

Préambule

Ce document est une proposition de correction d'épreuve du CAPES externe de physique-chimie. Il ne doit pas être considéré comme un modèle de copie à rendre mais plutôt comme une aide à la correction.

Il est possible que quelques erreurs se soient glissées dans cette version. Si vous pensez en avoir trouvé une, merci de me contacter via l'adresse phy-chim@laposte.net ou en flashant le QR-code suivant ;



Si vous appréciez la qualité de ce document vous pouvez me soutenir en effectuant un don en cliquant [ICI](#) ou en flashant le QR-code ci-dessous :



Ce document est mis à disposition gratuitement selon les termes de la Licence Creative Commons : Attribution – Pas d'utilisation commerciale – Partage dans les mêmes conditions 4.0 International.

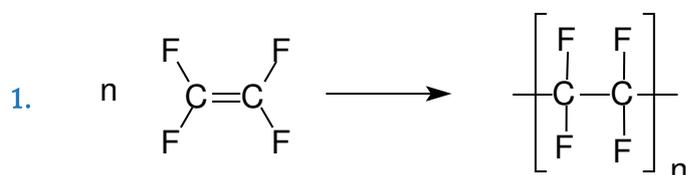


Table des matières

2021 – COMPOSITION : CHIMIE ET SPORT

I – Des matériaux innovants au service de la performance.....	3
II – Optimiser les apports énergétiques – l'alimentation du sportif.....	4
1) Du saccharose au glucose, le « carburant » du sportif	
2) La chimie de l'effort : utilisation du glucose, ATP	
a) Le glucose	
b) Le rôle métabolique de l'ATP	
c) Résolution de problème	
3) Compenser les pertes dues à l'effort	
III – Étude d'un produit dopant.....	11
1) Étude de la molécule de salbutamol	
2) Synthèse du salbutamol	
3) Dosage du salbutamol	

I – Des matériaux innovants au service de la performance



2. Sur l'image le diamètre apparent des pores est de l'ordre de $d = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$.

En tenant compte du grossissement on trouve un diamètre réel de $d_{\text{pore}} = \frac{1 \cdot 10^{-2}}{40000} \approx 10^{-7} \text{ m}$.

Remarque : le texte annonce une densité de « 1 milliard de pores par cm^2 ».

On en déduit la surface d'une pore $S_{\text{pore}} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / 10^9 = 10^{-13} \text{ m}^2$ puis le diamètre correspondant : $d_{\text{pore}} = \sqrt{4 \cdot S / \pi} = \sqrt{4 \times 10^{-13} / \pi} \approx 10^{-7} \text{ m}$ ce qui est cohérent avec le résultat précédent

Le diamètre d'une goutte est : $d_{\text{goutte}} = 100 \mu\text{m} = 10^{-4} \text{ m}$.

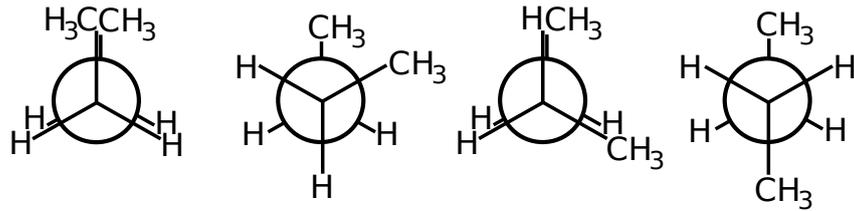
Celui d'une molécule d'eau est : $d_{\text{H}_2\text{O}} \leq 2 \times \underbrace{96 \text{ pm}}_{\text{O-H}} \approx 10^{-10} \text{ m}$.

Finalement $d_{\text{H}_2\text{O}} \ll d_{\text{pore}} \ll d_{\text{goutte}}$, la vapeur d'eau peut traverser le Gore-Tex® contrairement aux gouttes d'eau.

3. Problématique : Pourquoi peut-on dire que les 2 améliorations successives du procédé de synthèse du PTFE de la société Dupont ont-elles été bénéfiques pour l'environnement.

Proposition de réponse : L'utilisation de l'eau comme solvant a permis de se passer des solvants chlorofluocarbonés. Ces solvants sont néfastes pour la couche d'ozone et participent à l'effet de serre. Le CO_2 supercritique présente l'avantage d'être facilement éliminable en fin de synthèse par simple diminution de pression. Son utilisation permet de préserver les ressources en eau et leur éventuelle pollution.

4.



