cl}_2 \text{ (B)}$
-I	$\text{Cl}^- \text{ (C)}$

$\text{HClO} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{ClO}^-$   
 acide à pH + faible      base  
 $\Rightarrow \text{(A)}$        $\text{(D)}$

Q38 étape 2

on est en milieu basique

(x-1)  $\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- = \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O}$   $\text{IO}_3^- / \text{I}^-$

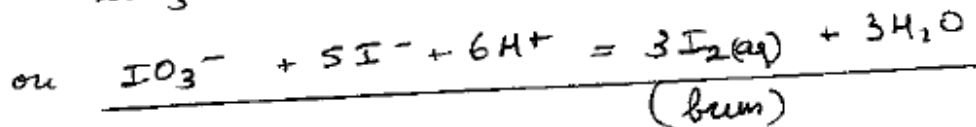
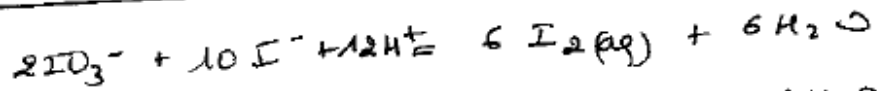
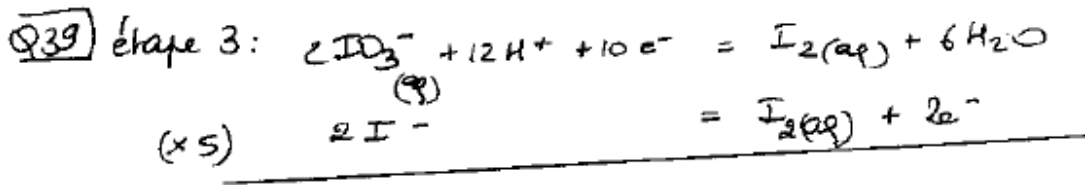
(x3)  $\text{ClO}^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$   $\text{ClO}^- / \text{Cl}^-$

---

$3\text{ClO}^- + \text{I}^- = \text{IO}_3^- + 3\text{Cl}^-$

car  $\text{ClO}^-$  et  $\text{I}^-$  sont dans des domaines disjoints donc réagissent

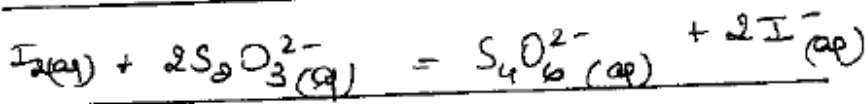
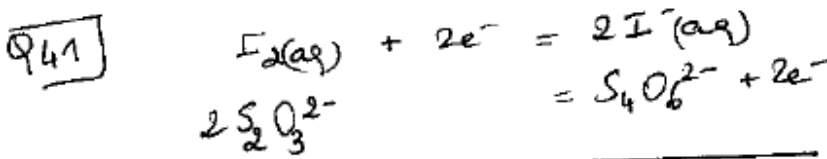
On met  $I^-$  en excès car on veut que le réactif limitant soit  $ClO^-$  i.e. l'eau de javel



réaction de médiamutation

Q40) Si on <sup>avait</sup> acidifié avant l'ajout de  $I^-$ : on aurait eu  
 $ClO^- + Cl^- + 2H^+ = Cl_2(aq) + H_2O$   
 (aq) (aq) (aq)

ou  $Cl_2(g)$  est un gaz vert toxique.



$$\frac{n_{S_2O_3^{2-}}}{n_{I_2}} = 2 \quad \text{et} \quad \frac{n_{I_2}}{n_{IO_3^-}} = 3 \quad \text{ainsique} \quad \frac{n_{IO_3^-}}{n_{ClO^-}} = \frac{1}{3}$$

$$\Rightarrow n_{I_2} = n_{ClO^-}$$

$$\Rightarrow n_{S_2O_3^{2-}} = 2 n_{ClO^-}$$

$$C_2 V_{éq} = 2 \frac{C_0}{100} \times V_{init} \Rightarrow C_0 = 50 \frac{C_1 V_{éq}}{V_{init}}$$

↳ on a dilué par 100

**PARTIE PHYSIQUE : ORAGE ET FOUORE (d'après CCINP PSI 2015)**

1. L'air est constitué de 80% de diazote et 20% de dioxygène d'où sa masse molaire

$$M_{air} = 0,8 \cdot M_{N_2} + 0,2 \cdot M_{O_2} = 0,8 \times 28 + 0,2 \times 32 = \boxed{29,7 \text{ g.mol}^{-1} = M_{air}}$$

