BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2015

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage de la calculatrice est autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Obligatoire

Le sujet comporte trois exercices présentés sur 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. LE SAUT DE FÉLIX BAUMGARTNER (5 points)

Le dimanche 14 octobre 2012, Félix Baumgartner est entré dans l'histoire en s'élançant de la stratosphère à plus de 39 000 m d'altitude. Félix Baumgartner a sauté depuis la nacelle d'un ballon avec une vitesse initiale nulle. Au cours de la première phase de sa chute qui a duré quatre minutes et vingt secondes, il a atteint une vitesse de pointe de 1342 $km.h^{-1}$, soit MACH 1,24 ! Dans une seconde phase, il a ouvert son parachute. Au total, son saut depuis la stratosphère a duré neuf minutes et trois secondes.

Avec ce saut, trois records du monde ont été battus :
- « la chute la plus rapide » : il a atteint une vitesse maximale de 1342 $km.h^{-1}$;
- « le saut le plus haut » : 39 045 m (ancien record : 31 333 m) ;
- le plus haut voyage en ballon d'un homme : 39 045 m (ancien record : 34 668 m).

Dans cet exercice, on cherche à évaluer la pertinence d'un modèle de chute.

Description de l'atmosphère terrestre

zone de l'atmosphère	troposphère	stratosphère	mésosphère	thermosphère
altitude (en km)	de 0 à 10	de 10 à 50	de 50 à 80	plus de 80
masse volumique moyenne de l'air (en $kg.m^{-3}$)	entre 1 et 0,1	entre 0,1 et 10^{-3}	entre 10^{-3} et 10^{-5}	Moins de 10^{-5}

Données :

- La chute d'un objet est dite libre si l'objet n'est soumis qu'à l'action de la Terre, et si on peut négliger l'action de l'air. Lorsque l'action de l'air n'est pas négligeable, l'effet de l'air est d'autant plus important que la vitesse de chute est grande.
- Masse de Félix Baumgartner et de son équipement : m = 120 kg ;
- constante de gravitation universelle $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ m^3.kg^{-1}.s^{-2}$;
- masse de la Terre : $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg ;
- rayon de la Terre : R_T = 6380 km.

1. Attraction gravitationnelle lors du saut

1.1. Donner, en fonction de G, R_T, H, m et M_T, l'expression de la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur Félix Baumgartner lorsqu'il s'élance dans le vide à l'altitude H.

1.2. En assimilant le poids P à cette force d'attraction, déduire l'expression de l'intensité de la pesanteur g. L'intensité de la pesanteur g reste-t-elle constante au cours de la chute ? Justifier quantitativement.

2. Étude de la première phase du saut de Félix Baumgartner avec le modèle de la chute libre

Dans un référentiel terrestre supposé galiléen, le repère choisi possède un axe Oy vertical.
Dans cette première phase, on admet que l'accélération de la pesanteur g est égale à 9,71 $m.s^{-2}$.

2.1. Établir l'expression de l'accélération a_y de Félix Baumgartner. De quel type de mouvement s'agit-il ?

2.2. Établir l'équation horaire de son mouvement $y = f(t)$.

2.3. En déduire la date t_1 correspondant au record de vitesse de Félix Baumgartner.

2.4. Quelle distance Félix Baumgartner a-t-il parcouru lorsqu'il atteint cette vitesse maximale ? Quelle est alors son altitude H_1 ?

3. Dans la stratosphère, le modèle choisi de la chute libre est-il pertinent ?

3.1. Proposer un argument qui justifie l'utilisation précédente du modèle de chute libre.

3.2. En réalité, la distance parcourue par Félix Baumgartner lorsqu'il atteint sa vitesse maximale est supérieure à celle calculée à la question 2.4. Proposer un autre argument qui permette d'invalider le modèle de la chute libre.

4. Analyse des transferts d'énergie lors de la première phase du saut

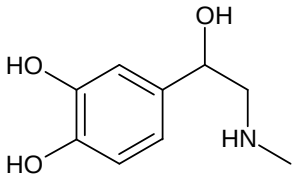
Lors de la première phase de la chute, l'énergie mécanique se conserve-t-elle ? Argumenter votre réponse en identifiant les formes d'énergie mises en jeu et leurs variations.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II. L'ADRÉNALINE CONTRE LES PIQÛRES DE GUÊPES (10 points)

Certaines personnes souffrent d'allergies aux piqûres de guêpes ou d'autres insectes. Dans certains cas de réactions allergiques exacerbées, on parle de choc anaphylactique, syndrome clinique grave, qui met en jeu le pronostic vital. Le principal traitement du choc anaphylactique est l'adrénaline qui est administrée par voie intramusculaire à l'aide de dispositifs auto-injectables.