Source : Wikimedia Commons, Bert Kilanowski, CC0 1.0

$\varphi = 0^\circ$ (éclipsée) $\varphi = 60^\circ$ (décalée) $\varphi = 120^\circ$ (éclipsée) $\varphi = 180^\circ$ (décalée)

La conformation la plus favorable est celle qui minimise la répulsion électronique en particulier celle entre les 2 groupes méthyl. Ainsi la conformation de plus basse énergie est celle pour laquelle ces 2 groupes sont les plus éloignés (décalée avec $\varphi = 180^\circ$).

5. Les atomes de fluor du perfluorocarbone possèdent 9 électrons contre 1 seul pour les hydrogènes du butane. La configuration éclipsée $\varphi=0^\circ$ est alors d'autant plus défavorable car la répulsion électronique entre 2 atomes de fluor voisins est très importante.
6. Pour le butane, la conformation la plus favorable est celle décalée avec $\varphi = 180^\circ$. Cela implique une géométrie en « zigzag plane » qui se répète tous les 2 atomes.

Pour le PTFE, la conformation la plus stable est obtenue avec $\varphi < 180^\circ$ ce qui fait un peu moins d'un tour tous les 2 atomes. Cela crée un décalage responsable de la géométrie en hélice.

II – Optimiser les apports énergétiques – l'alimentation du sportif

1) Du saccharose au glucose, le « carburant » du sportif

$$\frac{d[ES]}{dt} = k_1 \cdot [E] \cdot [S] - k_{-1} \cdot [ES] - k_2 \cdot [ES] = 0 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1} \text{ (d'après l'AEQS)} \quad (1)$$

7. (a) $[E_{tot}] = [E] + [ES]$ (conservation de la quantité de matière d'enzyme E) (2)

$$v = \frac{d[P]}{dt} = k_2 \cdot [ES] \text{ (vitesse de création du produit P)} \quad (3)$$

(1) donne $[E] = \frac{k_{-1} + k_2}{k_1 \cdot [S]} \cdot [ES]$ et à l'aide de (2) on en déduit $[ES] = \frac{E_{tot}}{1 + \frac{k_{-1} + k_2}{k_1 \cdot [S]}}$

Finalement (3) devient : $v = \frac{v_{max}}{1 + \frac{K_m}{[S]}}$ avec $\left\{ \begin{array}{l} v_{max} = k_2 \cdot [E_{tot}] \\ K_m = \frac{k_{-1} + k_2}{k_1} \end{array} \right.$

La vitesse de réaction initiale vaut $v_0 = \frac{v_{max}}{1 + \frac{K_m}{[S]_0}}$

(b) D'après l'équation précédente : $\frac{1}{v_0} = \frac{1 + K_m/[S]_0}{v_{max}} = a \times \frac{1}{[S]_0} + b$

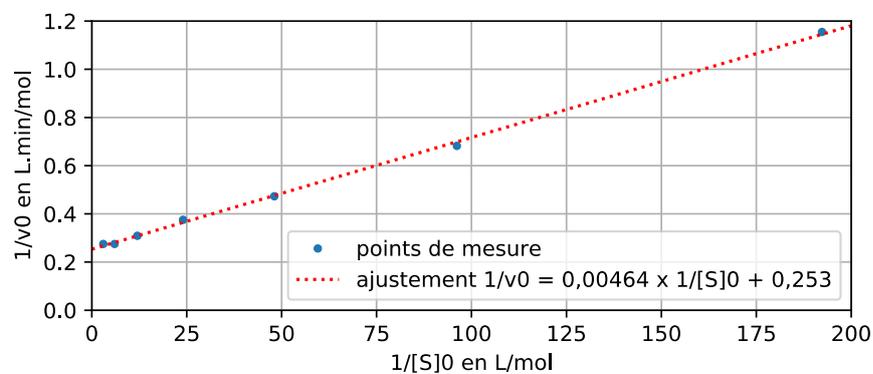
La pente est $a = K_m/v_{max}$ et l'ordonnée à l'origine est $b = 1/v_{max}$.

Une régression linéaire effectuée à la calculatrice (RegLin a.x+b) donne :

$$a = 4,64 \cdot 10^{-3} \text{ s} \text{ et } b = 0,253 \text{ L} \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1}$$

On en déduit $v_{max} = \frac{1}{b} = \frac{1}{0,253} = 3,95 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

Et $K_m = a \cdot v_{max} = 4,64 \cdot 10^{-3} \times 3,95 = 0,0183 \text{ s}^{-1}$

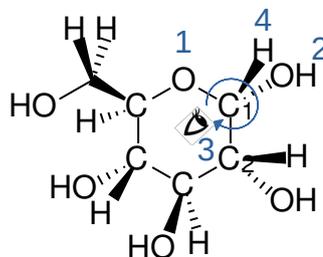


8. La vitesse initiale est la même pour les 2 premiers points. Cela signifie qu'elle est indépendante de la concentration initiale du substrat S lorsque cette dernière est élevée. Ceci s'explique par une « saturation » de l'enzyme E par le substrat S.

