Polynésie 2019

19PYSCOPO1

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2019

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3h30 - Coefficient : 6

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

Polynésie 2019

19PYSCOPO1

EXERCICE I : MISSION ROSETTA (10 points)

En 2004, la sonde européenne ROSETTA a quitté la Terre pour un voyage long de 10 ans. Sa destination était la comète 67P Churyumov-Gerasimenko, dont elle s'est approchée au cours de l'année 2014. Une fois à proximité de cette dernière, ROSETTA a été mise en orbite autour de la comète et a entamé ses observations en juillet 2014. En novembre 2014, la sonde a largué PHILAE, un atterrisseur qui est venu se poser à la surface de la comète. La mission de PHILAE consiste à analyser la comète sous tous ses aspects : composition du sol, propriétés physiques, niveau d'activité…
Objectif : mieux comprendre comment notre système solaire s'est formé.

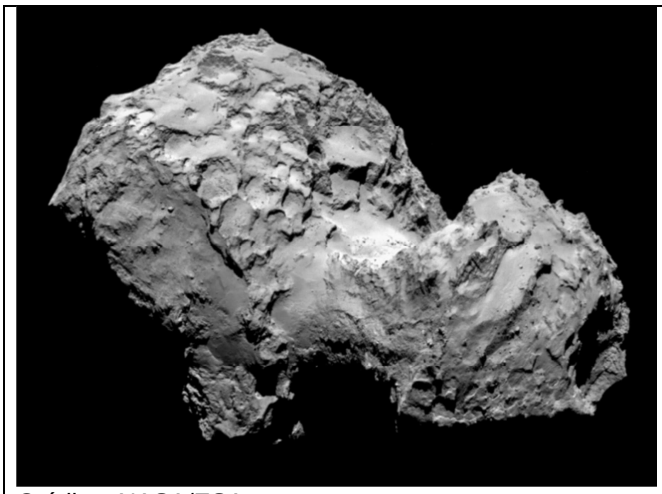
Source : CNES (Centre National d'Études Spatiales)

Données :

- Constante de gravitation universelle $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N.m^2.kg^{-2} ;
- Masse de la comète 67P : $M_C = 1{,}0 \times 10^{13}$ kg ;
- Masse du système (ROSETTA + PHILAE) : $M = 3{,}0 \times 10^{3}$ kg ;
- Masse de l'atterrisseur PHILAE : $M_P = 1{,}0 \times 10^{2}$ kg ;
- Distance moyenne Terre-Soleil : 1 unité astronomique = 1 ua = $1{,}50 \times 10^{8}$ km ;
- Dans cet exercice, la comète 67P est modélisée par une sphère de rayon R égal à 2,0 km.

1. Comète 67P Churyumov-Gerasimenko :

La comète 67P Churyumov-Gerasimenko a été découverte en septembre 1969. Elle tourne sur une orbite elliptique dont le Soleil occupe l'un des foyers.
La valeur de la vitesse de la comète est variable sur son orbite elliptique ; elle varie entre 5 et 35 km.s^{-1} environ dans le référentiel héliocentrique.



Crédits : NASA/ESA

Comète 67P Churyumov-Gerasimenko :

Année de découverte : 1969
Découvreurs : Klimlvanovic Churyumov et Svetlana Ivanovna Gerasimlenko

Trajectoire autour du Soleil :

- Ellipse
- Distance au plus près du Soleil (périhélie) : 1,24 ua
- Distance au plus loin du Soleil (aphélie) : 5,68 ua

Grand axe de l'ellipse : distance entre le périhélie et l'aphélie

Comète 67P vue par la caméra OSIRIS de ROSETTA le 3 août 2014.

Polynésie 2019

19PYSCOPO1

1.1. Représenter la trajectoire de la comète autour du Soleil en précisant les positions du Soleil, de l'aphélie et du périhélie.

1.2. Expliquer, en utilisant une des lois de Kepler, pourquoi la vitesse de la comète n'est pas constante sur sa trajectoire. On complètera le schéma précédent pour expliciter la loi utilisée.
Préciser, sur ce même schéma, la position de la comète pour laquelle la valeur de sa vitesse est la plus grande. Justifier.