L'adrénaline, représentée ci-dessous, est une hormone sécrétée par le système nerveux central et par les glandes surrénales qui entrainent notamment une accélération du rythme cardiaque. Elle produit cet effet en se fixant sur les récepteurs cibles, comme une clé dans une serrure.



Données :

- masse molaire moléculaire de l'adrénaline : 183 g.mol^{-1} ;
- électronégativités de quelques éléments chimiques (échelle de Pauling) :

Élément chimique	Hydrogène (H)	Carbone (C)	Azote (N)	Oxygène (O)	Chlore (Cl)
Électronégativité	2,20	2,55	3,04	3,44	3,16

Les auto-injecteurs d'adrénaline
Principe actif : Adrénaline
Indication : Traitement d'urgence des symptômes du choc anaphylactique provoqué entre autres par les piqûres d'insectes…
Posologie : Le produit doit être administré par voie intramusculaire uniquement.
L'auto-injecteur est destiné à l'auto-administration immédiate par une personne ayant un antécédent de réaction anaphylactique. Il est conçu pour délivrer une dose unique de 0,30 mL de solution contenant 1,64 µmol d'adrénaline.

Chez certains patients, une nouvelle dose peut-être injectée après 10 à 15 minutes.
La dose habituellement efficace est de l'ordre de 0,010 mg d'adrénaline par kilogramme de masse corporelle, mais des doses supérieures peuvent être nécessaires dans certains cas.

d'après la Haute Autorité de Santé, 27 mai 2009

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

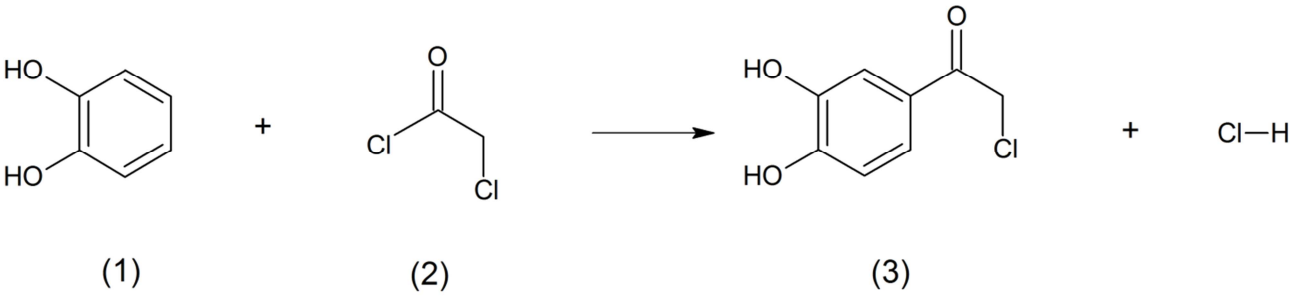
Description d'une synthèse de l'adrénaline

L'adrénaline peut être synthétisée à partir du catéchol (**1**). Celui-ci réagit avec le chlorure de chloroacétyle (**2**), pour donner la 3,4-dihydroxychloracétophénone (**3**). La molécule **(3)** réagit avec la méthylamine pour donner l'adrénalone (**4**). La molécule **(4)** est ensuite réduite par dihydrogénation en présence de palladium et conduit à un mélange racémique d'adrénaline (**5**).

Un des deux stéréoisomères de l'adrénaline étant douze fois plus actif d'un point de vue biologique que l'autre, il est nécessaire de séparer les stéréoisomères obtenus.

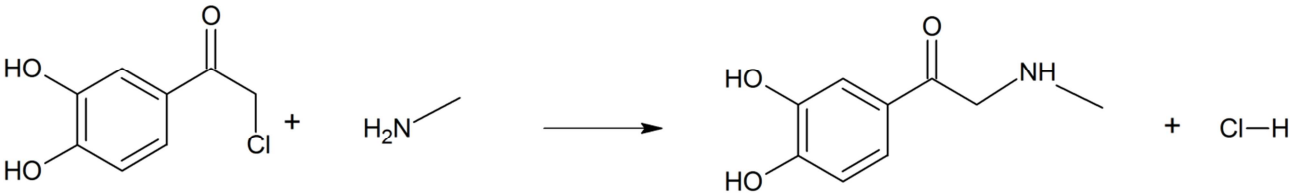
On rappelle qu'un catalyseur est dit stéréosélectif si son usage privilégie la formation d'un des stéréoisomères.

