

Corrigé du bac 2015 : Physique- Chimie Spécialité Série S – Pondichéry

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2015

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8

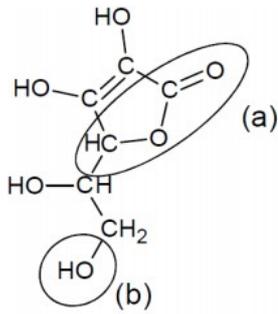
L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Correction proposée par un professeur de physique-chimie pour
le site www.sujetdebac.fr

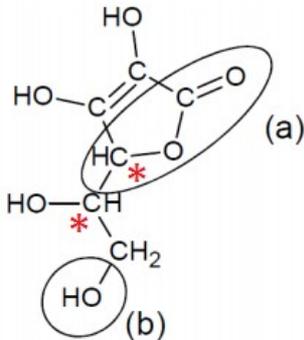
EXERCICE I. LA VITAMINE C (9 points)

1 . Étude de la molécule de l'acide ascorbique



1.1) Le groupe (a) RC_2OOH appartient à la famille des esters. Le groupe (b) R-OH quant à lui appartient à la famille des alcools.

1.2.1) La molécule d'acide ascorbique possède deux carbones asymétriques, c'est à dire 2 carbones reliés à 4 substituants différents. Ils sont repérés par le symbole « * » sur le schéma ci-dessous.

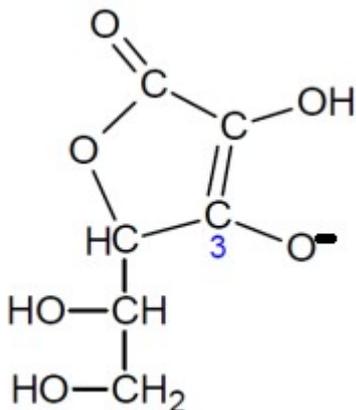


1.2.2) Nous pouvons tout d'abord éliminer la première proposition, qui est d'affirmer qu'elles sont identiques : les représentations 1 et 2 ne le sont pas.

En se référant à ces deux représentations de la molécule, on remarque également qu'elles sont images l'une de l'autre dans un miroir plan (c'est à dire qu'elles sont identiques mais non superposables) : il s'agit de la définition même des énantiomères.

Entre les représentations 2 et 3 ou 1 et 3, seule la configuration d'un carbone asymétrique change : il s'agit donc de diastéréoisomères.

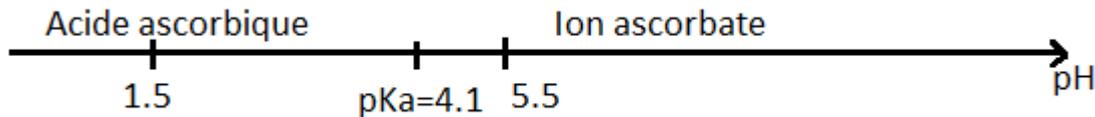
1.3) On nous dit que : « les propriétés acido-basiques de [la] molécule [d'acide ascorbique] sont dues à l'hydrogène porté par l'oxygène du groupe caractéristique associé à l'atome de carbone en position 3 ». Pour obtenir la base associée à cet acide, il nous faut alors nous séparer de cet hydrogène marquant sa propriété acide. L'ion ascorbate sera donc représenté tel que :



1.4) Pour répondre à cette question, nous allons raisonner sur les pH des substances en contact avec la substance active contenue dans le comprimé de vitamine C, à savoir ceux de la salive sur la langue ainsi que celui des sucs gastriques de l'estomac.

Le pH de la salive se situe entre 5,5 et 6,1, et celui des sucs gastriques est environ égal à 1,5.

Traçons le diagramme de prédominance du couple étudié dans cet exercice :



On remarque que pour un pH=1,5, c'est l'acide qui prédomine. En revanche, lorsque le pH vaut 5,5 et au-delà, c'est la base qui prédomine.

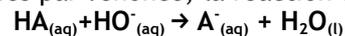
On en déduit que sur la langue, la substance active ingérée se présente sous la forme basique et dans l'estomac, elle se présente sous forme acide.

2. Vérification de la masse d'acide ascorbique dans un comprimé

2.1) Le protocole de préparation de la solution aqueuse S_A est en réalité un simple protocole de dilution. Pour réaliser la préparation, il nous faudra :

- Peser puis introduire le comprimé dans une fiole jaugée de 200 mL. Il est préférable de l'écraser au préalable pour une dissolution plus rapide (attention, dans ce cas mieux vaut peser le comprimé après l'avoir écrasé pour éviter une trop grande imprécision lorsqu'on voudra déterminer le rendement)
- Remplir la fiole aux 2/3 avec de l'eau distillée et bien secouer pour bien dissoudre le comprimé
- Compléter jusqu'au trait de jauge toujours avec de l'eau distillée
- Bien secouer afin d'homogénéiser une dernière fois : la solution est prête !

