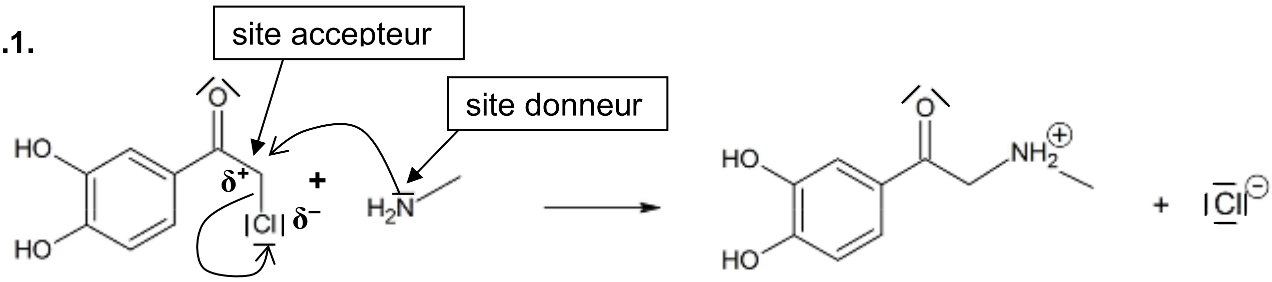
Bac blanc Physique-chimie 2019
CORRECTION

EXERCICE I

1. La synthèse chimique de la molécule d'adrénaline

1.1. Réaction 1 :
Un des atomes de chlore de la molécule 2 est remplacé par la molécule 1.
Il s'agit d'une réaction de **substitution**.
Réaction 2 :
L'atome de chlore de la molécule 3 est remplacé par le groupe NH–CH_3.
Il s'agit d'une réaction de **substitution**.
Réaction 3 :
La double liaison C=O de la molécule 4 a été remplacée par C–OH. Il y a disparition d'une double liaison. De plus deux réactifs conduisent à la formation d'un seul produit.
Il s'agit d'une réaction d'**addition**.

1.2.1.



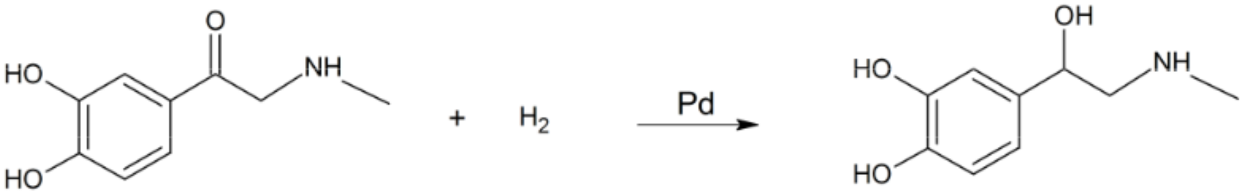
Il y a formation d'une liaison entre un atome N et un atome C.
L'atome d'azote N possède un **doublet non-liant**, c'est le **site donneur**.
L'atome de carbone C est le **site accepteur**, en effet il est appauvri en électrons (donc porteur d'une **charge partielle positive δ^+**) par la présence de son voisin chlore plus électronégatif que lui.

1.2.2. Formation de la liaison C–N :
Le doublet non liant de l'atome d'azote attaque l'atome de carbone appauvri.
Rupture de la liaison C–Cl :
Cl est plus électronégatif que C, il attire le doublet liant à lui.
Voir les flèches courbes ci-dessus.

1.3. La réaction 3, en présence de palladium, **conduit à un mélange racémique** d'adrénaline(**5**). Un mélange racémique est un **mélange équimolaire de deux énantiomères**. Dès lors le catalyseur n'a pas permis de privilégier la formation d'un des stéréoisomères, **il n'est pas stéréosélectif**.

1.4.