Réaction 1



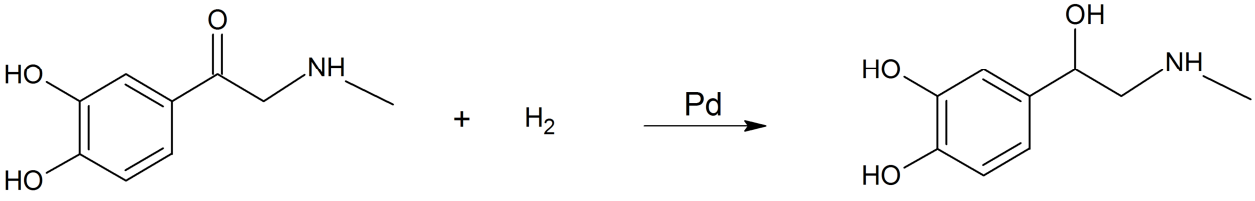
(1) (2) (3)

Réaction 2



(3) (4)

Réaction 3



(4) Adrénalone (5) Adrénaline

Séparation d'un mélange racémique par formation de diastéréoisomères

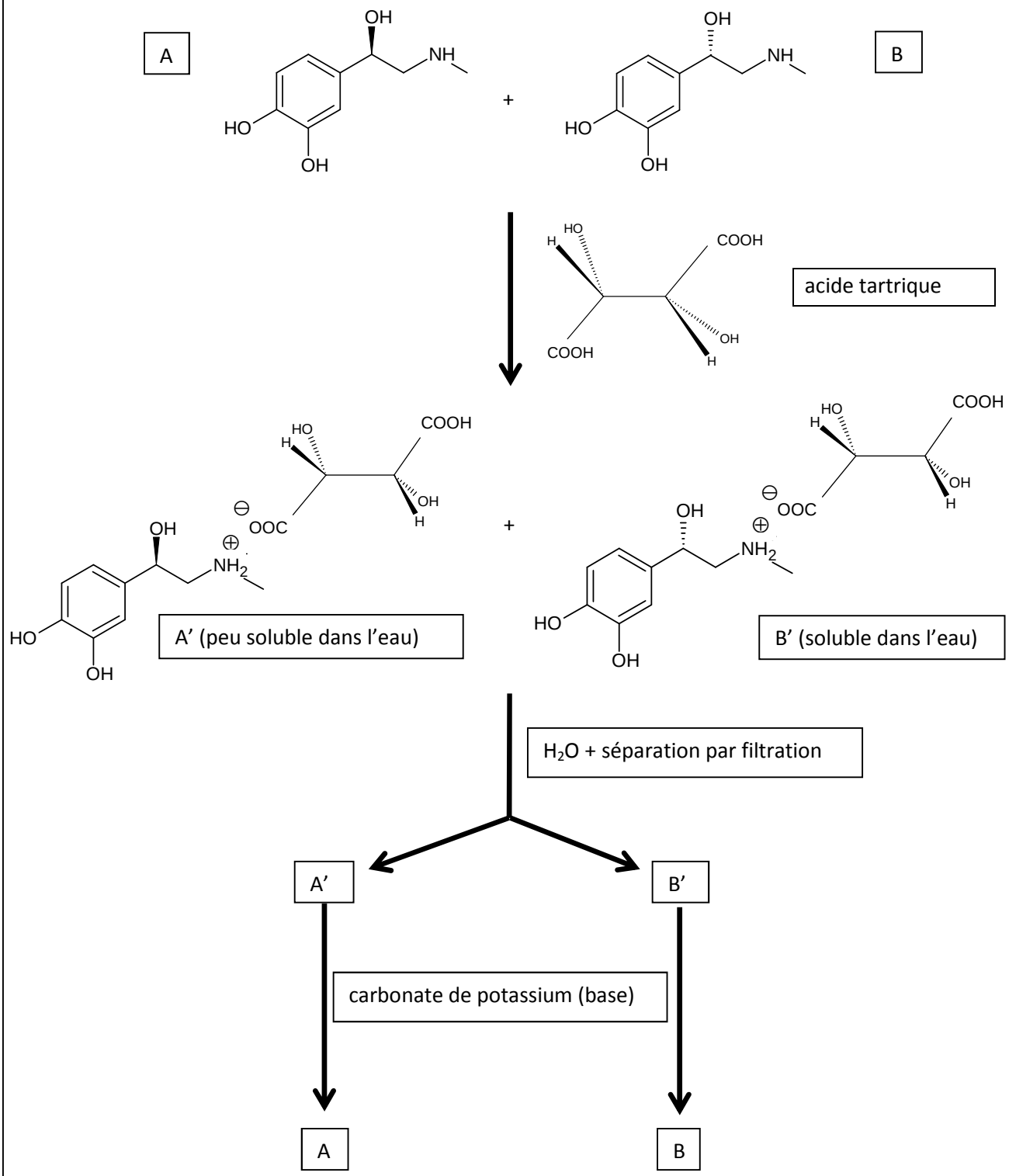
Une méthode générale de séparation d'un mélange racémique consiste à effectuer une réaction entre les deux énantiomères du mélange et une molécule chirale afin de former des diastéréoisomères dont les propriétés physico-chimiques sont différentes. Lorsque les énantiomères possèdent une fonction basique au sens de Brønsted, on utilise une molécule chirale acide au sens de Brønsted et réciproquement pour former des sels diastéréoisomères ; enfin, un traitement de ces sels de diastéréoisomères séparés permet de reformer séparément chacun des deux énantiomères du mélange racémique initial.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

