

Travail demandé

à rendre le 20/03/2026

Chaque étudiant rend une copie même s'il n'est pas interdit de chercher les exercices en groupe.

Problème I - Batterie d'accumulateurs au plomb*Ce sujet est extrait de l'épreuve de physique II Mines-Pont 2025.*

Une batterie au plomb est constituée d'un certain nombre d'éléments accumulateurs logés dans un bac en plastique fermé par un couvercle scellé (figure 1). Chacun de ces accumulateurs est composé d'une électrode positive et d'une électrode négative, baignant toutes deux dans la même solution aqueuse d'acide sulfurique H_2SO_4 (à la concentration c) et de sulfate de plomb II (Pb^{2+} , SO_4^{2-}) (à la concentration c'). Les électrodes sont formées d'une grille (chimiquement inerte mais conduisant l'électricité) dont les alvéoles sont remplies d'une pâte poreuse ; cette pâte est formée de peroxyde de plomb PbO_2 pour une des électrodes et de plomb métallique Pb pour l'autre. Les espèces en solution dans l'eau sont donc seulement H^+ (qu'on pourra choisir de noter H_3O^+), Pb^{2+} et les ions HSO_4^- issus de l'acide sulfurique et SO_4^{2-} ; Pb et PbO_2 sont des solides.

FIGURE 1 – Une batterie 12 V, 65 A·h fabriquée au Royaume-Uni par Yuasa[©]

- – 1. Laquelle des deux électrodes est l'électrode positive ?
Justifier et préciser, pour chacune des deux électrodes, l'équation-bilan de la réaction à l'électrode en fonctionnement spontané (c'est-à-dire en régime de décharge de la batterie).
- – 2. Établir l'expression de la force électro-motrice E d'un tel accumulateur (à 25°C) en fonction des données et des seules concentrations $[\text{H}^+]$ (ou bien $[\text{H}_3\text{O}^+]$) et $[\text{Pb}^{2+}]$.
Supposant pour une batterie la concentration de sulfate de plomb II $c' = [\text{Pb}^{2+}] = 1,0 \text{ mol/L}$, calculer le pH de la solution nécessaire pour obtenir $E = 1,9\text{V}$; commenter.

En toute rigueur l'étude de l'accumulateur devrait être complétée à cause de la formation d'un précipité solide de sulfate de plomb PbSO_4 selon le bilan $\text{Pb}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4$. La prise en compte de cette réaction se traduit par une modification de la force électromotrice E des accumulateurs au plomb par rapport au calcul précédent, qui devient de l'ordre de $2,0\text{V}$. À part cette modification numérique nous ne tiendrons pas compte du précipité de sulfate de plomb dans ce qui suit.

Les batteries d'accumulateurs automobiles ont une force électromotrice E_t de l'ordre de 12 V ; la batterie étudiée ici est caractérisée par sa *capacité* $Q_t = 65 \text{ A}\cdot\text{h}$ (on rappelle que la capacité électrique d'une pile est la valeur de la charge électrique qui la traverse avant que la réaction électrochimique de décharge s'arrête).

- – 3. Combien d'accumulateurs faut-il associer pour réaliser une batterie automobile ?

Représenter cette association sur un schéma.

Quelle est la capacité Q de chacun des accumulateurs ?

En déduire les quantités de matière totales n_{Pb} et n_{PbO_2} contenues dans les grilles de l'ensemble des électrodes contenues dans la batterie au complet (on admettra que ces espèces Pb et PbO₂ sont les seuls réactifs limitants).

Obtenir une valeur imposée du pH impose de pouvoir contrôler la concentration molaire volumique c (ou, ce qui revient au même, la concentration massique c_m) de l'acide sulfurique dans l'accumulateur. On mesure en pratique cette concentration au moyen d'un *pèse-acide*, dispositif qui évalue la masse volumique ρ_{sol} de la solution ou bien sa densité relativement à l'eau pure $d = \rho_{\text{sol}}/\rho_0$. Celle-ci dépend en effet simplement de la concentration totale c en formes sulfatées, $d = a + b \cdot c$ avec $c = [\text{H}_2\text{SO}_4] + [\text{HSO}_4^-] + [\text{SO}_4^{2-}]$, a et b étant des constantes.

- – 4. Déduire des données les valeurs numériques de a et b .