2) La chimie de l'effort : utilisation du glucose, ATP

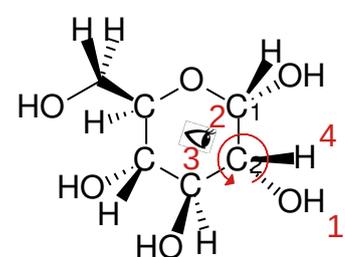
a) Le glucose

9. Le carbone C_1 est de configuration absolue S (rotation dans le sens anti-horaire) car d'après les règles CIP : O...>OH>C...>H.



D'après les mêmes règles C_2 est

de configuration absolue R (rotation dans le sens horaire).

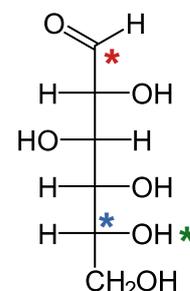


Remarque : il faut observer le carbone asymétrique dans l'axe du substituant de plus basse priorité (n°4) dans le sens carbone → substituant n°4.

10. Ces 2 molécules sont des diastéréo-isomères en effet, entre les formes α et β seul le carbone C_1 change de configuration absolue mais pas les autres.

Remarque : lorsqu'on passe d'un énantiomère à un autre (« transformation miroir »), tous les carbones asymétriques changent de configuration absolue ($R \leftrightarrow S$). Ici ce n'est pas le cas.

11. En représentation de Fischer le **carbone le plus oxydé** est placé en haut et porte le n°1. La lettre D signifie que le **groupe hydroxyle** fixé sur le **dernier carbone asymétrique** (n°5) apparaît à droite dans la représentation de Fischer.



Remarque : Ici L et D signifient Laevus (=gauche) et Dexter (=droite) et non pas Levogyre et Dextrogyre. Ces 2 derniers termes renvoient au pouvoir rotatoire. Or il n'existe aucun lien général entre configuration absolue (R/S), pouvoir rotatoire (+/-) et série de Fischer (L/D). Bien que ces termes concernent tous les molécules chirales.

12. La loi de Biot stipule que le pouvoir rotatoire « α » d'une solution est proportionnel à la concentration « c » de l'espèce chimique optiquement active ainsi qu'à la longueur « L » de solution traversée. Le coefficient de proportionnalité est appelé pouvoir rotatoire spécifique « $[\alpha]_D^T$ ». Si plusieurs espèces chimiques sont optiquement actives, le pouvoir rotatoire de la solution est égal à la somme des pouvoirs rotatoires : $\alpha = L \times \sum_i c_i \times [\alpha_i]_D^T$

Cette loi est valable pour des concentrations limitées (sous peine de perdre la linéarité).

Dans la suite on note c_1 la concentration massique et α_1 le pouvoir rotatoire spécifique du α -D-glucopyranose. c_2 et α_2 renvoient aux mêmes grandeurs pour le β -D-glucopyranose.

On note c la concentration massique totale en D-glucopyranose et on suppose que la totalité est sous forme d'anomère et que la forme linéaire est inexistante.

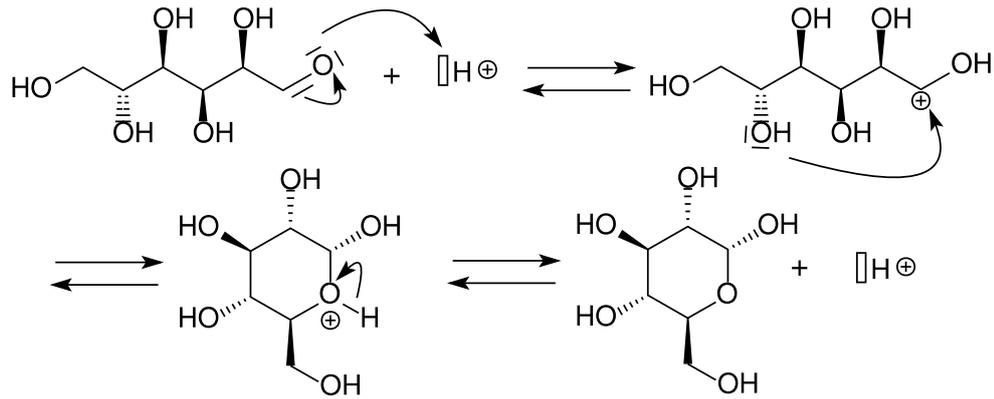
$$\text{On peut écrire : } \begin{cases} \alpha = L \times (c_1 \times \alpha_1 + c_2 \times \alpha_2) \\ c = c_1 + c_2 \end{cases}$$