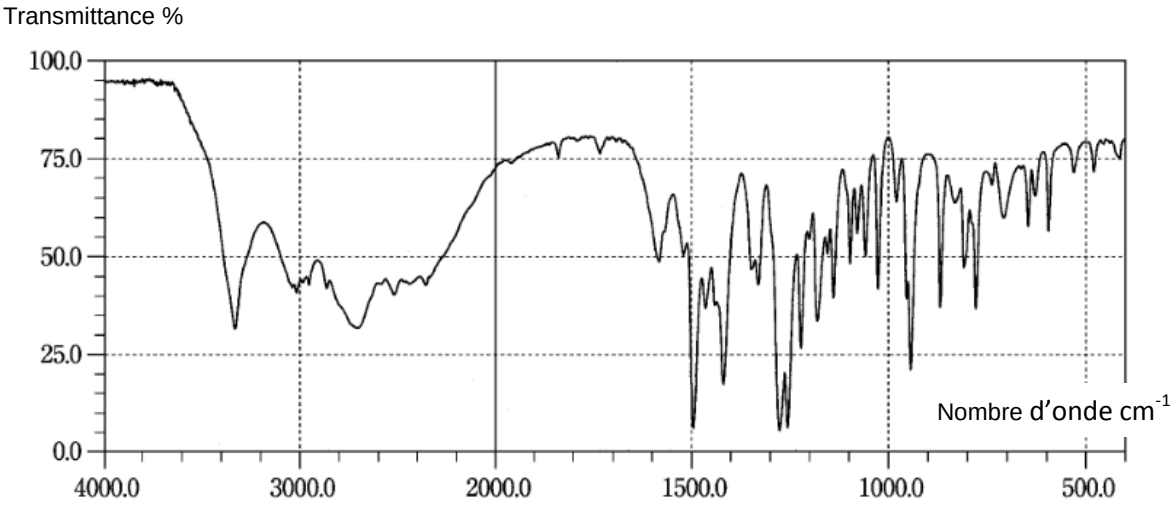
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Séparation des stéréoisomères de l'adrénaline

On part du mélange racémique de A et B :



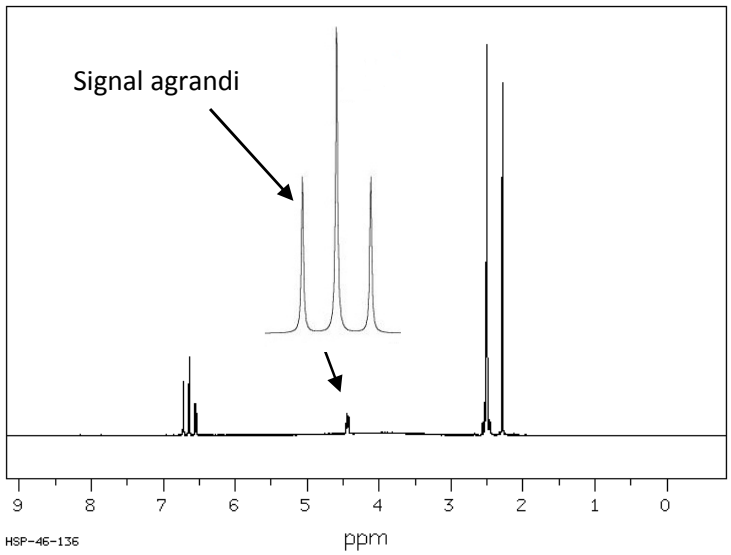
Données spectrales (IR et RMN) du produit obtenu lors de la synthèse