Réaction 3



(4) Adrénalone

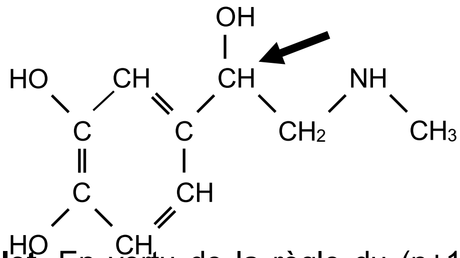
(5) Adrénaline

Au cours de la réaction, la double liaison C=O de l'adrénalone disparaît, cela est confirmé par le spectre IR qui montre **l'absence d'un pic d'intensité moyenne autour de 1680-1700 cm^{-1}**.

D’autre part, une simple liaison O-H apparaît ; ce qui est confirmé par la **présence d’un pic large d’intensité forte à 3400 cm^{-1}.**

Le spectre IR du produit obtenu permet donc de vérifier que **la transformation de l’adrénalone en adrénaline a bien eu lieu**.

1.5. Établissons la formule semi-développée de l’adrénaline afin de bien repérer les groupes de protons équivalents.

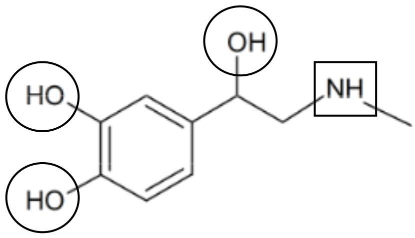


Le signal agrandi est un **triplet**. En vertu de la règle du (n+1)uplet cela signifie que le groupe de protons équivalents responsable de ce signal est **voisin d’atomes de carbone porteurs au total de 2 atomes d’hydrogène**. On repère, sur la formule ci-dessus, le proton à l’origine du signal avec une flèche.

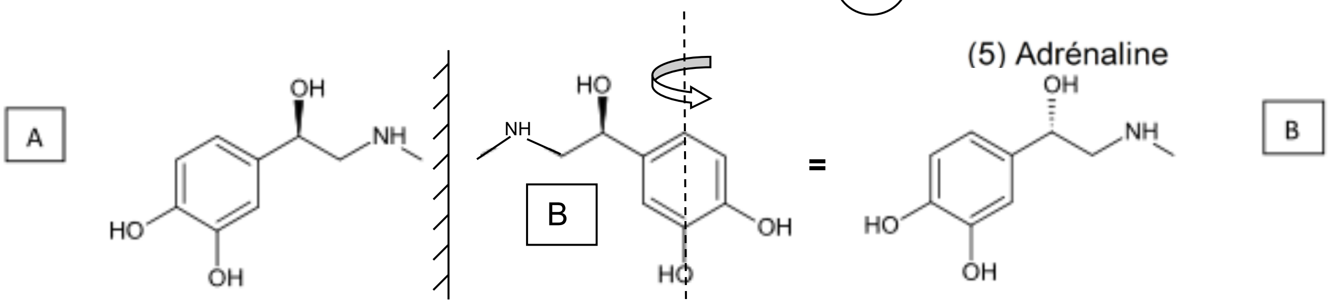
2. La molécule d’adrénaline et sa structure

2.1.

(Le groupe OH (hydroxyle) est associé à la famille des **alcools**.
Le groupe NH est associé à la famille des **amines**.



2.2.



Les stéréoisomères A et B de l’adrénaline sont des **énantiomères**. Ils sont images l’un de l’autre dans un miroir plan mais ne sont pas superposables.

3. L’auto-injection de l’adrénaline

3.1. Une dose unique de 0,30 mL de solution contient 1,64 µmol d’adrénaline.

$$c = \frac{n}{V}$$

$$c = \frac{1{,}64\times10^{-6}}{0{,}30\times10^{-3}} = \mathbf{5{,}5\times10^{-3}\ mol.L^{-1}}$$

3.2. La dose habituellement efficace est de l’ordre de 0,010 mg d’adrénaline par kilogramme de masse corporelle.
Pour une masse de 55 kg, il faut une masse d’adrénaline de 55×0,010 mg = 0,55 mg

Déterminons la quantité de matière correspondant : $n = \frac{m}{M}$

$$n = \frac{0{,}55\times10^{-3}}{183} = 3{,}0\times10^{-6}\ \text{mol} = 3{,}0\ \mu\text{mol}$$

Chaque auto-injection apporte 1,64 µmol, il faut donc **deux auto-injections** pour apporter les 3,0 µmol d’adrénaline.