2.2) En adoptant les notations suggérées par l'énoncé, la réaction du titrage s'écrit :



2.3) Supposons que cette solution convient. A l'équivalence, les réactifs ont été introduits et ont réagit dans les proportions stœchiométriques. Ainsi, $n_{\text{HO}^-} = n_{\text{AH}}$, d'où $c_{\text{HO}^-} \times V_E = c_{\text{AH}} \times V$

$$\text{puis } V_E = \frac{c_{\text{AH}} \times V}{c_{\text{HO}^-}} = \frac{(1,43 \cdot 10^{-3}) \times 0,2}{0,1} = 1,4 \text{ mL}$$

Nous aurions voulu un volume équivalent proche des 10 mL : il suffit alors de prendre une concentration de HO^- de **0,01 mol/L** (c'est à dire de diluer 10 fois la solution de laboratoire!).

2.4) Il faut raisonner en deux temps pour répondre à cette question, à savoir « avant l'équivalence », puis « après l'équivalence ».

Avant l'équivalence, et avant même l'introduction de la première goutte de la solution d'hydroxyde de sodium, il n'y a pas d'ions présents dans le mélange. Lorsqu'on commence la réaction, les ions HO^- introduits réagissent immédiatement pour donner A^- , et les ions Na^+ restent dans le bécher : la conductivité augmente.

Après l'équivalence, tous les ions HO^- ont réagi avec les molécules HA d'acide; ils sont donc en excès dans la solution. La quantité d'ions sodium augmente également, et celle d'ions A^- est à son maximum: la conductivité augmente encore plus (de façon intuitive on sent bien qu'il y a plus d'ions au total après l'équivalence).

La courbe qui correspond à ce raisonnement est la courbe 2.

2.5.1) Calculons l'incertitude relative :

$$\frac{U(m_{\text{exp}})}{m_{\text{exp}}} = \sqrt{\frac{U(V_E)^2}{V_E^2} + \frac{U(c_B)^2}{c_B^2}} = \sqrt{\frac{0,2^2}{9,1^2} + \frac{0,02^2}{1,50^2}} \approx 0,026$$

L'incertitude relative est d'environ 2,6 %.

2.5.2) L'incertitude sur la masse expérimentale d'acide ascorbique vaut :

$$U(m_{\text{exp}}) = 245 \times 0,026 \approx 6,3 \text{ mg} \approx 7 \text{ mg}$$

La masse d'acide ascorbique contenue dans le comprimé vaut alors $(245 \pm 7) \text{ mg}$, ce qui est en accord avec les indications sur la boîte de comprimés.

3. Vérification de la masse d'ion ascorbate dans un comprimé

3.1) Pour vérifier par titrage la masse d'ascorbate de sodium contenue dans un comprimé, il faut choisir comme réactif titrant la solution aqueuse d'acide chlorhydrique (choix B). En effet, l'ascorbate de sodium étant une base faible, il faut qu'il soit titré par un acide fort, ce qui est le cas de l'acide chlorhydrique.

3.2) La masse d'ascorbate de sodium trouvée après titrage correspond à celle indiquée sur l'emballage, à savoir 285 mg. La masse d'acide ascorbique vaut quant à elle 250 mg.

Calculons la masse d'acide ascorbique équivalente après une réaction mol à mol entre HA et A⁻ :

$$m_{\text{HA}} = \frac{m_{\text{A}}}{M_{\text{A}}} \times M_{\text{HA}} = \frac{0,285}{198,1} \times 176,1 = 253 \text{ mg}$$

Au total, on obtient $250 + 253 = 503 \text{ mg}$ d'acide ascorbique : on a bien une valeur proche de 500 mg.

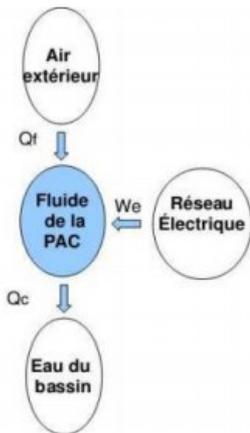
3.3) L'avantage d'une telle formule dans le comprimé réside dans la facilité à se dissoudre : en effet, l'acide ascorbique est beaucoup moins soluble dans l'eau que ne l'est l'ascorbate de sodium. Ainsi, il se dissoudra plus aisément dans l'eau !