Spectre IR

Groupement	Liaison	Nombre d'ondes (cm^{-1})	Intensité
Alcools et phénols	O-H libre	3600	Variable et fine
Alcools et phénols	O-H associé	3200 - 3400	Forte et large
Acides	O-H associé	2500 - 3300	Forte et large
Amines	N-H	3300 - 3500	Moyenne
Aromatiques	C-H	3030 - 3080	Variable
Alcanes CH_3	C-H	2900	Forte
Aldéhydes	C-H	1700	Forte
Cétones	C=O	1680 - 1700	Moyenne
Esters	C-O	1050 – 1300	Forte
Alcools	C-O	1000 – 1200	Variable

Tableau de données pour la spectroscopie infrarouge



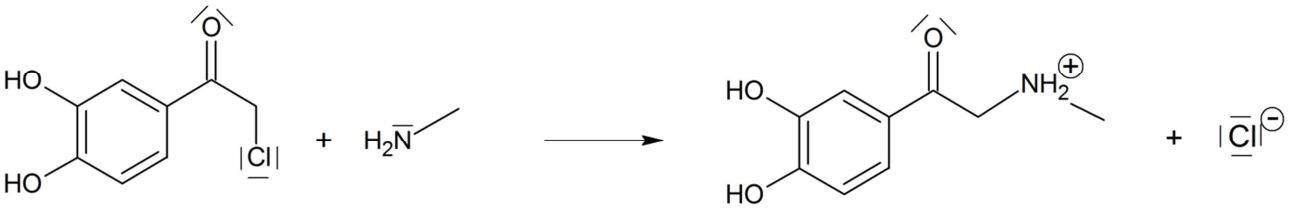
Spectre RMN du proton

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1. La synthèse chimique de la molécule d'adrénaline

1.1. À quelle catégorie de réaction appartient chacune des réactions intervenant dans la synthèse de l'adrénaline ? Justifier.

1.2. Le mécanisme réactionnel de la réaction 2 de la synthèse est modélisé par deux étapes successives se déroulant au niveau microscopique. La première est représentée ci-dessous :



1.2.1. Recopier cette première étape du mécanisme. Identifier, en les entourant, le ou les sites donneurs de doublets d'électrons et le ou les sites accepteurs de doublets d'électrons impliqués dans cette étape du mécanisme. Justifier.

1.2.2. Représenter les flèches courbes qui rendent compte de cette étape.

1.2.3. Écrire la seconde étape du mécanisme de la réaction 2 et identifier sa catégorie de réaction.

1.3. Dans le cas de la synthèse de l'adrénaline, peut-on dire que le palladium Pd est un catalyseur stéréosélectif ? Expliciter votre raisonnement.

1.4. Le spectre IR du produit obtenu nous permet-il de vérifier que la transformation de l'adrénalone en adrénaline a bien eu lieu ? Argumenter votre réponse.

1.5. À partir du spectre RMN du produit obtenu, est-il possible d'attribuer à un proton ou à un groupe de protons de la chaine carbonée de l'adrénaline le signal agrandi ? Justifier.

2. La molécule d'adrénaline et sa structure

2.1. Représenter la molécule d'adrénaline et entourer les groupes caractéristiques en dehors du cycle. Préciser les familles de composés qui leur sont associées.

2.2. Les stéréoisomères A et B de l'adrénaline sont-ils des diastéréoisomères ou des énantiomères ? Justifier.

2.3. Expliquer en quelques lignes les différentes étapes de la méthode mise en œuvre pour séparer les stéréoisomères de l'adrénaline.

3. L'auto-injection d'adrénaline

3.1. Déterminer la valeur de la concentration molaire d'adrénaline dans la solution contenue dans l'ampoule d'auto-injection.