2. Le principe de la statique permettrait de trouver directement le résultat. Mais l'esprit de la question semble plutôt d'établir directement la relation ... Si on considère une particule fluide de section  $S$  (selon  $x$  et  $y$ ) et de hauteur  $dz$ , le principe de la statique s'écrit

$$p(z)S\vec{e}_z - p(z + dz)S\vec{e}_z + \rho_{air}gSdz = 0 \Rightarrow \text{projeté sur } \vec{e}_z \quad - \frac{dp}{dz}dzS - \rho_{air}gSdz = 0 \Rightarrow \boxed{\frac{dp}{dz} = -\rho_{air}g}$$

3. Si on écrit que l'air est un gaz parfait, on a

$$pV = nRT = \frac{m}{M}RT \Rightarrow \rho_{air} = \frac{m}{V} = \frac{pM_{air}}{RT}$$

En remplaçant dans l'équation trouvée précédemment, on en déduit l'équation vérifiée par la pression :

$$\frac{dp}{dz} + \underbrace{\frac{M_{air}g}{RT}}_{=\frac{1}{H}} p = 0 \Rightarrow \boxed{p = p_0 \exp\left(-\frac{z}{H}\right)}$$

4. L'échelle caractéristique de hauteur de l'atmosphère est donc

$$\boxed{H = \frac{RT}{M_{air}g} = \frac{8 \times 300}{30 \cdot 10^{-3} \times 10} \simeq 8 \text{ km}}$$

5.a) L'équation s'écrit cette fois

$$\frac{dp}{dz} + \frac{M_{air}g}{RT(z)}p = 0 \Rightarrow \frac{dp}{p} = -\frac{M_{air}g}{R} \frac{dz}{T_0 - \lambda z} = \frac{M_{air}g}{R\lambda} \frac{-\lambda dz}{T_0 - \lambda z}$$

$$\Rightarrow d(\ln(p)) = \frac{M_{air}g}{R\lambda} d(\ln(T_0 - \lambda z)) \Rightarrow \ln\left(\frac{p}{p_0}\right) = \underbrace{\frac{M_{air}g}{R\lambda}}_x \ln\left(\frac{T(z)}{T_0}\right) = \ln\left(\frac{T(z)}{T_0}\right)^x \Rightarrow \boxed{p = p_0 \left(\frac{T(z)}{T_0}\right)^x}$$

5.b) Si on regarde l'écart relatif entre le modèle de l'atmosphère isotherme et les valeurs proposées, on trouve qu'à 14km, l'écart est seulement de 0,5%

6. On a une détente adiabatique réversible d'un gaz parfait, on peut donc appliquer la loi de Laplace

$$p^{1-\gamma}T^\gamma = \text{cste} = p_0^{1-\gamma}T_0^\gamma \Rightarrow \left(\frac{T}{T_0}\right)^\gamma = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\gamma-1}$$

$$\Rightarrow \text{ en faisant la dérivée logarithmique } \gamma \frac{d \ln(T)}{dz} = \gamma \frac{1}{T} \frac{dT}{dz} = (\gamma - 1) \frac{1}{p} \frac{dp}{dz}$$

avec le principe de la statique, on a

$$\frac{1}{p} \frac{dp}{dz} = -\frac{M_{\text{air}} g}{RT}$$

d'où finalement ...

$$\gamma \frac{d \ln(T)}{dz} = \gamma \frac{1}{T} \frac{dT}{dz} = -(\gamma - 1) \frac{M_{\text{air}} g}{RT} \Rightarrow \frac{dT}{dz} = -\frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{M_{\text{air}} g}{R} \Rightarrow T = T_0 - z \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{M_{\text{air}} g}{R}$$

on trouve bien la forme de  $z_2$  proposée (ouf!).

**7.a)** AN :  $z_2 = 29,9 \text{ km}$ . On a alors  $T(z = 500 \text{ m}) \simeq 295 \text{ K} \simeq 22^\circ \text{C}$ . En faisant une interpolation linéaire, on trouve  $p_{\text{sat}}(500 \text{ m}) = p_{\text{sat}}(22^\circ \text{C}) \simeq 2672 \text{ Pa}$

**7.b)** La pression à 500m (en utilisant le modèle de l'atmosphère isotherme) vaut  $p(500 \text{ m}) = 94500 \text{ Pa}$ .

La pression partielle en eau vaut alors  $p_{\text{H}_2\text{O}} = x_{\text{H}_2\text{O}} p \simeq 3800 \text{ Pa}$ . On voit que la pression partielle dépasse la pression de vapeur saturante donc l'eau va se liquéfier avant 500m ...

**7.c)** Le changement d'état nécessite l'existence d'un "germe" préexistant afin de permettre au changement d'état d'avoir lieu. Sinon il faut "forcer" un peu plus pour permettre le changement d'état. Dans le cas solide-liquide, on parle de surfusion.

