Bac 2009 – Correction de l'épreuve de Physique-Chimie

Un sujet avec beaucoup de valeurs numériques, il fallait donc faire attention aux chiffres significatifs.

Exercice 1 – le synthol

1. Quelques composés du synthol

1.1. Molécule N°1 : vératrole;
molécule N°2 : acide salicylique (car c'est un acide carboxylique);
Molécule N°3 : résorcinol (2 groupements hydroxyle)
1.2.1. $\underline{AH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = A^-_{(aq)} + H_3O^+}$
1.2.2.

Etat du système	Avancement	AH +	H_2O =	A^- +	H_3O^+
	x	n(AH)	$n(H_2O)$	$n(A^-)$	$n(H_3O^+)$
Initial	0	n_0	Excès	0	0
Intermédiaire	x	n_0-x	Excès	x	x
Final	$x_{èq}$	$n_0-x_{èq}$	Excès	$x_{èq}$	$x_{èq}$

1.2.3. à l'équilibre, $n(H_3O^+)= x_{èq}$ donc $[H_3O^+]=x_{èq}/V_0$, or $pH=-\log[H_3O^+]$ donc $pH=-\log(x_{èq}/V_0)$
qui se réécrit : $\underline{x_{èq}=V_0.10^{-pH}}$
1.2.4. Ici, pH=2,6 donc $\underline{x_{èq}=2,5.10^{-4}}$ mol
1.2.5. Le taux d'avancement à l'équilibre est le rapport entre la valeur de l'avancement à l'équilibre et la valeur de l'avancement si la réaction est totale : $\underline{\tau=x_{èq}/x_{max}}$.
Ici, x_{max} est égal à n_0 donc $\tau=2,5.10^{-4}/7,2.10^{-4} \rightarrow \underline{\tau=0,35}$.
Le taux d'avancement est inférieur à 1, la réaction n'est donc pas totale.

2. Dosage de l'acide salicylique

2.1. La masse de 100 mL de synthol est égale $m=\rho.V_0=0,950.100,0=95,0$ g.

Or, dans 100 g de synthol, il y a 0,0105 g d'acide salicylique. On en déduit donc que dans 95,0 g il y aura $0,0105\text{x}0,950=9,97.10^{-3}$ g d'acide salicylique. Soit n=m/M → $\underline{n=7,23.10^{-5}}$ mol. Attention, les arrondis dans les calculs intermédiaires font que l'on risque de trouver 7,25 au lieu de 7,23. Il faut faire le calcul en une seule fois : 0,0105x0,950/138 pour trouver la valeur de l'énoncé.

D'où une concentration égale à $n/V_A=7,23.10^{-5} /0,1000= 7,23.10^{-4}$ mol/L

2.2.1. L'équivalence d'un dosage est atteinte lorsque les réactifs sont dans les proportions stœchiométriques. Ici, comme les coefficients stœchiométriques des réactifs sont égaux à 1, l'équivalence est atteinte lorsque $\underline{n_i(C_7H_6O_3)=n(HO^-)}$.

2.2.2. Cette dernière relation s'écrit $c_A.V_A=c_B.V_{BE}$ soit $c_B=c_A.V_A/V_{BE}$.

On veut que $5,0<V_{BE}<20,0$ on en déduit donc que $\underline{3,6.10^{-3}<c_B<1,4.10^{-2}}$.

2.2.3. Pour obtenir V_1=50,0 mL d'une solution de concentration $c_1=1,0.10^{-2}$ mol/L à partir d'une solution de concentration $c_0=1,0.10^{-1}$ mol/L, il faut faire une dilution telle que $c_0V_0=c_1V_1$

d'où $V_0=c_1.V_1/c_0=1,0.10^{-2}.50,0/1,0.10^{-1}=5,00$ mL

Protocole : prélever 5,00 mL de solution S_0 à l'aide d'une pipette jaugée dans un bécher puis diluer cette solution dans une fiole jaugée de 50,0 mL.

2.3.1.a. On doit choisir l'indicateur coloré de sorte à ce que sa zone de virage corresponde au pH à l'équivalence. On choisira donc le bleu de bromothymol pour une équivalence à pH=7.

2.3.1.b. Le synthol contient un colorant (le jaune de quinoléine - E104) qui risque de perturber l'observation du changement de couleur de l'indicateur coloré (qui passe du Jaune, justement, au bleu).