3.2. Une personne de masse corporelle 55 kg est victime d'une piqûre de guêpe. Ayant des antécédents de chocs anaphylactiques, elle décide de pratiquer une auto-injection suivant le protocole fourni par le fabriquant. Une seule auto-injection est-elle suffisante ? Si non, combien devrait-elle en faire ? Justifier votre démarche.

EXERCICE III. SUIVI DU NIVEAU DE LA MER PAR LE SATELLITE SARAL (5 points)

Le niveau moyen des océans est un des indicateurs les plus importants du réchauffement climatique. Son suivi, grâce notamment aux satellites altimétriques, est d'une importance majeure pour la compréhension de l'évolution du climat. Actuellement une configuration de cinq satellites altimétriques est disponible : Jason-1, Envisat, Jason-*2*, Cryosat-2 et Saral. Elle permet d'obtenir un grand nombre de données.
La plus récente mission altimétrique, celle du satellite Saral, lancé le 25 février 2013, est le fruit d'une collaboration entre la France et l'Inde.

Données :

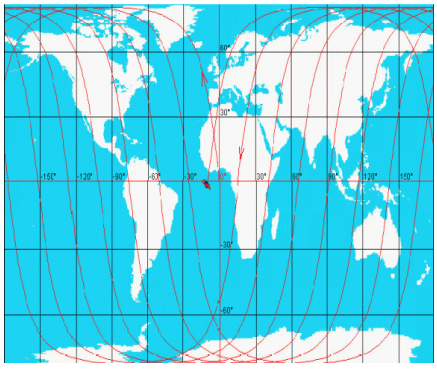
- célérité des ondes électromagnétiques dans l'ionosphère : $c = 2{,}99\,792 \times 10^{8}$ m.s^{-1} ;
- rayon moyen de la Terre : $R_T = 6371$ km ;
- période de rotation de la Terre : $T_T = 23{,}93$ heures ;
- masse de la Terre : $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg ;
- masse de Saral : $M_S = 400$ kg ;
- constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ m^3.kg^{-1}.s^{-2} ;
- expression du vecteur accélération dans le cas d'un mouvement circulaire de rayon r :

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt}\vec{t} + \frac{v^2}{r}\vec{n}$$

où $\vec{t}$ est un vecteur unitaire tangent à la trajectoire, orienté dans le sens du mouvement et $\vec{n}$ est un vecteur unitaire perpendiculaire à la trajectoire, orienté de l'objet en mouvement circulaire vers le centre de la trajectoire.

Le satellite altimétrique Saral

L'orbite du satellite est choisie de façon à optimiser la répétition des mesures sur la plus grande partie possible de la surface du globe. L'altitude moyenne de 800 km est assez élevée pour que le satellite ne soit plus sensible aux frottements dus aux gaz atmosphériques résiduels, ni aux fluctuations de la gravité liées aux reliefs terrestres. La stabilité de l'orbite permet de situer avec précision la position du satellite, sa hauteur et sa trace au sol en longitude et latitude.



Trace au sol de Saral

L'orbite du satellite Saral est circulaire, son plan est incliné de 98,55 degrés par rapport au plan équatorial. La période de révolution du satellite est de 100,59 minutes et, à chaque tour, sa trace verticale sur la surface terrestre est décalée de 2800 km à chaque passage au-dessus de l'équateur. Sa vitesse orbitale est de 7,47 km.s^{-1}. Il repasse sur le même point au sol au bout de 35 jours environ, après avoir effectué plusieurs fois le tour du globe, soit 501 orbites. Ceci réalise un bon échantillonnage temporel et spatial des mesures.