**8.a)** Les forces qui s'appliquent à la gouttelette sont :

- le poids  $\vec{P} = m\vec{g} = -\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{\text{eau}} g \vec{e}_z$
- la poussée d'Archimède  $\vec{\Pi} = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{\text{air}} g \vec{e}_z$  (NB : en théorie la poussée n'est valable qu'au repos ...)
- la force de trainée donnée par l'énoncé  $\vec{f} = -6\pi\eta r \vec{v}$

**8.b)** La masse volumique de l'air étant 1000 plus faible que celle de l'eau, on a une poussée d'Archimède 1000 fois plus faible que le poids ... donc on peut la négliger.

**8.c)** Le PFD appliqué à la gouttelette s'écrit

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{\text{eau}} \frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{\text{eau}} g \vec{e}_z - 6\pi\eta r \vec{v} \Rightarrow \underbrace{\frac{2}{9} \frac{r^2 \rho_{\text{eau}}}{\eta}}_{\tau} \frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v} = \underbrace{-\frac{2}{9} \frac{r^2 \rho_{\text{eau}}}{\eta} g \vec{e}_z}_{\vec{v}_{\text{lim}}}$$

**9.** En régime permanent, la vitesse tend donc vers

$$\vec{v}_{\text{lim}} = -\frac{2}{9} \frac{r^2 \rho_{\text{eau}}}{\eta} g \vec{e}_z \quad \boxed{v_{\text{lim}} \simeq 1,2 \text{ cm.s}^{-1}}$$

**10.** Le temps caractéristique d'établissement du régime permanent est

$$\tau = \frac{2 r^2 \rho_{eau}}{9 \eta} \simeq 1,2 \text{ ms}$$

**11.** Si on suppose que le temps d'établissement du régime stationnaire (et donc la distance parcourue pendant cette phase d'établissement du régime stationnaire), on a

$$t_{chute} \simeq \frac{H}{v_{lim}} = 46 \text{ h}$$

A noter qu'on a bien  $t_{chute} \gg \tau$  donc l'approximation est raisonnable

**12.** Aucune idée! Peut être l'agitation thermique qui ferait "remonter" les gouttelettes? Ou alors le fait que la masse volumique  $\rho_{air}$  diminue avec l'altitude?

**13.** Tout plan contenant  $O\vec{M}$  est plan de symétrie donc on a  $\vec{E} = E\vec{e}_r$ .

Par ailleurs, il y a invariance par toutes les rotations donc la composante ne dépend que de  $r$  soit finalement  $\vec{E} = E(r)\vec{e}_r$ .

**14.a)** Il suffit d'appliquer le théorème de Gauss sur une sphère de rayon  $R_1 < r < R_2$

$$\oiint \vec{E} \cdot d\vec{S} = 4\pi r^2 E = \frac{Q}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

**14.b)** Il suffit d'écrire la tension

$$U = V(R_1) - V(R_2) = \int_{R_2}^{R_1} dV = \int_{R_2}^{R_1} -\vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_{R_1}^{R_2} E(r) dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = U$$

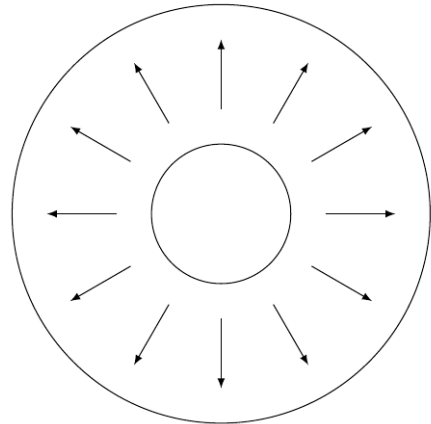
**14.c)** Par définition, la capacité vaut

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{4\pi\epsilon_0}{\left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)}$$

15. Les charges se déplacent dans le même sens que le champ électrique.

16. En lisant, on a  $R_1 = 6370$  km et  $R_2 = 6450$  km, on a donc

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0}{\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)} \simeq 57 \text{ mF}$$



17. En lisant le texte, on a vu que le champ vaut environ  $100 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ .

On en déduit alors  $U = E(R_2 - R_1) \simeq 8 \cdot 10^6 \text{ V}$ .

On en déduit alors l'ordre de grandeur de l'énergie stockée

$$W = \frac{1}{2}CU^2 \simeq 1,8 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

18. Si je m'en remets à l'introduction, le champ électrique change de sens. Il est "sortant" dans le cas de l'orage alors qu'il est entrant dans le cas normale

19.a) Le foudre va au sol donc c'est l'éclair qui correspond au claquage interne.