D'après un site technique automobile, la densité de l'électrolyte d'une batterie scellée en bon état doit être de l'ordre de 1,3. En déduire c et commenter.

Dans une solution aqueuse contenant de l'acide sulfurique à la concentration molaire volumique c , on note $x_1 = [\text{H}_2\text{SO}_4]/c$, $x_2 = [\text{HSO}_4^-]/c$ et $x_3 = [\text{SO}_4^{2-}]/c$ et les tracés de $x_1(\text{pH})$, $x_2(\text{pH})$ et $x_3(\text{pH})$ porte le nom de *courbes de prédominance*. Ces courbes sont tracées sur la figure 2.

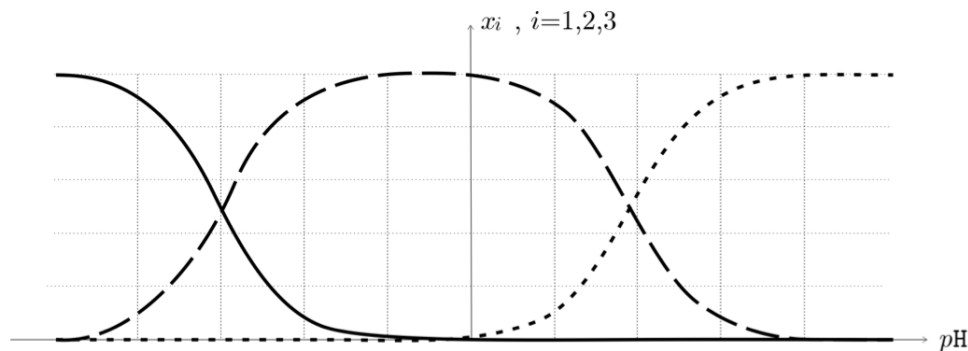


FIGURE 2 – Diagramme de prédominance pour l'acide sulfurique

- – 5. Donner les expressions des constantes d'acidité K_{a_1} et K_{a_2} .

Reproduire rapidement sur votre copie ce diagramme, complété par l'identification des trois courbes et préciser en les justifiant les graduations des axes horizontal et vertical.

- – 6. Déterminer les valeurs de c et c_m dans un accumulateur au plomb à usage automobile ; proposer un commentaire des valeurs numériques obtenues.

Les courbes de la figure 2 ont été tracées au moyen d'un script **Python** utilisant une fonction dont l'en-tête est `def Pred(pH)` : qui, pour une valeur donnée du pH, donne pour résultat le triplet (x_1, x_2, x_3) .

- – 7. Déduire des expressions de K_{a_1} et K_{a_2} celles des x_i et proposer le code **Python** de la fonction `Pred`.

Facteurs de conversion, $P^\circ = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$; $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$; $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$. Concentration de référence $C^\circ = 1 \text{ mol/L}$. Masse volumique de l'eau liquide pure $\rho_0 = 1,0 \text{ kg/L}$.

Constantes physiques :

| | |
|--|---|
| Charge élémentaire | $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ |
| Célérité de la lumière dans le vide | $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ |
| Constante d'AVOGADRO | $\mathcal{N}_A = 6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ |
| Constante de FARADAY | $\mathcal{F} = e\mathcal{N}_A = 9,6 \cdot 10^4 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$ |
| Constante molaire des gaz parfaits | $R = 8,3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ |
| Constante de NERNST à 25°C | $\frac{RT}{\mathcal{F}} \ln 10 = 0,059 \simeq 0,06 \text{ V}$ |
| Permittivité électrique du vide | $\varepsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$ |
| Perméabilité magnétique du vide | $\mu_0 = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ H}\cdot\text{m}^{-1}$ |

Quelques potentiels rédox standard à 25°C :

| | | | | |
|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Couple oxydant/réducteur | $\text{Pb}^{2+} / \text{Pb}$ | $\text{H}_2\text{O} / \text{H}_2$ | $\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$ | $\text{PbO}_2 / \text{Pb}^{2+}$ |
| Potentiel standard E° (V) | -0,13 | 0 | 1,23 | 1,69 |

L'acide sulfurique H_2SO_4 (masse molaire $\mathcal{M} = 98 \text{ g/mol}$; masse volumique de l'acide sulfurique liquide pur $\rho = 1,8 \text{ kg/L}$) est un diacide :

| | | |
|---------------------------------|--|-------------------------------------|
| Couple acide/base | $\text{H}_2\text{SO}_4 / \text{HSO}_4^-$ | $\text{HSO}_4^- / \text{SO}_4^{2-}$ |
| Constante d'acidité K_A° | $pK_{a1} = -3,0$ | $pK_{a2} = 1,9$ |

Problème II - Enregistrer le son : les disques vinyles

Ce sujet est extrait de l'épreuve de physique I Centrale 2025.