d'après http://www.aviso.altimetry.fr

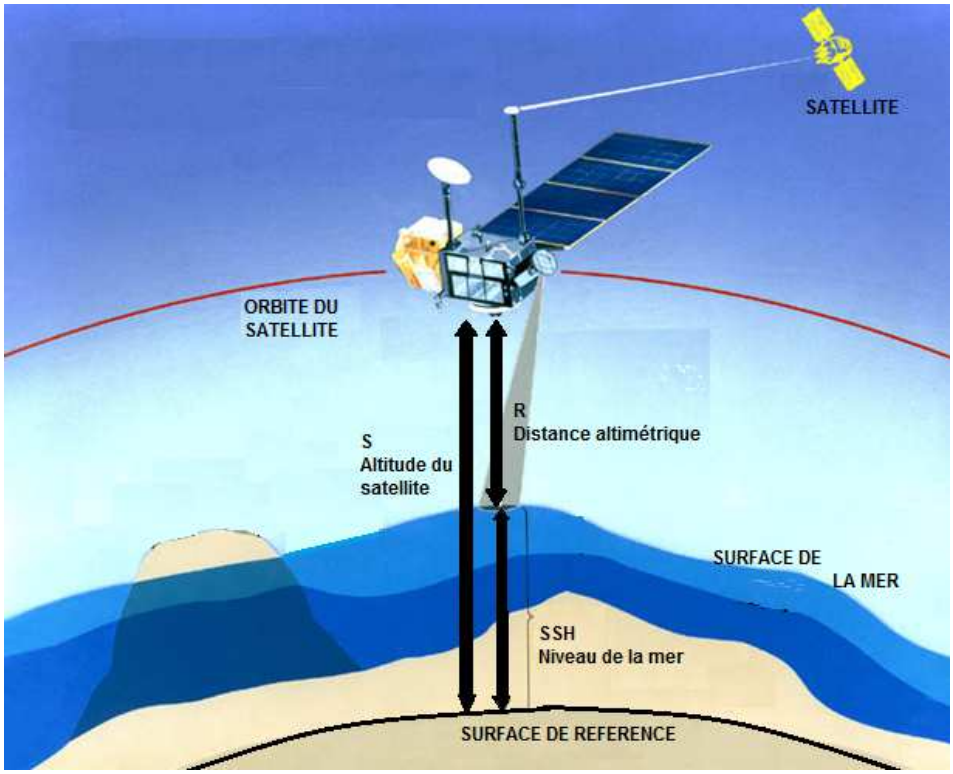
Principe de la mesure altimétrique

▪ *Du radar altimètre à la distance altimétrique (distance R sur la figure ci-dessous*)
Un radar altimètre embarqué à bord d'un satellite émet un signal à très haute fréquence à la verticale de celui-ci en direction du sol et reçoit en retour l'écho réfléchi par la surface de la mer. L'analyse de l'écho permet d'extraire une mesure très précise de la durée de trajet aller-retour du signal entre le satellite et la surface de la mer […].

Toutefois les ondes électromagnétiques peuvent être ralenties pendant leur traversée dans l'atmosphère, cet effet étant lié au taux d'humidité et au taux d'ionisation de l'air.

▪ *Orbite du satellite*
L'altitude du satellite notée S est calculée par rapport à une surface de référence qui correspond à une forme simplifiée de la Terre ("sphère" aplatie aux deux pôles).

▪ *Niveau des océans*
Le niveau des océans ou hauteur de la mer, notée *SSH* (« Sea Surface Height ») correspond à la mesure du niveau des océans à un instant donné par rapport à cette surface de référence**.**



d'après http://www.aviso.altimetry.fr

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Les différentes bandes de fréquences utilisées en altimétrie et leur sensibilité aux perturbations atmosphériques

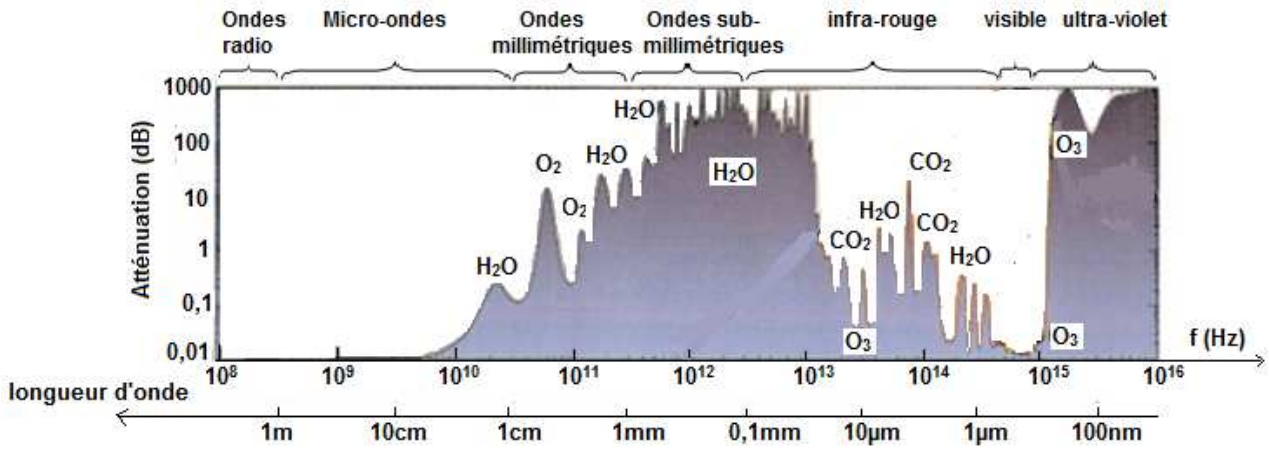
La plupart des radars altimètres utilisent plusieurs fréquences différentes. Le choix de l'une d'entre elles dépend de la réglementation, des objectifs de la mission et des contraintes techniques. Chaque bande de fréquence présente ses avantages et ses inconvénients. L'utilisation de deux fréquences simultanées est un moyen d'estimer le contenu en électrons de l'ionosphère[1] et ainsi de corriger la distance altimétrique.