$$\text{On en déduit : } \frac{c_1}{c} = \frac{\alpha / (c \cdot L) - \alpha_2}{\alpha_1 - \alpha_2} = \frac{21,1 / (2,00 / 5,0 \times 1,00) - 18,7}{112 - 18,7} = 36,5 \%$$

$$\text{Puis : } \frac{c_2}{c} = \frac{\alpha / (c \cdot L) - \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} = \frac{21,1 / (2,00 / 5,0 \times 1,00) - 112}{18,7 - 112} = 63,5 \%$$

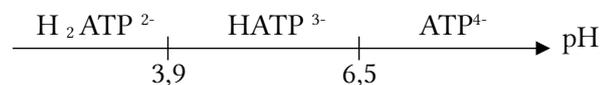
On vérifie que $\frac{c_1 + c_2}{c} = 100 \%$. La forme α du D-glucopyranose est prédominante.

13.



b) Le rôle métabolique de l'ATP

14. Graphiquement on lit $pK_{a1} = 3,9$ et $pK_{a2} = 6,5$.



Dans le sang, à $pH=7,4$ c'est la forme ATP^{4-} qui prédomine ($\sim 90\%$) mais la forme $HATP^{3-}$ existe également ($\sim 10\%$).

Remarque : Pour le couple acide-base $HATP^{3-}/ATP^{4-}$, la constante d'acidité K_a correspond à la réaction de l'acide sur l'eau : $HATP^{3-}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons ATP^{4-}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$ et vaut :

$$K_a = \frac{[ATP^{4-}]_{\text{équi}} \cdot [H_3O^+]_{\text{équi}}}{[HATP^{3-}]_{\text{équi}}}$$

En utilisant $pK_a = -\log K_a$ et $pH = -\log [H_3O^+]$, on peut écrire : $pH = pK_a + \log \frac{[ATP^{4-}]_{\text{équi}}}{[HATP^{3-}]_{\text{équi}}}$

$$\text{À } pH=7,4 \text{ on obtient : } \frac{[ATP^{4-}]_{\text{équi}}}{[HATP^{3-}]_{\text{équi}}} = 10^{pK_{a2} - pH} = 10^{6,5 - 7,4} = 0,13$$

D'autre part $[ATP^{4-}]_{\text{équi}} + [HATP^{3-}]_{\text{équi}} = [ATP]_{\text{tot}}$. On en déduit alors :

$$\% (ATP^{4-}) = \frac{0,13}{1 + 0,13} = 12\% \quad \text{et} \quad \% (HATP^{3-}) = \frac{1}{1 + 0,13} = 88\%$$

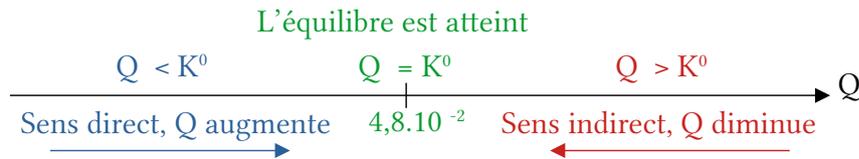
Ce qui est cohérent avec la lecture graphique

15. La constante d'équilibre est liée à l'enthalpie libre de réaction par la relation :

$$\Delta_r G^\circ = -R \cdot T \cdot \ln(K^\circ)$$

$$\text{On en déduit } K^\circ(310K) = e^{-\Delta_r G^\circ / RT} = e^{30,5 \cdot 10^3 / (8,314 \times 310)} = 1,38 \cdot 10^5$$

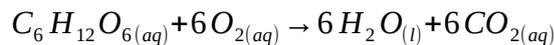
16. Le quotient de réaction vaut : $Q = \frac{[\text{phosphocréatine}] \times [ADP^{3-}]}{[\text{créatine}] \times [ATP^{4-}]} = 0,10 \times \frac{5,0 \cdot 10^{-1}}{1,0 \cdot 10^{-4}} = 5,0 \cdot 10^2$



Ici $Q > K^0$, donc la réaction se fait dans le sens indirect ce qui régénère le stock d'ATP⁴⁻ à partir de l'ADP³⁻.