I – Chimie et matériaux employés pour les disques vinyle

Les « disques vinyle » sont des dispositifs analogiques permettant la reproduction d'un enregistrement analogique, monophonique ou stéréophonique, par gravure sur un disque plastique. Ils doivent leur nom aux matériaux dont ils sont constitués, comme le polyacétate de vinyle (PVAc) et le polychlorure de vinyle (PVC). Celui-ci, de formule chimique $(\text{CH}_2\text{CHCl})_n$ où le degré de polymérisation n peut être très élevé, est obtenu à partir du chlorure de vinyle par la transformation modélisée par l'équation de réaction (1) : $n \text{CH}_2\text{CHCl} = (\text{CH}_2\text{CHCl})_n$.

Q30. Calculer la proportion en masse du chlore dans le PVC.

Dans un des procédés de synthèse du PVC, un réacteur maintenu à une température de 75°C et sous une pression de l'ordre de 8 bar contient le chlorure de vinyle CH_2CHCl (c'est un liquide dans ces conditions); le PVC produit est un solide insoluble dans le chlorure de vinyle. Chacune de ces deux espèces est supposée pure dans sa phase (respectivement liquide et solide). À 75°C , la constante thermodynamique d'équilibre de la réaction (1) pour les états physiques précédents vérifie $K_1^\circ > 1$.

Q31. Exprimer les activités des espèces présentes dans le réacteur. Conclure sur l'évolution du système siège de la réaction (1).

La synthèse du PVC passe par de nombreuses étapes intermédiaires; certaines d'entre elles sont catalysées par des espèces dérivées du métal Palladium Pd ($Z = 46$). Celui-ci est extrait de ses minerais sous forme d'une solution aqueuse de chlorure de palladium ($\text{Pd}^{2+}, 2\text{Cl}^-$). On le fait alors réagir avec l'acide méthanoïque HCO_2H en solution aqueuse.

Q32. Préciser le nombre d'oxydation de chaque atome dans les espèces Pd^{2+} , Pd et CO_2 .

Q33. Écrire les demi-équations rédox relatives aux couples du palladium $\text{Pd}^{2+}(\text{aq})/\text{Pd}(\text{s})$ et de l'acide méthanoïque $\text{CO}_2(\text{gaz})/\text{HCO}_2\text{H}(\text{aq})$. En déduire l'équation-bilan (2) de la réaction de production du palladium. Calculer la constante thermodynamique d'équilibre K_2° associée à 25°C . Conclure.

Q34. Déterminer si le palladium métallique $\text{Pd}(\text{s})$ peut être oxydé par une solution concentrée d'acide chlorhydrique (acide fort). Déterminer également s'il peut être oxydé en milieu neutre ($\text{pH} = 7$) par le dioxygène de l'air.

L'acide méthanoïque utilisé dans ce procédé est caractérisé par la transformation en solution aqueuse d'équation (3) : $\text{HCO}_2\text{H}(\text{aq}) = \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_2^-(\text{aq})$; sa constante thermodynamique d'équilibre est notée $K_3^\circ = K_a$. Le diagramme de prédominance des espèces $\text{HCO}_2\text{H}(\text{aq})$ et $\text{HCO}_2^-(\text{aq})$ est tracé sur la figure 12 en fonction du pH de la solution.

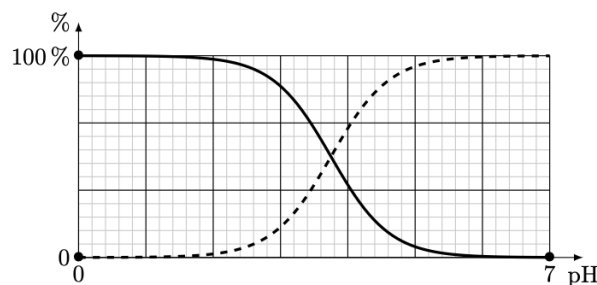


Figure 12 – Diagramme de prépondérance pour l'acide méthanoïque.