EXERCICE II

1.1.1. L'expression de la force électrique est $\overrightarrow{F_e} = q \times \vec{E} = e \times \vec{E}$ car l'ion xénon est chargé +, donc sa charge est égale à la charge élémentaire.
Par définition le travail de la force électrique sur le déplacement AB est $W_{AB}\left(\overrightarrow{F_e}\right) = \overrightarrow{F_e}.\overrightarrow{AB}$

On a donc
$W_{AB}\left(\overrightarrow{F_e}\right) = \overrightarrow{F_e}.\overrightarrow{AB} = e \times \vec{E}.\overrightarrow{AB} = e \times E \times AB \times \cos\left(\overrightarrow{AB},\vec{E}\right) = e \times E \times d \times \cos(0) = e \times E \times d = e \times U$

1.1.2. D'après l'énoncé on a : $E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}\left(\overrightarrow{F_e}\right)$. Or $E_C(A) = 0$ car la vitesse initiale de l'ion xénon est nulle. Donc $E_c(B) = W_{AB}\left(\overrightarrow{F_e}\right)$ soit $\frac{1}{2}.mv_B^2 = e.U$ donc $v_B = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$

1.1.3. Application numérique $v_B = \sqrt{\frac{2 \times 1,60.10^{-19} \times 300}{2,18.10^{-25}}} = 2,10.10^4\ ms^{-1}$

1.2.1. On a pour l'atome éjecté $\overrightarrow{p_1} = m \times \overrightarrow{v_B}$ et pour la sonde $\overrightarrow{p_2} = (M_S - m) \times \overrightarrow{v_S}$

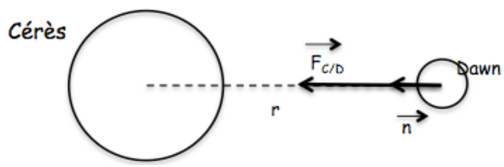
1.2.2. Il est dit que la sonde, dans le référentiel R, est éloignée de tout astre, elle est donc isolée (elle n'est soumise à aucune force). D'après la 2ème loi de Newton sa quantité de mouvement du système {sonde + atome de xénon} se conserve donc. Or initialement le système est immobile, donc sa quantité de mouvement initiale est donc nulle. On a donc $\overrightarrow{p_1} + \overrightarrow{p_2} = \vec{0}$

1.2.3. D'après les questions précédentes on a : $m \times \overrightarrow{v_B} + (M_S - m) \times \overrightarrow{v_S} = \vec{0}$ soit $\overrightarrow{v_S} = -\frac{m}{M_S - m} \times \overrightarrow{v_B}$

ce qui donne $v_S = \frac{m}{M_S - m} \times v_B = \frac{m}{M_S} \times v_B$ car la masse d'un atome de xénon est négligeable devant la masse de la sonde.

1.2.4. Application numérique $v_S = \frac{2,18.10^{-25}}{1240} \times 2,1.10^4 = 3,7.10^{-24}\ ms^{-1}$.

2.1. La force exercée par Cérès sur la sonde Dawn est la force d'attraction gravitationnelle ayant pour expression : $\overrightarrow{F_{C/D}} = G.\frac{M_C.M_D}{r^2}\vec{n}$



Point d'application : centre d'inertie de la sonde Dawn
Direction : la droite reliant les centres d'inertie de Cérès et de la sonde
Sens : vers Cérès

2.2. On étudie le système {Dawn}, de masse M_D, dans le référentiel Cérèsocentrique supposé galiléen. Sa trajectoire est un cercle de rayon r.
Le repère d'étude est le repère de Frénet $\left(D, \vec{n}, \vec{\tau}\right)$ d'origine le centre de la sonde Dawn et de vecteurs unitaires $\vec{n}$ et $\vec{\tau}$. Dawn est soumise à la force gravitationnelle exercée par Cérès :
$\overrightarrow{F_{C/D}} = G.\frac{M_C.M_D}{r^2}\vec{n}$.