c) Résolution de problème

17. La réaction de la respiration cellulaire en milieu aérobie est :



L'enthalpie de cette réaction est :

$$\begin{aligned}
 \Delta_r H^0 &= 6 \times \Delta_f H^0(H_2O) + 6 \times \Delta_f H^0(CO_2) - \Delta_f H^0(C_6H_{12}O_6) - 6 \times \Delta_f H^0(O_2) \\
 &= 6 \times (-285,10) + 6 \times (-393,52) - 6 \times (-1273,3) - 6 \times 0 \\
 &= -2798,4 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Un effort de 1 h à 80 % de la $V_{O_{2max}}$ consomme :

$$V(O_2) = \frac{80}{100} \times 60 \text{ min} \times 90 \text{ kg} \times 63 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} = 2,7 \cdot 10^5 \text{ mL} = 0,27 \text{ m}^3$$

Cela correspond à une quantité de matière : $n(O_2) = \frac{V(O_2)}{V_m} = \frac{0,27}{2,48 \cdot 10^{-2}} = 11 \text{ mol}$.

La quantité de glucose consommée est alors de $n(C_6H_{12}O_6) = \frac{n(O_2)}{6} = \frac{0,27}{2,48 \cdot 10^{-2}} = 1,8 \text{ mol}$

Cela correspond à une énergie consommée :

$$E = |\Delta_r H^0| \times n(C_6H_{12}O_6) = 2798,4 \times 1,8 = 5,0 \cdot 10^3 \text{ kJ}$$

Pour compenser cette consommation d'énergie, le sportif doit consommer une quantité :

$$N = \frac{E}{E_{barre}} = \frac{5,0 \cdot 10^3}{147 \times 4,186} \approx 8 \text{ barres énergétiques}$$

3) Compenser les pertes dues à l'effort

18. Proposition de questions :

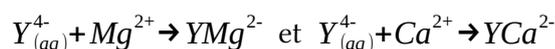
1) Propose un encadrement pour chacun des 2 volumes équivalents en tenant compte de l'incertitude.

2) Déduis en un encadrement pour la concentration en ions magnésium puis celle en ions calcium. Ces encadrements sont-ils compatibles avec les indications de l'étiquette ?

Documents à disposition :

- Un document indiquant la formule permettant de calculer une incertitude de type B à partir d'une tolérance (on vérifiera qu'elles sont indiquées sur le matériel utilisé lors de la séance).
- Un document indiquant les réactions supports de titrage, et les formules permettant de calculer les concentrations massiques en ions magnésium et calcium à partir des volumes équivalents avec les masses molaires de ces 2 éléments.

19. Notons Y^{4-} l'ions EDTA. Les réactions supports de titrage sont :



On en déduit les relations à l'équivalence :

- $n(Y^{4-})_{\text{versé},1} = n(Mg^{2+})_{\text{initial}} + n(Ca^{2+})_{\text{initial}}$ pour le dosage n°1
- $n(Y^{4-})_{\text{versé},2} = n(Ca^{2+})_{\text{initial}}$ pour le dosage n°2

La concentration en ions calcium déterminée expérimentalement vaut :

- $[Ca^{2+}] = \frac{n(Ca^{2+})}{V_{\text{dosé},2}} = \frac{[Y^{4-}] \times V_{\text{versé},2}}{V_{\text{dosé},2}} = \frac{5,00 \cdot 10^{-3} \times 15,3 \cdot 10^{-3}}{20,0 \cdot 10^{-3}} = 3,83 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$
- $c(Ca^{2+}) = [Ca^{2+}] \times M(Ca) = 3,83 \cdot 10^{-3} \times 40,1 = 0,153 \text{ g/L} = 153 \text{ mg/L}$

Pour les ions magnésium :

▪

$$[Mg^{2+}] = \frac{[Y^{4-}] \times V_{\text{versé},1}}{V_{\text{dosé},1}} - [Ca^{2+}] = \frac{5,00 \cdot 10^{-3} \times 14,2 \cdot 10^{-3}}{10,0 \cdot 10^{-3}} - 3,83 \cdot 10^{-3} = 3,27 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

- $c(Mg^{2+}) = [Mg^{2+}] \times M(Mg) = 3,27 \cdot 10^{-3} \times 24,3 = 7,95 \cdot 10^{-2} \text{ g/L} = 79,5 \text{ mg/L}$

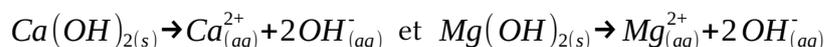
Finalement, en tenant compte des incertitudes :

$$c(Ca^{2+}) = (153 \pm 5) \text{ mg/L} \quad \text{et} \quad c(Mg^{2+}) = (80 \pm 7) \text{ mg/L}$$

Ces valeurs sont compatibles avec celles indiquées sur l'étiquette.

20. Cherchons le pH minimal tel que 99 % des ions magnésium soient précipités sous forme d'hydroxyde de magnésium et la valeur maximale telle que tous les ions calcium soient libres.