Q35. Parmi les deux courbes (en traits plein et en pointillés), identifier celle qui correspond à chacune des deux formes $\text{HCO}_2\text{H}(\text{aq})$ et $\text{HCO}_2^-(\text{aq})$; justifier. En déduire la valeur de K_a .

On prépare 100 mL d'une solution aqueuse en diluant de l'acide méthanoïque dans l'eau de sorte à atteindre la concentration $C = 0,13 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en acide méthanoïque. On dispose à cet effet d'eau purifiée, d'une solution d'acide méthanoïque pur, de masse volumique $\rho = 1,22 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$, et de toute verrerie utile.

Q36. Proposer les phases opératoires et les quantités à utiliser pour préparer cette solution.

Q37. Écrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit lors de cette préparation, puis calculer les concentrations des espèces $\text{HCO}_2\text{H}(\text{aq})$, $\text{HCO}_2^-(\text{aq})$, $\text{H}^+(\text{aq})$ dans la solution et son pH.

L'acide méthanoïque pur peut aussi donner lieu à une réaction libérant le gaz HCO_2H . Avec un odorat moyen, un individu distingue l'odeur de HCO_2H dans l'atmosphère si sa pression partielle atteint $p_{\min} = 10^{-4}$ bar. L'équation de la réaction étudiée est (4) : $\text{HCO}_2\text{H}(\text{liq}) = \text{HCO}_2\text{H}(\text{gaz})$; sa constante thermodynamique d'équilibre $K_4^\circ(T)$ est donnée par $\log_{10}(K_4^\circ) = \alpha - \Theta/T$ où $\alpha = 14,1$ et $\Theta = 5,60 \times 10^3$ K.

Q38. Déterminer pour quelles températures l'odeur caractéristique de l'acide méthanoïque est sensible au-dessus d'un récipient contenant l'acide liquide pur avec un odorat moyen.

II – Enregistrement du son sur un disque vinyle

Les disques microsillon « LP » (*long play*) produits à partir de 1948 tournent à raison de 33 tours par minute. Ils comportent un unique sillon de forme spiralée entre les rayons $r_1 = 5$ cm et $r_2 = 15$ cm du disque (figure 13; sur celle-ci le sillon ne fait que 5 tours, ce qui est bien inférieur à la réalité). La durée de l'enregistrement est limitée à $\Delta t = 23$ min.

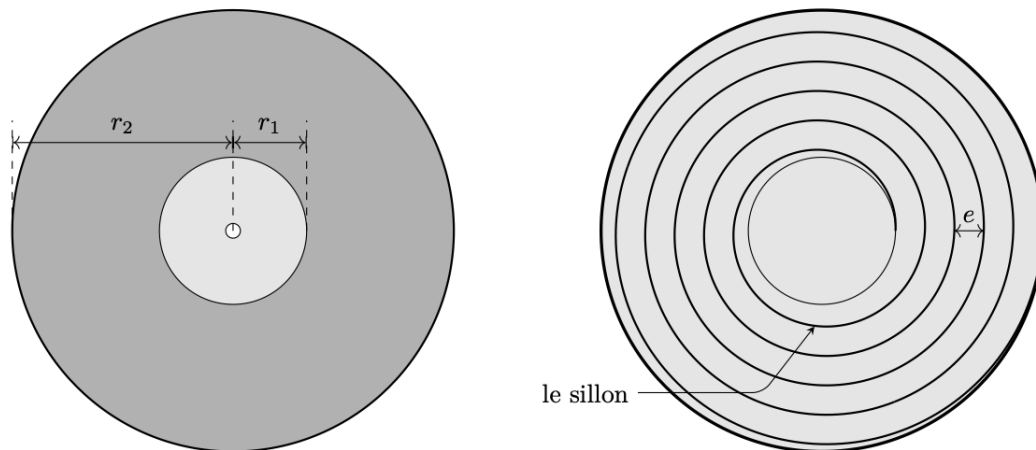


Figure 13 – Géométrie d'un disque vinyle microsillon LP.