La deuxième loi de Newton appliquée à Dawn donne :

$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{dM_D\vec{v}}{dt} = M_D.\frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v}.\frac{dM_D}{dt} = M_D.\frac{d\vec{v}}{dt} = M_D.\vec{a}$ car M_D est constante.

Donc $\overrightarrow{F_{C/D}} = G.\frac{M_C.M_D}{r^2}\vec{n} = M_D.\vec{a}$ soit $\vec{a} = G.\frac{M_C}{r^2}\vec{n}$

Or dans le repère de Frénet l'accélération a pour expression : $\vec{a} = \frac{dv}{dt}\vec{\tau} + \frac{v^2}{r}\vec{n}$.

Donc par identification entre les deux expressions de l'accélération on a : $\frac{dv}{dt} = 0$ d'où la vitesse est constante, donc le mouvement est uniforme.

On peut aussi utiliser la 2ème loi de Képler : Le mouvement étant circulaire, le rayon vecteur est constant. Celui-ci devant balayer des aires égales pendant des intervalles de temps égaux il faut alors que la sonde parcourt une distance identique pendant ces mêmes intervalles de temps. Sa vitesse est donc constante.

2.3. En identifiant les deux expressions de l'accélération de la question précédente on a :

$$\frac{v^2}{r} = G.\frac{M_C}{r^2}$$

D'où $v = \sqrt{\frac{G.M_C}{r}}$

2.4. Dawn ayant un mouvement circulaire uniforme autour de Cérès, elle décrit le périmètre 2.π.r pendant la durée d'une période T à la vitesse v telle que : $v = \frac{2.\pi.r}{T}$.

En égalant avec l'expression de la question précédente on a : $\sqrt{\frac{G.M_C}{r}} = \frac{2.\pi.r}{T}$ soit $\frac{G.M_C}{r} = \frac{4.\pi^2.r^2}{T^2}$

D'où $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4.\pi^2}{G.M_C}$

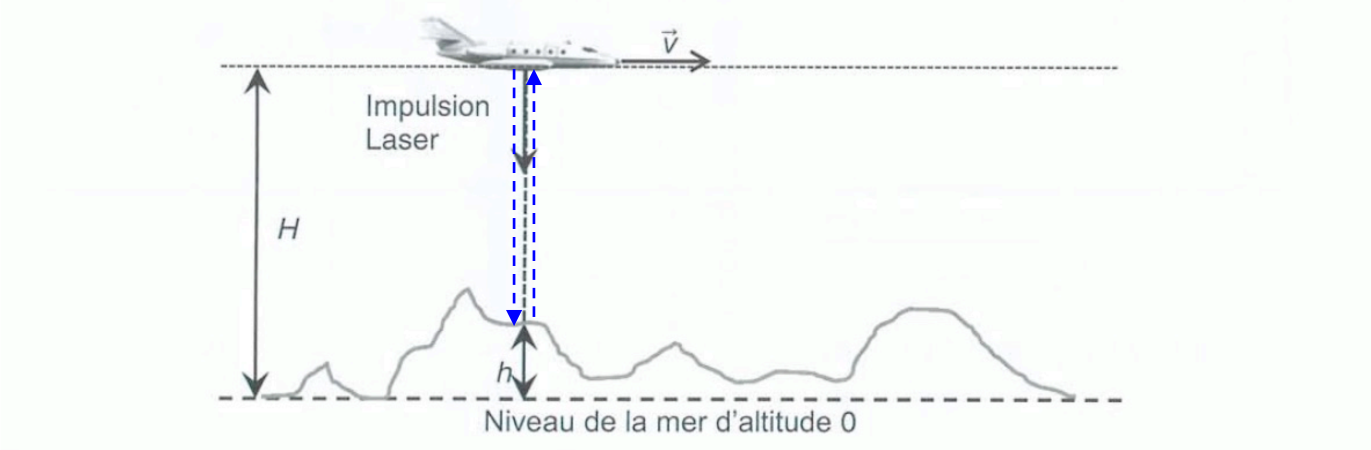
2.5. On peut donc calculer la masse de Cérès : $M_C = \frac{4.\pi^2.r^3}{G.T^2}$

Application numérique : $M_C = \frac{4 \times \pi^2 \times \left((13500 + 470).10^3\right)^3}{6,67.10^{-11} \times (15 \times 24 \times 3600)^2} = 9,6.10^{20}\,\text{kg}$

EXERCICE III OBLIGATOIRE

1. Le LiDAR topographique embarqué.

1.1. L'impulsion Laser effectue un aller-retour à la vitesse de la lumière ***c*** entre l'avion et le sol soit une distance $2 \times (H - h)$ en utilisant le schéma.