L'équation de dissolution des hydroxydes de magnésium et de calcium sont :



Leurs constantes d'équilibre et celle d'autoprotolyse de l'eau s'écrivent

$$K_s = [Ca^{2+}] \times [OH^-]^2, \quad K_s' = [Mg^{2+}] \times [OH^-]^2 \quad \text{et} \quad K_e = [H_3O^+] \times [OH^-]$$

On en déduit :

$$pK_s = -\log[Ca^{2+}] - 2pH + 2pK_e \quad \text{et} \quad pK_s' = -\log[Mg^{2+}] - 2pH + 2pK_e$$

Finalement :

- $pH_{min} = pKe - \frac{\log[Mg^{2+}] + pKs'}{2} = 14 - \frac{\log(3,27 \cdot 10^{-3}/100) + 10,8}{2} = 10,8$
- $pH_{max} = pKe - \frac{\log[Ca^{2+}] + pKs}{2} = 14 - \frac{\log(3,83 \cdot 10^{-3}) + 12,6}{2} = 12,6$

Pour doser les ions calcium seuls (avec moins de 1 % des ions magnésium) il faut un pH tel que : $10,8 < pH < 12,6$

21. Dosage n°1 :

Avant l'équivalence (pH =10)	Après l'équivalence (pH =10)
Le NET forme un complexe avec les ions magnésium et calcium de couleur rouge-vin	Les ions calcium et magnésium sont complexés par l'EDTA, le NET libre est bleu

Dosage n°2 :

Avant l'équivalence (12 < pH < 13,5)	Après l'équivalence (12 < pH < 13,5)
Le réactif de Patton et Reader forme un complexe rose-violet avec les ions calcium	L'EDTA complexe les ions calcium, le réactif de Patton et Reader libre est de couleur bleue

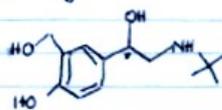
III – Étude d'un produit dopant

1) Étude de la molécule de salbutamol

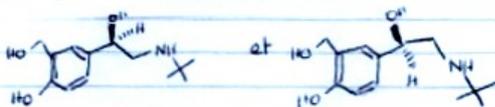
22. *Laphaël* 05/10/20
Devoir de chimie

Correct. Pense à justifier chacune de tes réponses à l'aide de tes connaissances et des documents.

1°) Il y a un carbone ~~asymétrique~~ à justifier

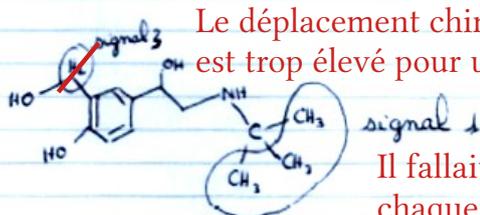


2°) Un mélange racémique est un mélange de deux énantiomères. Son pouvoir rotatoire est nul. à 50 %-50 %



Tu as représenté 2 fois le même isomère

3°)



Le déplacement chimique du signal 3 est trop élevé pour une groupe RH.

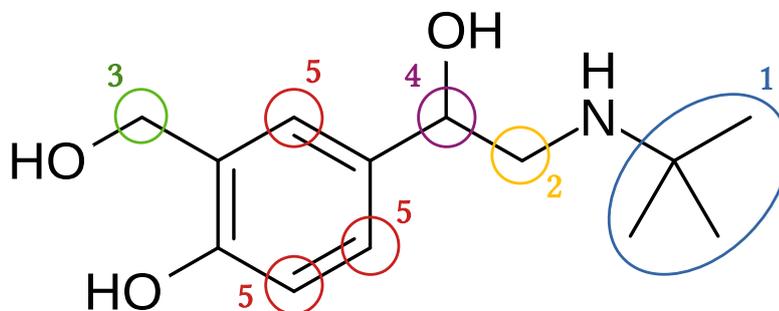
Il fallait justifier l'attribution de chaque signal à partir de la multiplicité et de l'intégration.

4°)

C-H	2480 - 3000 cm ⁻¹
O-H	3200 - 3650 cm ⁻¹
C=C	1640 - 2000 cm⁻¹

Les doubles liaisons C=C du salbutamol sont conjugués.

23.



1 → 9 protons non couplés sans voisin qui donnent un singulet intégrant pour 9

2 → 2 protons équivalents avec 1 voisin + 1 voisin donnant 1 multiplet intégrant pour 2

3 → 2 protons équivalents avec 1 voisin donnant 1 singulet intégrant pour 2

4 → 1 proton avec 2 voisins + 1 voisin donnant 1 doublet dédoublé

5 → 3 protons avec 0 ou 1 voisin donnant 1 singulet + 2 doublets intégrant pour 3

24. Il est possible de modifier l'activité comme suit pour le groupe souhaitant s'orienter dans une filière « chimie » :

- **question 1** : Représenter les 2 énantiomères du salbutamol et donner la configuration du carbone asymétrique.