1.3. Pour tous les objets en orbite autour du Soleil, le rapport entre le carré de la période de révolution T et le cube du demi-grand axe a de l'orbite est constant : $\frac{T^2}{a^3} = k$, grandeur constante (troisième loi de Kepler).
En déduire la valeur de la période de révolution de la comète autour du Soleil en années.

2. Satellisation de ROSETTA

Dans cette deuxième partie, l'atterrisseur PHILAE est encore dans la sonde ROSETTA.

Au cours des mois d'août et septembre 2014, la sonde ROSETTA arrive à proximité de la comète et est mise en orbite autour de celle-ci sur une trajectoire que l'on considère circulaire à une altitude h de 20 km. La manœuvre est difficile du fait de la faible gravité qui règne autour de la comète et pour réussir cette satellisation, la vitesse doit être parfaitement ajustée. Une vitesse trop importante donnerait à ROSETTA une trajectoire elliptique, une vitesse trop faible conduirait à une collision de la sonde avec la comète.

Le référentiel d'étude dans cette partie est le référentiel dont l'origine est le centre de la comète et dont les trois axes pointent vers des étoiles lointaines. Ce référentiel est supposé galiléen.

2.1. Faire un schéma de ROSETTA en orbite autour de la comète en précisant :
- le vecteur unitaire $\vec{u}$ orienté de ROSETTA vers le centre de la comète ;
- le vecteur modélisant la force d'interaction gravitationnelle exercée par la comète sur ROSETTA.
Donner l'expression vectorielle de cette force gravitationnelle en fonction de G, M,M_C, h, R et $\vec{u}$.

2.2. Accélération de ROSETTA.

2.2.1. En supposant que le poids de ROSETTA est égal à la force d'interaction gravitationnelle qu'elle subit, donner l'expression vectorielle de l'intensité de la pesanteur $\vec{g}$ au voisinage de la comète en fonction de G, M_C, h, R et $\vec{u}$.

2.2.2. En supposant que ROSETTA n'est soumise qu'à l'interaction gravitationnelle avec la comète 67P, établir l'expression vectorielle de l'accélération $\overrightarrow{a_R}$ de ROSETTA en fonction de G, M_C, h, R et $\vec{u}$.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Polynésie 2019

19PYSCOPO1

2.3. Vitesse et période de rotation :

2.3.1. Montrer que dans l'approximation d'un mouvement circulaire la valeur v de la vitesse de ROSETTA a pour expression : $v = \sqrt{\frac{G.M_C}{R+h}}$.

2.3.2. Calculer la valeur v de la vitesse.

2.3.3. Combien de temps ROSETTA met-elle pour faire un tour complet de la comète ?

3. Chute de PHILAE

L'atterrisseur PHILAE s'est détaché de la sonde ROSETTA le 12 novembre 2014 pour effectuer une chute libre de 20 km sans vitesse initiale et se poser sur la comète. Cette descente a duré plusieurs heures.

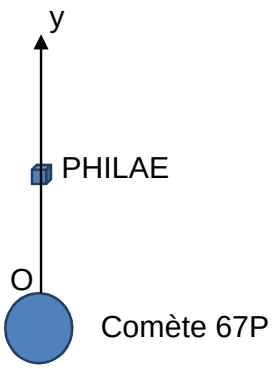
3.1. Chute libre de PHILAE

On modélise la chute de PHILAE par une chute libre, c'est-à-dire que PHILAE n'est soumis qu'à son poids.

Le référentiel d'étude est supposé galiléen.

On utilise un axe (Oy) vertical dirigé vers le haut, l'origine O étant au niveau du sol de la comète.

Le champ de pesanteur de la comète est considéré uniforme, d'intensité moyenne $g = 1{,}5 \times 10^{-5} m.s^{-2}$.