Q39. Obtenir, en fonction de r_1 , r_2 , Δt et de la vitesse angulaire ω de rotation du disque, une estimation de la longueur totale L du sillon et de la distance e qui sépare deux passages adjacents du sillon (figure 13). Calculer numériquement L et e .

Pour des raisons techniques, il n'est pas possible de graver des signaux dont la longueur sur le sillon est inférieure à $\ell_{\min} = 20$ μm .

Q40. Déterminer la fréquence maximale enregistrable dans la première partie du disque (près du centre), puis celle pour le bord du disque. Calculer la durée maximale d'un morceau de musique enregistré aux normes Hi-Fi (de 20 Hz à 20 kHz).

Données

| | |
|-------------------------------------|--|
| Charge élémentaire | $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ |
| Célérité de la lumière dans le vide | $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ |
| Célérité du son dans l'air à 25 °C | $c_a \simeq 345 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ |
| Constante d'Avogadro | $\mathcal{N}_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ |
| Constante molaire des gaz parfaits | $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ |
| Constante de Nernst | $\frac{RT}{e\mathcal{N}_A} \ln(10) = 0,06 \text{ V}$ à 25 °C |
| Produit ionique de l'eau à 25 °C | $K_e = 10^{-14}$ (soit $\text{p}K_e = 14$) |

Potentiels standard à 25 °C :

| | |
|---|-------------------------------|
| $\text{H}^+(\text{aq})/\text{H}_2(\text{gaz})$ | $E^\circ = 0$ par convention |
| $\text{O}_2(\text{gaz})/\text{H}_2\text{O}$ | $E^\circ = 1,23 \text{ V}$ |
| $\text{Pd}^{2+}(\text{aq})/\text{Pd}(\text{s})$ | $E^\circ = 0,99 \text{ V}$ |
| $\text{CO}_2(\text{gaz})/\text{HCO}_2\text{H}(\text{aq})$ | $E_M^\circ = -0,20 \text{ V}$ |

Conversions usuelles $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$; $0 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

Masses molaires :

| | |
|-----------|--|
| Hydrogène | $\mathcal{M}_\text{H} = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ |
| Carbone | $\mathcal{M}_\text{C} = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ |
| Oxygène | $\mathcal{M}_\text{O} = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ |
| Chlore | $\mathcal{M}_\text{Cl} = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ |

Problème III - Bienvenue dans les Landes !

Ce sujet est extrait de l'épreuve de physique CCIP MPI 2024.

Partie IV - La préparation du pastis landais

À la fois moelleux et parfumé, le pastis landais (ou « pastis bourrit ») est une pâtisserie traditionnelle née au XIX^e siècle, très prisée lors des fêtes locales. Il s'agit d'une brioche légère de forme tronconique parsemée de morceaux de sucre concassé (**photo 4**). En patois gascon, « pastis » signifie « gâteau » ou « pâte » et « pastis bourrit » veut dire « gâteau à pâte levée » (cette pâtisserie n'a donc rien à voir avec la célèbre boisson anisée !).



Photo 4 - Le pastis landais

Dans sa recette moderne, on utilise de la levure (ou poudre à lever) dont l'objectif est de libérer du dioxyde de carbone gazeux pour faire gonfler la pâte lors de la cuisson. Une fois la levure

mélangée aux ingrédients et humidifiée, le gaz est obtenu par une réaction acidobasique faisant intervenir l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- .

Soit la composition d'un sachet de 15 g de levure :

* 4 g d'amidon ;

* m_d g de diphosphate disodique $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (ou dihydrogénodiphosphate de sodium) ;

* m_b g de bicarbonate de sodium NaHCO_3 (ou hydrogénocarbonate de sodium).

L'amidon joue le rôle de stabilisateur pour que les deux composés actifs ne réagissent pas entre eux pendant la durée de stockage du sachet (ce dernier devant être conservé à l'abri de toute trace d'humidité).