[1] ionosphère : partie de l'atmosphère où les molécules sont ionisées par le rayonnement ultraviolet solaire. L'ionosphère terrestre est comprise entre environ 80 et 500 km d'altitude.

Bande	Longueur d'onde (cm)
P	30 - 100
L	15 - 30
S	7,5 - 15
C	3,75 - 7,5
X	2,4 – 3,75
Ku	1,67 – 2,4
K	1,1 – 1,67
Ka	0,75 – 1,1

Bande de fréquence	Nom des satellites utilisant les différentes bandes de fréquences	Sensibilité aux perturbations ionosphériques
Ka	Saral	Très faible
Ku	Topex/Poséidon Jason-1&2 Envisat	Faible
C	Topex/Poséidon Jason-1&2	Assez importante
S	Envisat	Assez importante

Les différentes bandes de fréquences utilisées en altimétrie et leur sensibilité aux perturbations atmosphériques



Spectre électromagnétique et atténuation par l'atmosphère (ESA**)**

d'après http://www.aviso.altimetry.fr

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1. Étude des caractéristiques du mouvement de Saral

Le mouvement du satellite Saral est étudié dans le référentiel géocentrique supposé galiléen.

On suppose dans cette partie que l'orbite du satellite Saral est circulaire.

1.1. Énoncer la seconde loi de Kepler appliquée au satellite étudié. Quelle précision nous apporte-elle sur le mouvement du satellite ?
Schématiser la trajectoire du satellite et représenter, en un point de cette trajectoire, son vecteur vitesse et son vecteur accélération sans souci d'échelle.

1.2. Montrer que l'expression de la vitesse du satellite Saral est $v=\sqrt{\frac{G.M_T}{R_T+h}}$, puis calculer sa valeur. Comparer avec les informations données sur ce satellite. L'hypothèse d'une trajectoire circulaire est-elle cohérente ?

1.3. Établir l'expression de la période de révolution T_S du satellite Saral autour de la Terre. Calculer sa valeur et la comparer avec les informations données sur ce satellite.

2. Évaluation du niveau de la mer Méditerranée grâce aux satellites altimétriques

La mer Méditerranée a une superficie de 2 515 000 km^2, sa profondeur moyenne est de 1 500 m et l'abysse la plus profonde est de 5 121 m.
Le 1er août 2013, le satellite altimétrique Saral, dont l'altitude par rapport à la surface de référence est 813 474 m, mesure un décalage temporel Δt de 5,40296 ms entre l'émission et la réception de l'onde dans l'ionosphère.

2.1. Pourquoi les radars altimètres utilisent-ils les micro-ondes ?

2.2. Pourquoi Saral n'utilise-t-il qu'une seule bande de fréquence contrairement aux autres satellites altimétriques ?

2.3. Déterminer la valeur de la hauteur *SSH* qui repère le niveau de la mer Méditerranée à l'endroit de la mesure prise par le satellite Saral le 1er août 2013.

BACCALAUREAT GENERAL – SESSION 2015 – Amérique du Sud

EPREUVE : PHYSIQUE-CHIMIE

SERIE : S – Enseignement Obligatoire

CODE SUJET : 15PYSCOAS1

RECTIFICATIF – NOTE AUX SURVEILLANTS

Exercice III – page 12/12

Question 1.2

Lire et écrire au tableau la consigne suivante :

Dans l'expression donnée pour la vitesse du satellite, *h* désigne l'altitude moyenne du satellite Saral.