

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

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2015

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

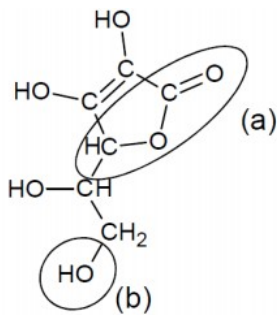
L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

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

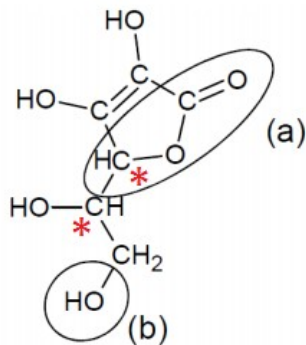
EXERCICE I. LA VITAMINE C (9 points)

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.

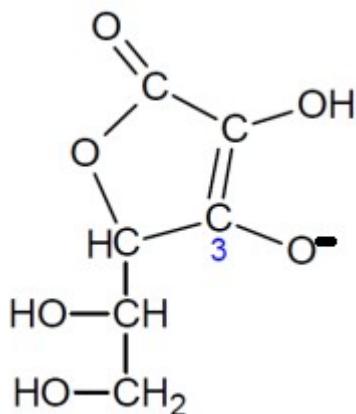


1.2.2) Nous pouvons tout d'abord éliminer la première proposition, qui est d'affirmer qu'elles sont identiques : les représentations 1 et 2 ne le sont pas.

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.

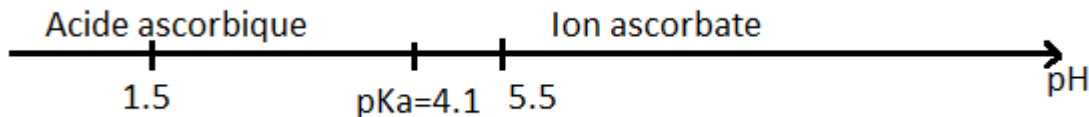
1.3) On nous dit que : « les propriétés acido-basiques de [la] molécule [d'acide ascorbique] sont dues à l'hydrogène porté par l'oxygène du groupe caractéristique associé à l'atome de carbone en position 3 ». Pour obtenir la base associée à cet acide, il nous faut alors nous séparer de cet hydrogène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

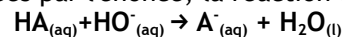
On en déduit que sur la langue, la substance active ingérée se présente sous la forme basique et dans l'estomac, elle se présente sous forme acide.

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 réagi 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.

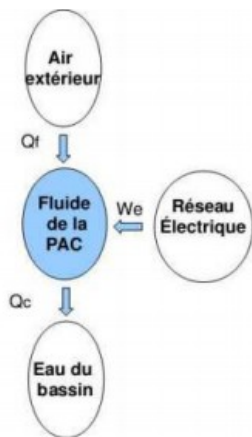
3.3) L'avantage d'une telle formule dans le comprimé réside dans la facilité à se dissoudre : en effet, l'acide ascorbique est beaucoup moins soluble dans l'eau que ne l'est l'ascorbate de sodium. Ainsi, il se dissoudra plus aisément dans l'eau !

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. LES ONDES AU SERVICE DE LA VOITURE DU FUTUR (5 points)

1. Propriétés de quelques capteurs présents dans la voiture autonome

1.1) Dans l'énoncé, on apprend que «Le radar utilise des ondes radio. Le sonar utilise des ultrasons tandis que le laser d'un LIDAR émet des impulsions allant de l'ultra-violet à l'infrarouge. »

Nous pouvons donc compléter le tableau fourni en annexe, car en effet, les ondes radio ainsi que les impulsions allant de l'ultra-violet à l'infrarouge sont des ondes électromagnétiques :

Tableau à compléter

Capteur	Type d'onde utilisée par le capteur : mécanique / électromagnétique	Points forts	Points faibles
Radar	Electromagnétique	Longue portée, robustesse face aux conditions météorologiques, bonne performance de détection.	Pollution électromagnétique, coût relativement élevé, encombrement, interférences électromagnétiques.
Capteurs à ultrasons	Mécanique	Réalisation simple, coût abordable traitement simple des données.	Précision de détection sujette à la température, sensibilité aux conditions météorologiques.
Capteur laser (LIDAR)	Electromagnétique	Longue portée, grande précision, bonne résolution, coût accessible.	Dérèglements fréquents, grande sensibilité aux conditions météorologiques, interférences.