Le **tableau 2** donne les noms des ions utiles dans cette partie.

| Ions | $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$ | $\text{HP}_2\text{O}_7^{3-}$ | $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ | HCO_3^- | CO_3^{2-} |
|--------------|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------|
| nom des ions | dihydrogénéodiphosphate | monohydrogénéodiphosphate | diphosphate | hydrogénéocarbonate | carbonate |

Tableau 2 - Noms des ions diphosphates et carbonates

Données à 25 °C :

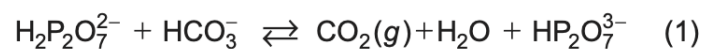
| Couples acido-basiques | $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-} / \text{HP}_2\text{O}_7^{3-}$ | $\text{HP}_2\text{O}_7^{3-} / \text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ | $\text{CO}_{2,\text{aqueux}} / \text{HCO}_3^-$ | $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$ |
|------------------------|--|--|--|-------------------------------------|
| pKa | $\text{pKa}_1 = 6,7$ | $\text{pKa}_2 = 9,3$ | $\text{pKa}_3 = 6,3$ | $\text{pKa}_4 = 10,3$ |

Tableau 3 - Couples acido-basiques et leur pKa

Équilibre de solubilité du CO_2 dans l'eau et sa constante d'équilibre :



On donne la réaction d'équilibre entre l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- et l'ion dihydrogénodiphosphate $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$:



Q23. En assimilant la réaction dans la pâte à la réaction en solution aqueuse, exprimer en fonction de K_{a1} , K_{a3} et de K_s , la constante d'équilibre de la réaction (1), puis donner sa valeur numérique à 25 °C.

Peu avancée à température ambiante, cette réaction devient totale lors de la cuisson, le chauffage déplaçant l'équilibre dans le sens du dégazage de CO_2 . Des alvéoles se forment alors au sein de la pâte qui se solidifie en une structure "aérienne" et dilatée : c'est la "levée".

Q24. On utilise un sachet de 15 g de levure. Calculer les masses m_d de $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ et m_b de NaHCO_3 contenues dans le sachet pour assurer la stœchiométrie de la réaction (1).

Q25. Quel volume de CO_2 un sachet de levure peut-il libérer sous une pression égale à 1 bar et une température égale à $170\text{ }^\circ\text{C}$ si on suppose totale la réaction (1) et si on assimile le gaz à un gaz parfait ?

Il est aussi bien connu des amateurs pâtisseries que le bicarbonate de sodium seul peut être utilisé comme poudre à lever, mais qu'il donne un goût amer aux pâtisseries en raison du caractère basique de l'ion carbonate formé. La formulation combinée d'un sachet de levure en bicarbonate et en dihydrogénodiphosphate évite cet inconvénient en permettant des valeurs de pH modérément basiques. On se propose de vérifier ce point.

Le diagramme simulé **figure 8** représente le logarithme décimal des concentrations des espèces H_3O^+ , OH^- , $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$, $\text{HP}_2\text{O}_7^{3-}$ et $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ en fonction du pH, dans une solution de concentration totale C_p en espèces phosphorées. La valeur numérique de C_p a été choisie pour correspondre à la situation de la question **Q27**.

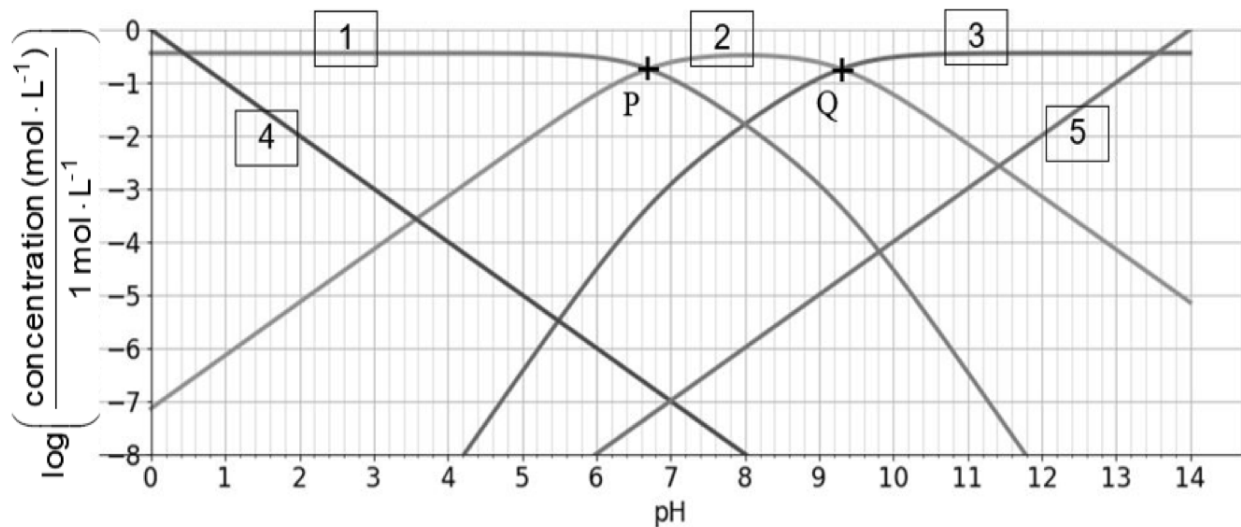
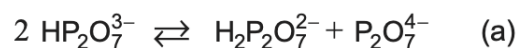