→ ajouter un document expliquant les règles CIP et la méthode pour déterminer la configuration absolue d'un carbone asymétrique

- **question 2** : Les spectres RMN et infrarouge obtenus sont-ils en accord avec la structure du salbutamol ?

→ compléter le document A4.1 en conséquence.

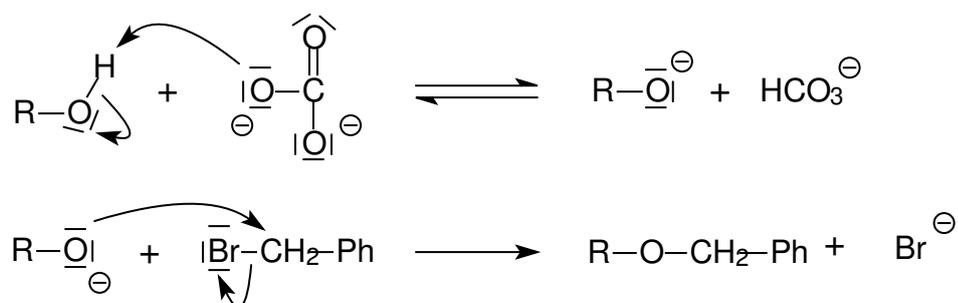
Et pour les autres élèves :

- Remanier le devoir sous forme d'une résolution de problème pour travailler les compétences d'analyse et de rédaction.

2) Synthèse du salbutamol

25. Il s'agit d'une étape de protection du groupe hydroxyle.

Pour cette question, le produit 1 est noté R-OH.



Remarque : Il s'agit en fait d'une étherification de Williamson à partir d'un alcool et d'un halogénure d'alkyle. L'alcool est activé en ion alcoolate par une réaction acido-basique. Ce dernier effectue une substitution nucléophile sur l'halogénure d'alkyle de type S_N2 (bimoléculaire en 1 étape).

26. 2→3 : Substitution nucléophile (Br est le nucléophile, le groupe partant est un hydrogène)

3→4 : Substitution nucléophile (le nucléophile est tBuNH₂, le groupe partant est Br)

4→5 : Oxydo-réduction (LiAlH₄ réduit le groupe carboxyle en groupe hydroxyle)

3) Dosage du salbutamol

27. Déterminons les nombres d'oxydation possibles du manganèse :

Espèce chimique	MnOH ⁺	Mn ²⁺	MnO ₂	MnO ₄ ⁻	Mn(OH) ₃ ⁻	MnO ₄ ²⁻
Nombre d'oxydation	+II	+II	+IV	+VII	+II	+VI

L'allure du diagramme potentiel-pH est donc la suivante :

n.o = +VII	F = MnO ₄ ⁻		
n.o = +VI	E = MnO ₄ ²⁻		
n.o = +IV	D = MnO ₂		
n.o = +II	A = Mn ²⁺	B = MnOH ⁺	C = Mn(OH) ₃ ⁻

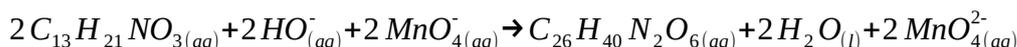
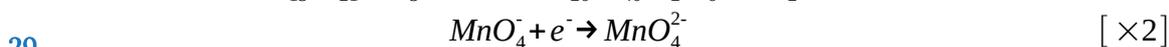
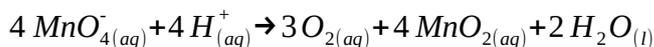
Remarque : Les frontières sont données par l'équation de Nernst :

$$E(\text{Ox}/\text{Réd}) = E^0(\text{Ox}/\text{Réd}) + \frac{R \cdot T \cdot \ln(10)}{n_e \cdot F} \cdot \log(Q)$$