On peut écrire $c = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2 \times (H-h)}{\Delta t}$ donc $\Delta t = \frac{2 \times (H-h)}{c}$

1.2. Au début du parcours, la durée Δt doit être plus longue car la distance à parcourir par l'impulsion est plus élevée que par la suite. Le **graphique a** correspond à cette situation.

1.3. $\Delta t = \frac{2 \times (H-h)}{c}$

$$\frac{c.\Delta t}{2} = H - h$$

$$h = H - \frac{c.\Delta t}{2}$$

$$h = 3{,}50 \times 10^{3} - \frac{3{,}00 \times 10^{8} \times 13{,}6 \times 10^{-6}}{2} = 1{,}46 \times 10^{3}\text{m}$$

1.4. Pendant la durée $\Delta t = 13{,}6\ \mu\text{s}$ (durée de l'impulsion), l'avion vole à la vitesse v = 450 km.h^{-1} La distance parcourue est $d = v.\Delta t$.

$d = \frac{450}{3{,}600} \times 13{,}6 \times 10^{-6} = 1{,}70 \times 10^{-3}$m = 1,70 mm.

Cette distance est effectivement négligeable par rapport à H = 3,50 km : on peut valider l'hypothèse de la question 1.4.

2. Le LiDAR bathymétrique.

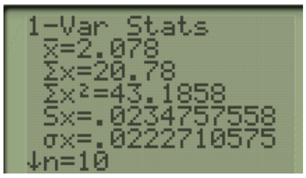
2.1. Le laser vert a une longueur d'onde de 532 nm (car 400 nm $\leq \lambda_{\text{visible}} \leq$ 800 nm) tandis que le laser infrarouge a une longueur d'onde de 1064 nm ($\lambda_{\text{IR}} \geq$ 800 nm).

2.2. Comme le montre le spectre d'absorption de l'eau, le rayonnement IR utilisé est fortement absorbé contrairement au rayonnement vert utilisé : il est donc plus judicieux d'utiliser le laser vert pour détecter le fond de l'eau car celui-ci peut facilement effectuer l'aller-retour dans l'eau.

3. Le LiDAR à « effet D »

3.1. Les ondes ultrasonores sont des ondes mécaniques qui nécessitent donc un milieu matériel pour se propager contrairement aux ondes électromagnétiques.

3.2. Calcul de la vitesse du chariot : $v_{exp1} = \frac{d}{\bar{\tau}}$ avec $\bar{\tau} = 2{,}078$ s (moyenne de τ sur n = 10 mesures, non arrondie car résultat intermédiaire).



$$v_{exp1} = \frac{30{,}0 \times 10^{-2}}{2{,}078} = 0{,}144 \text{ m.s}^{-1}$$

Calcul de l'incertitude $U(\tau) = \frac{2{,}26 \times \sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ avec n = 10 et $\sigma_{n-1} = 2{,}35 \times 10^{-2}$ s (*donné ici mais à savoir calculer voir* https://fr.slideshare.net/Labolycee/ts-tpc2calculatricemoy-ecart)

$$U(\tau) = \frac{2{,}26 \times 2{,}35 \times 10^{-2}}{\sqrt{10}} = 1{,}7 \times 10^{-2} \text{s} = \mathbf{2 \times 10^{-2}\ s}$$

Calcul de l'incertitude $U(v_{exp1}) = v_{exp1} \cdot \sqrt{\left(\frac{U(\tau)}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{U(d)}{d}\right)^2}$

$$U(v_{exp1}) = 0{,}144 \times \sqrt{\left(\frac{2 \times 10^{-2}}{2{,}078}\right)^2 + \left(\frac{0{,}5}{30{,}0}\right)^2} = 0{,}00278 \approx 0{,}003 \text{ m.s}^{-1}$$

Ainsi $v_{exp1} = (0{,}144 \pm 0{,}003) \text{ m.s}^{-1}$ ou $0{,}141 \text{ m.s}^{-1} \leq v_{exp1} \leq 0{,}147 \text{ m.s}^{-1}$.