Figure 8 - Diagramme pour les espèces H_3O^+ , OH^- , $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$, $\text{HP}_2\text{O}_7^{3-}$ et $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$

- Q26.** a) Pour chaque numéro de courbe de la **figure 8**, attribuer l'espèce correspondante.
 b) Déterminer C_p par lecture sur le diagramme.
 c) Expliquer à quelles valeurs théoriques correspondent les abscisses des points P et Q.

Q27. On réalise l'expérience suivante : un sachet de 15 g de levure est dissous dans 100 mL d'eau. On chauffe pour rendre la réaction (1) totale. Après retour à température ambiante et en négligeant la quantité de CO_2 dissous restant en solution après dégazage dans l'air, trouver, par lecture en **figure 8**, le pH de la solution finale obtenue, sachant que, dans cette hypothèse, le pH est déterminé par la seule réaction d'équilibre (a) suivante :



Partie VI - Bronzage sur les plages de la Côte d'Argent et protection solaire

Données :

| | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------|-----------------------------|
| Couple d'oxydoréduction | $C_6H_6O_6 / C_6H_8O_6$ | I_2 / I^- | $S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-}$ |
| Potentiel standard E° (en V) | 0,13 | 0,54 | 0,08 |

La plage est le lieu privilégié pour le bronzage. Cependant, l'exposition aux rayons ultraviolets (UV) constitue le principal facteur des cancers de la peau. Une dose excessive de rayons UV agresse les cellules cutanées et peut provoquer des dommages irréversibles. Il est donc essentiel de se protéger, par exemple par l'application sur la peau d'une crème solaire.

Les crèmes solaires contiennent des anti-oxydants, c'est-à-dire des substances réductrices qui défendent les cellules contre les molécules instables, nommées radicaux libres, générées par l'action des rayonnements UV.

La vitamine E (ou α -tocophérol, de formule brute $C_{29}H_{50}O_2$) et la vitamine C (ou acide ascorbique, de formule brute $C_6H_8O_6$) sont de puissants antioxydants.

On propose d'étudier le titrage iodométrique de l'acide ascorbique contenu dans une poudre (p) intervenant comme matière première dans la fabrication d'une crème solaire.

Pour ce faire, on prépare les trois solutions ci-dessous :

- une solution (a) obtenue par dissolution de 500 mg de (p) dans 100 mL d'eau ;
- une solution (i) obtenue par dissolution de 1,250 g de cristaux de diiode dans 100 mL d'eau ;
- une solution (t) obtenue par dissolution de 1,500 g de cristaux de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$ dans 100 mL d'eau.

Dans un erlenmeyer, on introduit un volume $V_a = 20,0$ mL de solution (a). On note n_a la quantité d'acide ascorbique inconnue contenue dans ce prélèvement. On verse ensuite un volume $V_i = 30,0$ mL de solution (i).

L'erlenmeyer est bouché, le mélange est agité puis laissé au repos pendant 15 min.

On dose ensuite le diiode en excès par la solution (t). Le volume obtenu à l'équivalence est égal à $V_t = 19,4$ mL.

Q36. Calculer les concentrations en quantité de matière C_i et C_t des solutions (i) et (t) en diiode et en ion thiosulfate $S_2O_3^{2-}$.

Q37. Écrire l'équation bilan de la réaction (supposée totale) se produisant dans l'erlenmeyer avant l'étape de dosage, puis écrire l'équation bilan de la réaction de dosage.

Q38. Exprimer n_a en fonction de C_i , V_i , C_t et de V_t .

Q39. Déterminer le degré de pureté de (p) défini par la fraction massique de (p) en acide ascorbique.