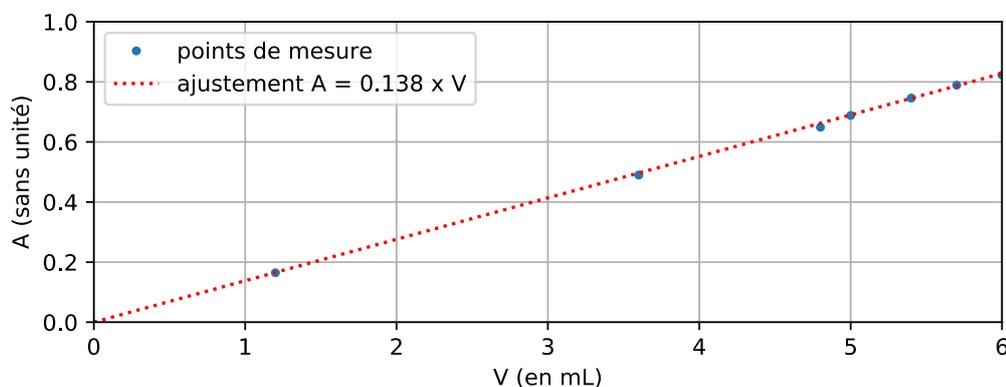
On donne ci-dessus les équations obtenues. Les pentes sont en accord avec celles du diagramme de la figure 14.

- A/B $\text{Mn}_{(\text{aq})}^{2+} + \text{OH}_{(\text{aq})}^- \rightarrow \text{MnOH}_{(\text{aq})}^+$
 $\text{pH} = \text{pKe} + \text{pK}_1(\text{complexation})$
- B/C $\text{MnOH}_{(\text{aq})}^+ + 2 \text{OH}_{(\text{aq})}^- \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_{3(\text{aq})}^-$
 $\text{pH} = \text{pKe} + \text{pK}_2(\text{complexation})$
- A/D $\text{Mn}_{(\text{aq})}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{MnO}_{2(\text{s})} + 4 \text{H}_{(\text{aq})}^+ + 2 \text{e}^-$
 $E = E^0(\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+}) - 0,12 \text{ pH}$
- B/D $\text{MnOH}_{(\text{aq})}^+ + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{MnO}_{2(\text{s})} + 3 \text{H}_{(\text{aq})}^+ + 2 \text{e}^-$
 $E = E^0(\text{MnO}_2/\text{MnOH}^+) - 0,09 \text{ pH}$
- C/D $\text{Mn}(\text{OH})_{3(\text{aq})}^- \rightarrow \text{MnO}_{2(\text{s})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + \text{H}_{(\text{aq})}^+ + 2 \text{e}^-$
 $E = E^0(\text{MnO}_2/\text{Mn}(\text{OH})_3^-) - 0,03 \text{ pH}$
- D/F $\text{MnO}_{2(\text{s})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{MnO}_{4(\text{aq})}^- + 4 \text{H}_{(\text{aq})}^+ + 3 \text{e}^-$
 $E = E^0(\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2) - 0,08 \text{ pH}$
- D/E $\text{MnO}_{2(\text{s})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{MnO}_{4(\text{aq})}^{2-} + 4 \text{H}_{(\text{aq})}^+ + 2 \text{e}^-$
 $E = E^0(\text{MnO}_4^{2-}/\text{MnO}_2) - 0,12 \text{ pH}$
- E/F $\text{MnO}_{4(\text{aq})}^{2-} \rightarrow \text{MnO}_{4(\text{aq})}^- + 1 \text{e}^-$ $E = E^0(\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_4^{2-})$

28. Les ions permanganate n'ont pas de domaine de prédominance commun avec l'eau. Ils réagissent donc (lentement) avec cette dernière selon la réaction d'oxydo-réduction suivante :



30. D'après la loi de Beer-Lambert l'absorbance d'une solution étalon doit être proportionnelle à sa concentration en ions MnO_4^{2-} elle-même proportionnelle au volume de solution de sulfate de salbutamol introduit.



La régression linéaire ci-dessus permet de calculer le volume V de sulfate de salbutamol à $5,00 \cdot 10^{-5}$ mol/L équivalent au 1 mL de solution issue du comprimé.

$$V = \frac{A}{0,138} = \frac{0,3291}{0,138} = 2,38 \text{ mL} \quad \text{dans une hypothétique solution étalon équivalente}$$

Cela correspond à une quantité de matière de salbutamol égale à :

$$n = V \times c = 2,38 \cdot 10^{-3} \times 5,00 \cdot 10^{-5} = 1,19 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \quad \text{dans 1,00 mL de solution}$$

Soit au total :

$$n_{\text{tot}} = 1,19 \cdot 10^{-7} \times \frac{100,0 \text{ mL}}{1,00 \text{ mL}} = 1,19 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \quad \text{dans les 100 mL issus d'un comprimé}$$

On en déduit la masse de salbutamol contenue dans un comprimé :

$$m_{\text{tot}} = n_{\text{tot}} \times M = 1,19 \cdot 10^{-5} \times 336,4 = 4,00 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 4,00 \text{ mg/comprimé}$$

Il faut donc ingérer 4 comprimés par jour pour atteindre la posologie de 16 mg/jour.