EXERCICE III SPECIALITE

Madame D.,
Vous désiriez savoir si une surface de 70 m^2 de panneaux solaires fournirait assez d'électricité pour recharger les batteries d'une voiture à hydrogène pendant un an.
J'ai effectué des calculs, fournis ci-après, afin de vous répondre.
Compte-tenu du rendement faible, et de la puissance moyenne reçue, on disposerait en un an d'une énergie égale à $8,8\times10^{10}$ J.
Pour faire fonctionner la voiture durant 20 000km il faut effectuer 100 « pleins », ce qui nécessite une énergie de $7,5\times10^{10}$ J.
Ainsi il semble que l'on dispose d'une énergie suffisante.
J'attire cependant votre attention sur un inconvénient de l'énergie électrique d'origine solaire.
Le stockage de cette énergie, accumulée par beau temps, pose quelques problèmes.
Il faut étudier le coût de l'achat de batteries pour la stocker, et étudier parallèlement le rachat de votre électricité produite par EDF.
Au regard de ces éléments manquants, vous pourrez juger de la suite à donner à votre projet. Je me tiens à votre disposition pour toute information complémentaire.

Calculs nécessaires au rapport :

- Énergie nécessaire pour faire fonctionner la voiture pendant 20 000 km

Le réservoir donne une autonomie de 200 km, or la voiture doit parcourir 20 000 km/an, il faut réaliser 100 « pleins ».

Pour 200 km :

- **Quantité de dihydrogène nécessaire** : $n_{H_2} = \dfrac{V_{H_2}}{V_m}$ avec V_m = 0,070 L.mol^{-1} et V_{H2} = 110 L

- **Énergie chimique nécessaire :**
Pour produire une mole de dihydrogène, il faut une énergie E = 286 × 10^3 J.mol^{-1}.

Pour parcourir 200 km, il faudra : $E_{chimique} = n_{H_2}.E = \dfrac{V_{H_2}}{V_m}.E$

- **Énergie électrique nécessaire :**

Le rendement $r = \dfrac{E_{utile}}{E_{dépensée}}$ vaut r = 60%, donc $E_{dépensée} = \dfrac{E_{utile}}{r}$ soit $E_{électrique} = \dfrac{E_{chimique}}{r} = \dfrac{V_{H_2}.E}{r.V_m}$

Pour 20 000 km : il faut effectuer N recharges, avec $N = \dfrac{20000}{200}$

soit $E_{nécessaire} = N.E_{électrique} = N.\dfrac{V_{H_2}.E}{r.V_m}$

A.N. $\mathbf{E_{nécessaire}} = \dfrac{20000\times110\times286\times10^3}{200\times0,60\times0,070}$ = **$7,5\times10^{10}$ J**

- Énergie électrique fournie par les panneaux solaires :

- **Puissance solaire reçue :** P = P_m.S avec P_m : puissance moyenne P_m = 200 W.m^{-2}
S surface des panneaux, soit S = 70 m²

- Énergie solaire reçue pendant Δt = 1 an : $E_{solaire} = P.\Delta t$

- **Énergie utile :** le rendement des cellules photovoltaïques r' = 20%

$E_{utile} = E_{solaire}.r' = r'.P.\Delta t = r'.P_m.\Delta t.S$

En considérant une durée Δt = 24 h :

A.N. $\mathbf{E_{utile}}$ = 0,20×200×365,25×24×3600×70 = **$8,8\times10^{10}$ J**

Remarque : la puissance moyenne des panneaux solaires est une moyenne annualisée qui tient compte des durées variables des jours et des nuits. Ainsi on considère une durée de 24 h qui tient compte de ces variations (Ex : prendre 24 h avec P_m = 200 W.m^{-2} est identique à prendre 12 h avec P_m = 400 W.m^{-2}).