Par ailleurs, cette formulation présente également l'avantage d'être moins agressive pour l'organisme car moins acide.

EXERCICE II. TRANSFERT THERMIQUE LORS DU CHAUFFAGE D'UNE PISCINE (6 points)

1. Fonctionnement global de la pompe à chaleur

1.1) Référons nous au schéma énergétique de la PAC, figure 1 :



On remarque alors très facilement que Q_f et W_e sont les énergies reçues par le fluide de la PAC, et que Q_c est l'énergie cédée par le fluide de la PAC.

1.2) Lors d'un cycle, la variation d'énergie interne est nulle : $\Delta U = 0$.

Or $\Delta U = Q + W$; sachant que les énergies reçues sont comptées positivement (et que les énergies cédées sont comptées négativement), on peut écrire : $\Delta U = Q_f - Q_c + W_e$.

Ainsi, $Q_f - Q_c + W_e = 0$ et enfin, $Q_c = Q_f + W_e$.

2. Étude du fluide frigorigène

2.1) Lors de son passage dans le vaporisateur, le fluide frigorigène contenu dans la PAC subit une vaporisation : il passe de l'état liquide à l'état vapeur.

Lors de ce changement d'état, le fluide a reçu de l'énergie.

Remarque : Si vous n'êtes pas convaincu, imaginez-vous chez vous en train de vous faire cuire des pâtes. Pour réussir à cuire vos pâtes, vous allez vouloir porter à ébullition l'eau contenue dans votre casserole. Vous allez donc vouloir réaliser une transformation liquide → vapeur (du moins en partie, il faut quand même qu'il vous reste de l'eau pour vos pâtes). Cette transformation ne peut pas se faire toute seule : il faut chauffer l'eau pour la vaporiser. Ainsi, vous lui avez apporté de l'énergie !

2.2) L'air extérieur et le fluide frigorigène ne sont pas en contact : l'énergie qui circule est transférée par conduction.

3. Chauffage de l'eau du bassin d'une piscine

3.1) La variation d'énergie interne de l'eau s'exprime ainsi : $\Delta U_{eau} = m \cdot c \cdot \Delta T$
Sachant que $m = \rho \cdot V$, on peut écrire : $\Delta U_{eau} = \rho \cdot V \cdot c \cdot \Delta T$

$$\text{D'où } \Delta U_{eau} = 1000 \times 560 \times 4,18 \cdot 10^3 \times (28 - 17) = 2,6 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

De plus, Q_c est égal à la variation d'énergie interne : $Q_c = 2,6 \cdot 10^{10} \text{ J}$.

3.2) D'après la question 1.2), on a : $Q_c = Q_f + W_e$

Ainsi, l'énergie transférée par l'air extérieur vaut : $Q_f = Q_c - W_e = 2,6 \cdot 10^{10} - 8,0 \cdot 10^9 = 1,8 \cdot 10^{10} \text{ J}$

3.3) D'après les données : « Le coefficient de performance η d'une pompe à chaleur traduit donc la performance énergétique de celle-ci. Il est défini par le rapport de l'énergie utile fournie par la PAC sur l'énergie électrique requise pour son fonctionnement. »

Ainsi, l'énergie fournie par la PAC étant Q_c et l'énergie requise étant W_e , on a :

$$\eta = \frac{Q_c}{W_e} = \frac{2,6 \cdot 10^{10}}{8,0 \cdot 10^9} = 3,2$$

4. Enjeux énergétiques

4.1) Soit $\eta = 3,0$, alors l'énergie électrique qui a été nécessaire pour chauffer l'eau, avec la PAC, est de :

$$\frac{Q_c}{\eta} = \frac{2,6 \cdot 10^{10}}{3} = 8,7 \cdot 10^9 \text{ J}$$

Ainsi, on calcule un rendement qui nous donnera l'économie d'énergie réalisée :

$$\frac{2,6 \cdot 10^{10} - 8,7 \cdot 10^9}{2,6 \cdot 10^{10}} = 0,67$$

On réalise bien une économie d'énergie de 67 %.

4.2) Leur coefficient de performance étant élevé, les pompes à chaleur représentent une source de chauffage non négligeable face à des systèmes moins performants et très gourmands en énergie. De plus, elles utilisent l'air environnant pour délivrer de la chaleur, ce qui est un gros avantage en terme de coût mais également au niveau écologique.