3.1.1. Déterminer, dans l'ordre de votre choix, la durée de la descente et la vitesse à l'atterrissage.

3.1.2. Quelle serait, sur Terre, la hauteur de chute conduisant à cette même vitesse d'impact en prenant comme intensité de la pesanteur sur Terre $9{,}8\ m.s^{-2}$? Comment expliquer cette différence ?

3.1.3. En réalité, la durée de la chute est de 7 h.
Dans le modèle utilisé, quelles sont les hypothèses que l'on peut discuter ? Justifier.

Polynésie 2019

3.2. Largage de PHILAE.

Le système {ROSETTA + PHILAE} a une vitesse de 0,17 $m.s^{-1}$ dans le référentiel de la comète. L'atterrisseur PHILAE est largué de telle sorte que sa vitesse initiale soit nulle par rapport à la comète. Le largage de PHILAE provoque une modification de la vitesse de ROSETTA.
On considère que le système {ROSETTA + PHILAE} est isolé pendant la durée du largage.

Déterminer la valeur de la vitesse v_R de la sonde ROSETTA par rapport à la comète après le largage.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Polynésie 2019

19PYSCOPO1

EXERCICE II : L'ISOPRÈNE (5 points)

L'isoprène a été découvert en 1860 et isolé à partir de la décomposition thermique du caoutchouc naturel. Il est produit et émis dans l'atmosphère par beaucoup d'espèces d'arbres (par exemple chênes, peupliers, eucalyptus). Cette production d'isoprène semblerait être un des mécanismes développés par les forêts pour surmonter la surchauffe des feuilles ou une irradiation excessive par le rayonnement ultra-violet.

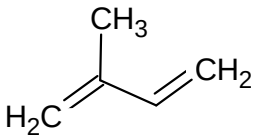
D'après le site www.societechimiquedefrance.fr/isoprene.html

Données :

- Masses molaires atomiques :
  $M(C) = 12{,}0\ g.mol^{-1}$; $M(H) = 1{,}0\ g.mol^{-1}$; $M(O) = 16{,}0\ g.mol^{-1}$;
- Masse volumique de la propanone : $\rho = 790\ kg.m^{-3}$.

1. L'isoprène.

L'isoprène est un hydrocarbure également appelé 2-méthylbuta-1,3-diène, dont une représentation est donnée ci-dessous.



1.1. Justifier le nom attribué à l'isoprène en nomenclature officielle et donner sa formule semi-développée.

1.2. L'un des isomères de l'isoprène, le penta-1,3-diène, a pour formule semi-développée :

$$CH_2 = CH - CH = CH(CH_3)$$

Représenter, en les identifiant, les formules topologiques des deux stéréoisomères Z et E possibles du penta-1,3-diène.

1.3. Par hydrogénation catalytique de l'isoprène, on obtient le 2-méthylbutane.

1.3.1. Écrire la formule semi-développée du 2-méthylbutane.

1.3.2. Indiquer, en le justifiant, le nombre de signaux attendus sur le spectre de RMN du proton du 2-méthylbutane, ainsi que la multiplicité de chaque signal.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

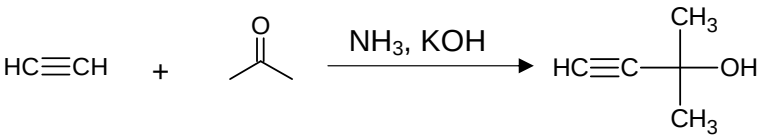
Polynésie 2019

19PYSCOPO1

2. Synthèse industrielle de l'isoprène.

Le chimiste italien Snamprogetti a développé un processus de synthèse de l'isoprène à partir de propanone et d'éthyne. La première étape se déroule sous 20 bars entre 10 et 40 °C dans de l'ammoniac liquide avec comme c atalyseur de la potasse de formule KOH.
Le produit, le 2-méthylbut-3-yne-2-ol, est ensuite hydrogéné sélectivement pour obtenir du 2-méthylbut-3-ène-2-ol. Cette espèce chimique est ensuite déshydratée à 250-300 °C en présence d'alumine Al_2O_3 sous pression atmosphérique pour donner de l'isoprène.