2.3.2. Le solvant du synthol est constitué à 96 % d'éthanol qui ne permet pas de faire un dosage pH-métrique.

2.4. Schéma classique, voir votre cours...

2.5.1. Après l'équivalence, les ions hydroxyde (HO^-) introduits sont en excès. La concentration de ces ions augmente donc au fur et à mesure des ajouts de la solution titrante. Ceux-ci contribue à la conductivité selon la formule proposée par le sujet et la conductivité augmente après l'équivalence.

2.5.2. Sur le graphique, on lit V_{BE}=6,6 mL.

2.5.3. Ainsi, $n(HO^-)=c_B.V_{BE}=6{,}6.10^{-5}$ mol. Or $n_i(C_7H_6O_3)=n(HO^-)$ donc $c_i(C_7H_6O_3)=6{,}6.10^{-5}/V_A \rightarrow$ $c_i(C_7H_6O_3)= 6{,}6.10^{-4}$ mol/L, valeur légèrement inférieure à celle trouvée à la question 2.1.

Exercice 2 – Frottements avec l'air : qu'en dit la NASA ?

1. Un champ de pesanteur uniforme a la même valeur en tout point de l'espace.

2. La poussée d'Archimède est égale au poids du volume de fluide déplacé : $\vec{\Pi}=-\rho_{air}.V.\vec{g}$

- Direction : verticale
- sens : vers le haut
- valeur : $\Pi=\rho_{air}.V.g$
- Point d'application : centre de gravité du volume de fluide déplacé

3. Le référentiel terrestre étant supposé galiléen, on peut appliquer la seconde loi de Newton au système étudié : $\Sigma\vec{F}_{ext}=m\vec{a}_G$

Ici, le système est soumis à son poids, la poussée d'Archimède et les frottements. La seconde loi de Newton s'écrit donc : $\vec{P}+\vec{\Pi}+\vec{f}=m\vec{a}_G$. Toutes les forces étant verticales, l'accélération étant égale à la dérivée de la vitesse, cette équation se ramène à : $mg-\rho_{air}V\,g+f=m\dfrac{dv}{dt}$

Dans le cas des frottements du type modèle 1 : $m.g(1-\dfrac{\rho_{air}V}{m})-A\eta_{air}v=m\dfrac{dv}{dt}$

Dans le cas des frottements du type modèle 2 : $m.g(1-\dfrac{\rho_{air}V}{m})-B\rho_{air}v^2=m\dfrac{dv}{dt}$

4.1. La vitesse initiale étant nulle, chacune des 2 équations de la question précédente donne : $m.g(1-\dfrac{\rho_{air}V}{m})=ma_0$ on en déduit donc que $a_0=g(1-\dfrac{\rho_{air}V}{m})$

4.2. Pour retrouver a_0 sur le graphique, il faut tracer la tangente à l'origine et calculer sa pente (a=dv/dt). Sur le graphique, on voit que la tangente à l'origine, passe par (0 ; 0) et le point (0,4 ; 2,4). Ainsi, sa pente est de 2,4/0,4=6 m/s² et a_0=6 m/s² .

4.3. $a_0 = g(1 - \frac{\rho_{air} V}{m}) = 9{,}8.(1 - \frac{1{,}2 \times 7}{22}) = 6{,}1$ m/s² soit 6 m/s² avec 1 chiffre significatif. Attention aux unités : masse volumique en g/L, volume en L et masse en g.

5.1. En traçant l'asymptote à la courbe, on trouve une droite d'équation y=2,7 m/s. La vitesse limite est donc de 2,7 m/s.

5.2. Lorsque le système a atteint sa vitesse limite, on est en régime permanent et la vitesse ne varie plus : l'accélération est nulle. Ainsi, l'équation différentielle s'écrit :

$m.g(1 - \frac{\rho_{air} V}{m}) - A \eta_{air} v_{\lim,1} = 0$ ce qui permet d'écrire l'expression de la vitesse :

$$v_{\lim,1} = \frac{m.g(\square - \frac{\rho_{air} V}{m})}{A \eta_{air}}$$

5.3. $v_{\lim,\square} = \frac{m.g(1 - \frac{\rho_{air} V}{m})}{A \eta_{air}} = \frac{\square \times 10^{-3} \times 9{,}8 \times (1 - \frac{1{,}2 \times 7}{22})}{10 \times 2 \times 10^{-5}}$ → $v_{lim,1}$=6,7 10^2 m/s