EXERCICE III. DES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES POUR UN TOUR DU MONDE EN AVION (5 POINTS)

« Vérifier que le nombre de cellules photovoltaïques sur Solar Impulse 2 et la capacité de stockage des batteries sont suffisants pour lui permettre une autonomie de 24 heures. Vous rédigerez une réponse argumentée, en détaillant votre démarche. »

Pour commencer, nous allons calculer les dépenses en énergies de l'avion. Nous partons du principe que l'avion décolle avec ses batteries complètement chargées.

Lors de son décollage (supposons qu'il ait lieu en tout début de journée) et pendant la durée du trajet, c'est à dire 12h, l'énergie consommée par les moteurs vaut :

$$E_{\text{moteurs}} = P \times t = 15 \times 736 \times 12 = 1,32 \cdot 10^5 \text{ W} \cdot \text{h}$$

Lorsque la nuit arrive, l'énergie consommée par les moteurs est sensiblement la même, mais au lieu d'être captée par les cellules photovoltaïques comme en journée, elle sera puisée des batteries.

Place à la vérification :

Calculons maintenant la surface des cellules photovoltaïques. Grâce à la fiche technique, nous apprenons que le nombre de cellules doit être supérieur à 17 000.

Avec 17 000 cellules de $12,5 \text{ cm}^2$, on obtient une surface égale à :

$$S = 17\,000 \times 12,5^2 = 26600 \text{ cm}^2 = 266 \text{ m}^2$$

Nous voulons tout d'abord vérifier que le nombre minimal de cellules fixé ici suffit à accorder une autonomie de 24h pour Solar Impulse 2.

Nous allons donc calculer l'énergie reçue par jour par 1 m^2 de cellule, puis sur toute la surface des cellules photovoltaïques. L'énoncé nous donne la réponse pour la première énergie à calculer dans la simple phrase : « une surface horizontale de 1 m^2 reçoit de la part du Soleil une puissance moyenne calculée sur 24 heures égale à 250 W ». Ainsi, on a :

$$E(1 \text{ m}^2) = 250 \times 24 = 6000 \text{ W} \cdot \text{h} \text{ pour } 1 \text{ m}^2 \text{ de cellule.}$$

Étendu à la totalité de la surface, on obtient une énergie valant $E_{\text{totale}} = 6000 \times 266 = 1,60 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot \text{h}$

L'énergie électrique produite correspondante s'obtient en multipliant l'énergie totale par le rendement :

$$E_{\text{elec}} = E_{\text{totale}} \times \text{rendement} = 1,60 \cdot 10^6 \times 0,23 = 3,68 \cdot 10^5 \text{ W} \cdot \text{h} > 1,32 \cdot 10^5 \text{ W} \cdot \text{h}$$

Cette valeur est supérieure à l'énergie consommée par l'avion lors du trajet en journée : les cellules photovoltaïques sont capables d'assurer le trajet en journée, soit 12h environ.

Vérifions maintenant par le calcul que la capacité de stockage des batteries permet bien à Solar Impulse 2 de tenir 24h au total (ces batteries seront essentiellement utilisées la nuit).

L'énoncé nous dit qu'il y a « quatre batteries au lithium, d'une masse totale de 633 kg et d'une densité énergétique de $260 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$ ».

Ainsi, la capacité de stockage C de l'ensemble des 4 batteries vaudra :

$$C = 260 \times 633 = 1,64 \cdot 10^5 \text{ W} \cdot \text{h} > 1,32 \cdot 10^5 \text{ W} \cdot \text{h}$$

Cette valeur est également supérieure à la valeur de l'énergie consommée par l'avion lors du vol de nuit : les batteries sont capables elles aussi d'assurer un voyage de 12h.

A l'aube du 2ème jour du voyage, les batteries sont en parties déchargées. Elles contiennent encore de l'énergie :

$$1,64 \cdot 10^5 - 1,32 \cdot 10^5 = 0,32 \cdot 10^5 \text{ W} \cdot \text{h}$$

Durant la journée, le soleil revient et l'énergie provient directement des panneaux solaires. On a vu que l'énergie produite par les panneaux solaires est supérieure à l'énergie nécessaire pour les moteurs.

Vérifions que cet excédent d'énergie permet bien de recharger les batteries afin de prévoir le vol durant la nuit suivante.

Energie disponible pour le rechargement des batteries = Energie produite - Energie consommée par les moteurs = $3,7 \cdot 10^5 - 1,32 \cdot 10^5 = 2,4 \cdot 10^5 \text{ W} \cdot \text{h}$

Cette valeur est supérieure à la capacité de stockage des batteries, donc elles seront rechargées en totalité.

L'association des cellules photovoltaïques ainsi que des batteries au lithium permettent bien d'effectuer un vol de 24h sans problème.