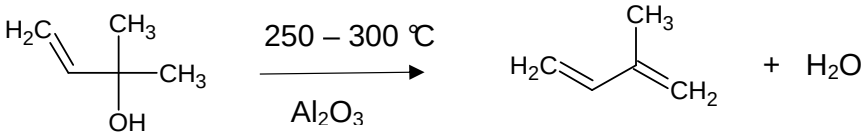
1ère étape :



2ème étape :



3ème étape :



2.1. Réaction de synthèse de l'isoprène.

2.1.1. Indiquer, pour les étapes 2 et 3, la catégorie de la réaction.

2.1.2. Déduire de l'ensemble des étapes l'équation de la réaction de synthèse de l'isoprène.

2.2. Ce processus de synthèse a permis de produire, jusqu'en 1982, 30 000 tonnes d'isoprène par an avec un rendement de 85 %.
Déterminer le volume de propanone nécessaire à cette production annuelle sachant que la propanone est le réactif limitant.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Polynésie 2019

19PYSCOPO1

EXERCICE III – COMPOSITION D'UN BONBON (5 points)

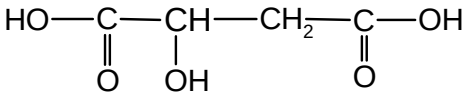
Sur l'emballage d'un paquet de bonbons, on peut lire l'information suivante :

Ingrédients : sucre, sirop de glucose, amidon de maïs, humectant : sirop de sorbitol, farine de blé, acidifiants : E296 et E330, arômes concentrés de fruits et de plantes (pomme, cassis, radis) ; colorant bleu.

On s'intéresse dans cet exercice à quelques-uns de ces composés et à leurs propriétés.

1. L'additif alimentaire E296

L'additif alimentaire E296, introduit comme acidifiant, correspond à l'acide malique dont la formule semi-développée est représentée ci-contre.



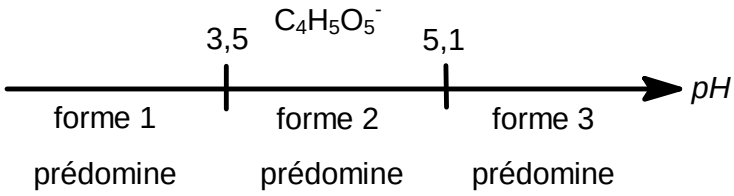
1.1. Cet acide présente-t-il des stéréoisomères de configuration ? Justifier.

L'acide malique est un diacide faible en solution aqueuse. Les *pKa* des deux couples acide/base correspondants sont : pK_{a1} = 3,5 et pK_{a2} = 5,1.

1.2. Définir l'expression « acide faible ».

1.3. Pourquoi l'acide malique est-il un « diacide » ?

Le diagramme de prédominance incomplet donne la formule brute d'une des trois formes de l'acide malique :



1.4. Sur la copie, indiquer les formules brutes des formes 1 et 3 intervenant dans le diagramme précédent.

La salive humaine a un *pH* approximatif compris entre 6,5 et 7,4.
Si on met un bonbon dans la bouche, on éprouve une sensation acide.

1.5. Indiquer la forme prédominante prise par l'acide malique dans la bouche. Proposer une interprétation de la sensation éprouvée.