19.b) Le claquage peut aussi bien commencer au sol qu'au niveau du nuage donc je pense que les deux cas existent ...

20. D'après le texte, le champ électrique vaut  $E_{\text{claquage}} \simeq 20 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$  d'où la tension entre le sol et le nuage à  $h = 2000 \text{ m}$ ,  $U \simeq Eh \simeq 4 \cdot 10^7 \text{ V}$ .

21. La puissance vaut  $P = UI$  et l'énergie d'un éclair vaut donc  $E = Pt = UIt = 2 \cdot 10^{10} \text{ J} = 20 \text{ GJ}$  20GJ ce n'est pas si mal ... Mais comme une centrale nucléaire a une puissance de l'ordre du GW cela correspond à 10s d'une centrale nucléaire... Il va falloir collecter beaucoup d'éclairs ... En plus il faut gérer le flux d'énergie ce qui paraît compliqué (cf la suite)

24. Si on considère un cylindre de rayon  $R$  et de longueur  $l$ , il "suffit" de calculer la puissance libérée par effet Joule et traduire qu'elle sert à chauffer le système.

25. Pour l'effet Joule, on a besoin de la résistance et pour l'échauffement de la capacité calorifique du système.

26. Si on considère un cylindre de rayon  $R$  et de longueur  $l$ , celui-ci a une résistance  $R_{el} =$

$\frac{l}{\gamma\pi R^2}$ . On libère donc une puissance (et ensuite une énergie) par effet Joule

$$P_J = R_{el}(I/2)^2 \quad E_J = R_{el}(I/2)^2\Delta t$$

Cette énergie sert à chauffer le fil soit finalement

$$E_J = R_{el}I^2\Delta t = \frac{l}{4\gamma\pi R^2}I^2\Delta t = C\Delta T = \rho c\pi R^2 l\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{I^2\Delta t}{4(\pi R^2)^2\rho c}$$

**27.a)**  $j$  est en  $A.m^{-2}$ .

**27.b)** On a  $I = jS = 2\pi r^2 j(r)$  (on a seulement une demi-sphère d'où la surface)

**28.a)** On a d'après la loi d'Ohm,  $j = \gamma_{sol}E$  d'où

$$E = \frac{j(r)}{\gamma_{sol}} = \frac{I}{2\pi\gamma_{sol}r^2}$$

**28.b)** On peut alors en déduire le potentiel puisque par définition

$$E(r) = \frac{I}{2\pi\gamma_{sol}r^2} = -\frac{dV}{dr} \Rightarrow V(r) = \frac{I}{2\pi\gamma_{sol}r}$$

**29.a)** Si il y a une différence de potentiel  $U = V(D) - V(D+a)$  entre les pieds de la personne, on a un courant qui circule qui vaut  $U/R_H$ , on veut alors

$$i = \frac{U}{R_H} < I_{max} \Rightarrow \frac{I}{2\pi\gamma_{sol}R_H} \underbrace{\left(\frac{1}{D} - \frac{1}{D+a}\right)}_{\simeq \frac{a}{D^2}} < I_{max}$$

**29.b)** on trouve

$$D > \sqrt{\frac{Ia}{2\pi\gamma_{sol}R_H I_{max}}} \simeq 110 \text{ m}$$

**29.d)** Plus  $a$  est grand plus il faut être loin donc plus on risque d'être électrocuté. Pour la petite histoire, on recommande aux ouvriers EDF de sauter à pieds joints en cas de chute de ligne haute tension.

**30.a)** En utilisant l'expression d'une résistance cylindrique, on trouve

$$dR_c = \frac{dr}{\gamma 2\pi r^2}$$

**30.b)** En intégrant (les couches successives sont en série), on en déduit la résistance

$$R_c = \int_{R_a}^{R_b} \frac{dr}{\gamma 2\pi r^2} = \frac{1}{2\pi\gamma} \left( \frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_b} \right)$$

Il y a confusion entre  $R_a$  et  $R_{int}$  dans le sujet il me semble ...

**31.a)** La résistance du sol se trouve en écrivant la différence de potentiel entre l'électrode et le sol (à l'infini)

$$U = V(R_B) - 0 = \frac{I}{2\pi\gamma_{sol}} \frac{1}{R_B} \Rightarrow R_{sol} = \frac{1}{2\pi\gamma_{sol}R_B}$$

et on en déduit la résistance totale

$$R_{glob} = R_C + R_{sol} = \frac{1}{2\pi\gamma} \left( \frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_b} \right) + \frac{1}{2\pi\gamma_{sol}R_B} \simeq 47 \Omega$$

**31.b)** On est au dessus de la norme préconisée, il faut donc mettre plusieurs prises en parallèle (à partir de 2 ça devrait être bon).