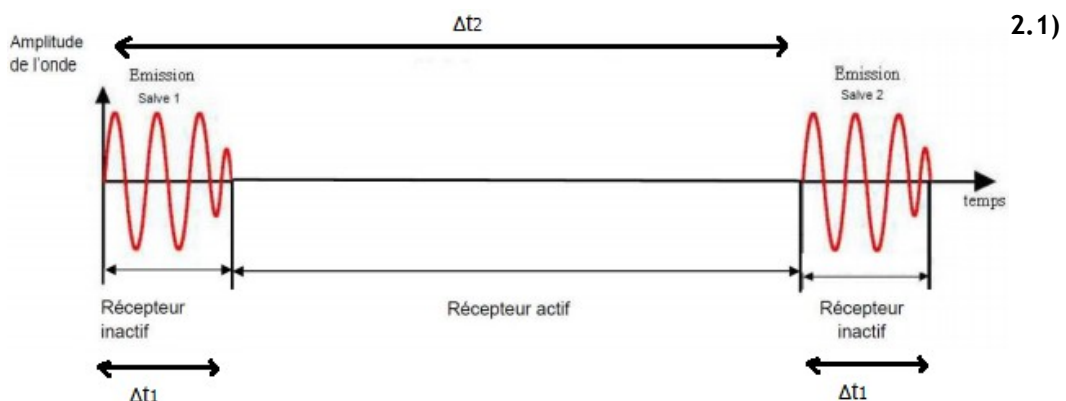
1.2) Le capteur radar d'un système ACC émet des fréquences comprises entre 76 et 77 GHz. Calculons la longueur d'onde associée à la valeur de fréquence la plus élevée :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{76 \cdot 10^9} = 3,9 \text{ mm}$$

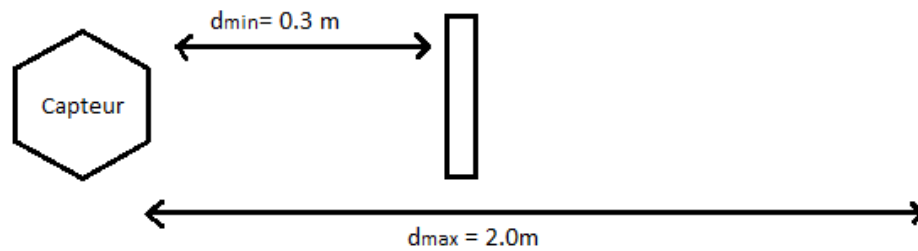
Cette longueur appartient à l'intervalle correspondant à la bande W.

1.3) Si l'objet se rapproche de l'émetteur, la fréquence de l'onde réfléchie augmente.
Si l'objet s'éloigne de l'émetteur, la fréquence de l'onde réfléchie diminue.

2. Plage de détection d'un obstacle pour le « radar de recul »



2.2)



2.3) La distance parcourue par l'onde pendant Δt est $d=2d_{\min}$. Comme $v=d/\Delta t$, on a :

$$2 \times d_{\min} = v \times \Delta t_1 \quad \text{d'où} \quad \Delta t = \frac{2 \times d_{\min}}{v} = \frac{2 \times 0,3}{343} = 1,7 \text{ ms} = \Delta t_1$$

2.4) Le capteur possède deux modes de fonctionnement : émetteur et récepteur. Si la durée de l'onde émise est inférieure à Δt_1 , le capteur ne peut pas détecter l'obstacle de manière satisfaisante car il sera encore en train de fonctionner en mode émetteur et non pas en mode récepteur.

2.5) Pour que le capteur puisse détecter un obstacle à une distance inférieure à d_{\min} , il faut modifier la durée d'émission pour que l'onde ait le temps de parcourir la distance le temps que le capteur repasse en mode récepteur.

2.6) En reprenant la question 2.3) mais avec la distance maximale cette fois : $2 \times d_{\min} = v \times \Delta t_1$

$$\text{Puis,} \quad \Delta t_1 = \frac{2 \times d_{\max}}{v} = \frac{2 \times 2,0}{343} = 12 \text{ ms} = \Delta t_2$$

La valeur de la portée maximale de ce capteur est liée essentiellement à la durée entre deux émissions de salves.

3) Les trois capteurs ont chacun leurs propres spécificités. Ainsi, selon la nature de l'obstacle à détecter, un capteur sera préféré à un autre ; par exemple, concernant le radar, il est dit qu'il possède une « longue portée, robustesse face aux conditions météorologiques, bonne performance de détection » ce qui conviendra alors parfaitement lors de la détection d'obstacles lointains. En revanche, le capteur à ultrasons sera quand à lui utile pour détecter des obstacles beaucoup plus proches.

N'utiliser qu'un seul des trois capteurs reviendrait à se priver des bénéfices des autres, et à ne pouvoir donc détecter qu'un seul type d'obstacle, ce qui rendrait la voiture beaucoup moins performante.