Polynésie 2019

19PYSCOPO1

2. Le colorant bleu

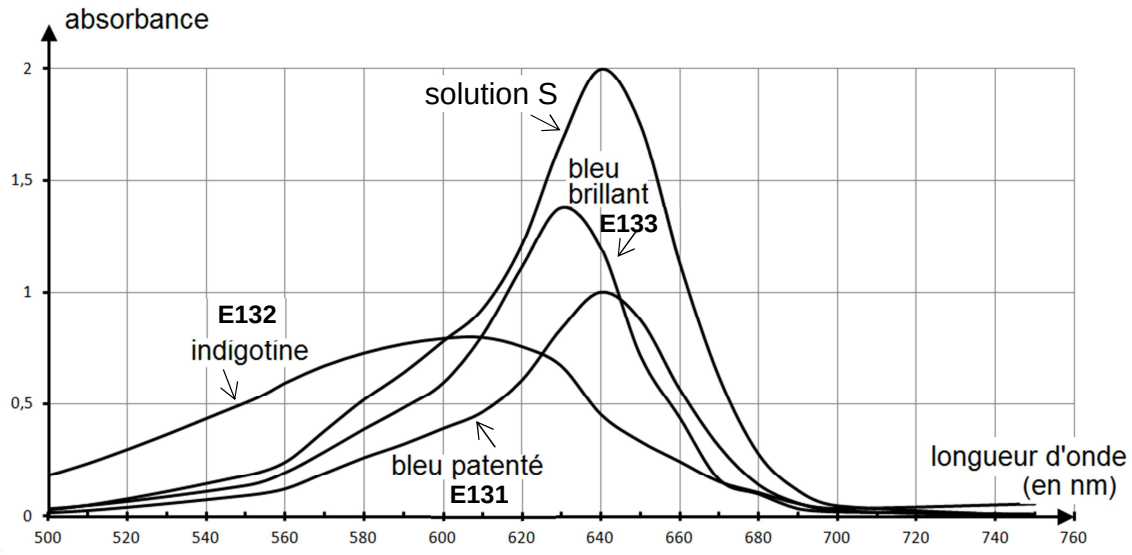
On souhaite déterminer la nature du colorant bleu entrant dans la composition du bonbon. Ce colorant est la seule espèce chimique présente dans le bonbon qui absorbe dans le visible.

Pour obtenir son spectre d'absorption, on réalise tout d'abord une solution à partir d'un bonbon en mettant en œuvre le protocole suivant :

- dans un bécher de 100 mL, introduire 20 mL d'eau distillée et un bonbon bleu ;
- grâce à une plaque chauffante, augmenter la température du mélange et agiter jusqu'à dissolution totale du bonbon ;
- filtrer le mélange pour obtenir une solution limpide ;
- la refroidir à température ambiante, l'introduire dans une fiole jaugée de 25,0 mL et compléter le niveau jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. Homogénéiser.

On appelle S la solution ainsi obtenue.

On réalise le spectre d'absorption de cette solution pour le comparer à ceux de trois solutions de colorants alimentaires connus, de concentration en colorant $C_{colorant} = 1{,}00 \times 10^{-5}$ mol.L^{-1} : le bleu patenté E131, l'indigotine E132 et le bleu brillant E133. Les quatre spectres d'absorption obtenus sont représentés ci-dessous.



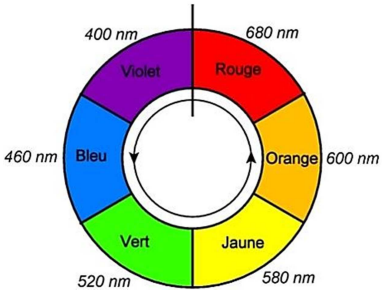
La loi de Beer-Lambert indique que pour une longueur d'onde fixée, l'absorbance A d'une espèce chimique en solution est proportionnelle à sa concentration C.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Polynésie 2019

19PYSCOPO1

Deux couleurs diamétralement opposées sur le cercle chromatique sont complémentaires.



L'Union européenne fixe, pour tous les colorants alimentaires, les valeurs de dose journalière admissible (DJA), en mg de produit absorbable par kg de masse corporelle et par jour.

colorant	bleu patenté E131	indigotine E132	bleu brillant E133
DJA ($mg.kg^{-1}.jour^{-1}$)	2,5	5,0	10,0
masse molaire du colorant ($g.mol^{-1}$)	560	420	747

2.1. Le spectre de la solution S est-il cohérent avec la couleur du bonbon ? Justifier.

2.2. À l'aide de vos connaissances et des informations fournies, déterminer le nom et la concentration molaire du colorant présent dans la solution S. Justifier.

2.3. Déterminer le nombre maximal de bonbons qu'un enfant de 30 kg peut ingérer chaque jour sans dépasser la DJA du colorant. Commenter le résultat trouvé.