Attention aux unités : dans ρV/m on peut garder ρ en g/L et m en g car cette grandeur est sans unité. Par contre, dans le reste de l'expression il faut bien convertir m en kg car η est exprimé en kg/m/s

5.4. Graphiquement, on trouve 2,7 m/s il est donc clair que c'est le modèle N°2 qui est adapté à cette étude.

6.1. La navette en orbite possède les énergie cinétique et potentielle de pesanteur.

6.2. 2 TJ correspond à une énergie tandis que 1 MW correspond à une puissance.

6.3. à 28 000 km/h (soit 7 800 m/s) l'énergie cinétique de la navette est de ½.70 000.(7800)²=2,1.10^{12} J=2,1 TJ

à 400 km/h (soit 110 m/s), l'énergie cinétique de la navette n'est plus que de ½.70 000.(110)²=4,2.10^8 J=0,420GJ.

Il faut donc que la navette dissipe 2,1 TJ – 0,42 GJ. Les 0,42 GJ sont négligeables devant les 2,1 TJ. On peut donc estimer que la navette doit dissiper 2 TJ lors de son entrée dans l'atmosphère.

Ces 2 TJ sont dissiper en 2000 secondes : P=2.10^{12}/2000=10^9 W soit 1000 MW ou 1 GW. L'élève a fait une erreur d'unité, c'est 1 GW qui doivent être dissipés, pas 1 MW.

Exercice 3 – Airbag et condensateur, quel rapport ?

1. Comportement de l'accéléromètre en dehors de chocs

1.1. Avant que l'on ferme l'interrupteur, le condensateur est déchargé. La tension à ses bornes est donc nulles. Lorsqu'on ferme l'interrupteur, cette tension reste nulle puisque le condensateur assure toujours la continuité de la tension à ses bornes. Ainsi, la courbe (a) en pointillé est la courbe correspondant à la tension aux bornes du condensateur.

L'intensité qui traverse le circuit est maximale juste après la fermeture de l'interrupteur puis diminue vers 0 au fur et à mesure que le condensateur se charge. C'est donc la courbe (b), en trait plein qui correspond à l'intensité.

1.2. On distingue le régime transitoire (où les grandeurs varient au cours du temps) et le régime permanent (où les grandeurs sont constantes au cours du temps).

1.3. En traçant la tangente à l'origine de uc où en cherchant le temps pour lequel uc est égale à Ex0,6 on trouve que le temps caractéristique τ est égale à 1ns. Cette valeur (10^{-9} s) est très inférieure à la durée du choc (0,2 s).

1.4.Pour un dipôle RC, on sait que τ=RC d'où R= τ/C=$10^{-9}/10^{-10}$ → R=10 Ω.

1.5.1. En régime permanent, on trouve que uc=5,0 V tandis que i=0 A.

1.5.2. q=C.uc → q= $5{,}0.10^{-10}$ C

2.1. les parties de l'accéléromètre correspondant aux armatures mobiles et fixes sont les peignes.

2.2.1. Il est dit que le rapprochement des deux armatures provoquent une augmentation de la capacité du condensateur. On en déduit que c'est l'expression b) C=k/d qui convient.

2.2.2. Dans le circuit, s'il n'y a pas de résistance, on voit que uc=E. On en déduit donc que q=C.uc

2.2.3. Le choc ne modifie pas la valeur de la tension aux bornes de la pile. Ainsi uc qui est égale à la valeur de cette tension n'est pas modifiée. Par contre, le choc augmentant la valeur de la capacité du condensateur, on peut en déduire que q augmente à la suite du choc.

2.3. Si q augmente, alors les électrons se déplacent dans le même sens que lors d'une charge, c'est comme s'il étaient « pompés » par la pile : ils entrent par la borne + de la pile et sortent par la borne -.

2.4. i=dq/dt : l'intensité est lié aux variations de la charge.

On a vu que les tensions n'étaient pas modifiées par le choc, par contre, la charge varie donc l'intensité varie lors du choc. Ainsi, c'est la proposition b) qui est juste : le déclenchement du gonflage de l'airbag est commandé par la détection d'une variation d'intensité dans le circuit.