BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2015

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **6**

L'usage d'une calculatrice EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Officielle

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13 y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 13) EST À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elle n'a pas été complétée.

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

EXERCICE I - LE SMARTPHONE, L'OUTIL MULTIMÉDIA (6 points)

De nos jours, le smartphone est devenu un outil multimédia de plus en plus apprécié. À lui seul, il combine toutes les fonctionnalités « high-tech » du moment : téléphone mobile, appareil photo, courriels, internet…Ses applications et sa compacité font de lui l'appareil multimédia le plus utilisé.

Le but de cet exercice est d'étudier le principe de fonctionnement du capteur de l'appareil photo intégré dans le smartphone, puis les caractéristiques de l'image numérique obtenue.

Données :

- 1 eV = 1,60 × 10^{-19} J ;
- constante de Planck h = 6,63 × 10^{-34} J.s ;
- 1 octet = 8 bits.

1. Du capteur à l'image numérique

Du capteur à l'image en couleurs

Le capteur

La plupart des téléphones portables sont équipés d'un appareil photographique numérique doté d'un capteur de lumière. Ce capteur se présente sous forme d'un quadrillage de cellules photosensibles appelées photosites. Chaque photosite est constitué d'une photodiode à base de silicium, capable d'absorber les photons d'énergie supérieure à 1,14 eV.
Par effet photoélectrique, ces photons absorbés sont à l'origine d'un signal électrique proportionnel à la quantité de lumière reçue. Ce signal analogique est ensuite numérisé grâce à un convertisseur analogique numérique puis traité avant d'être stocké en mémoire.

L'image en noir et blanc

Si l'on utilisait directement les données fournies par le capteur, on obtiendrait une image en niveau de gris codé sur 8 bits qui s'étendrait du noir au blanc (le noir est associé à la valeur 0, tandis que le blanc est associé à la valeur 255 en décimal).

L'image en couleurs

Pour obtenir une image en couleurs, on place devant le capteur une matrice de Bayer (figure 1). Cette matrice est constituée d'une mosaïque de filtres colorés : rouge (R), vert (V), et bleu (B), les trois couleurs primaires de la synthèse additive. Avec cette matrice, chaque photosite est recouvert d'un filtre de couleur rouge, vert ou bleu selon la disposition donnée en figure 1. Ainsi pour chaque photosite, on code sur 8 bits l'intensité lumineuse associée à une seule des trois composantes RVB de la lumière, les deux autres étant ignorées (figure 2).

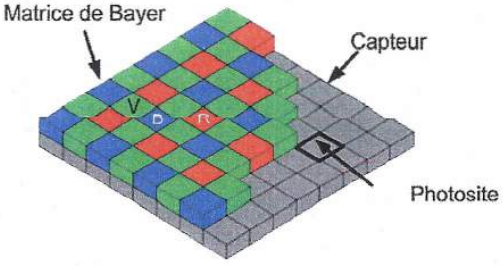


Figure 1. La matrice de Bayer

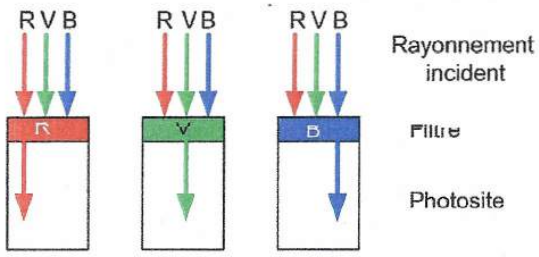
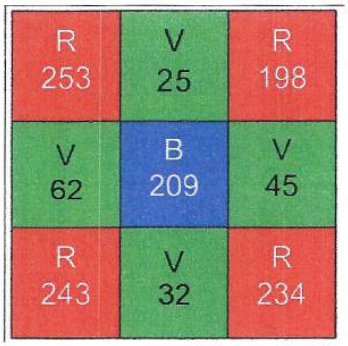


Figure 2. Caractéristiques des filtres R, V, B

Afin de reconstituer l'image en couleurs, on associe à chaque photosite un pixel auquel on attribue un codage RVB constitué de trois octets (un octet pour chaque composante de couleurs). Pour chaque pixel, on doit donc retrouver l'information sur les deux couleurs manquantes (par exemple, rouge et vert pour un pixel bleu) en faisant la moyenne des valeurs correspondant à chaque couleur manquante sur les pixels voisins (figure 3). Au final la couleur associée à un pixel sera le résultat de la synthèse additive des trois couleurs.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer



Exemple : pour le pixel central (bleu),
- la valeur de codage correspondant au rouge est obtenue par la moyenne des 4 pixels rouges voisins ;
- la valeur de codage correspondant au vert est obtenue par la moyenne des 4 pixels verts voisins ;
- la valeur de codage correspondant au bleu est donnée par la valeur du pixel central.

Figure 3. Principe de codage en RVB pour une matrice de 9 pixels

Photographie numérique d'une télécommande délivrant un rayonnement infrarouge

Lorsqu'on actionne une des touches d'une télécommande (pour la télévision par exemple), celle-ci délivre un signal lumineux de longueur d'onde proche de 1 µm. Les images ci-dessous montrent les photographies d'une télécommande prises avec un smartphone.

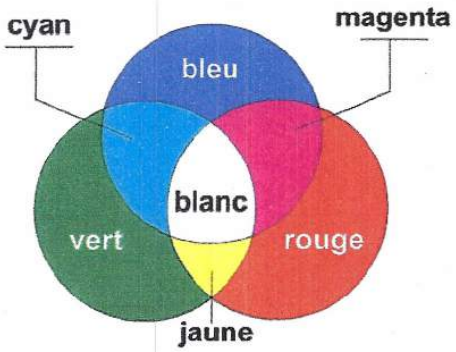


Aucune touche de la télécommande n'est actionnée



On actionne une touche de la télécommande

Principe de la synthèse additive



1.1. Le schéma en **ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** représente la chaîne de conversion du rayonnement incident filtré en un signal numérique dans l'appareil photo numérique. Compléter ce schéma en choisissant les termes pertinents dans la liste de mots suivante :
Filtre – Matrice de Bayer – Signal analogique – Convertisseur analogique-numérique – Photosite – Photons.

1.2. Déterminer la valeur maximale de la longueur d'onde dans le vide de l'onde détectée par le capteur. À quel domaine spectral appartient cette radiation ?

1.3. Les courbes ci-dessous représentent la réponse spectrale de quatre photodétecteurs. Identifier celle associée au capteur de l'appareil photo d'un smartphone. Justifier votre réponse.

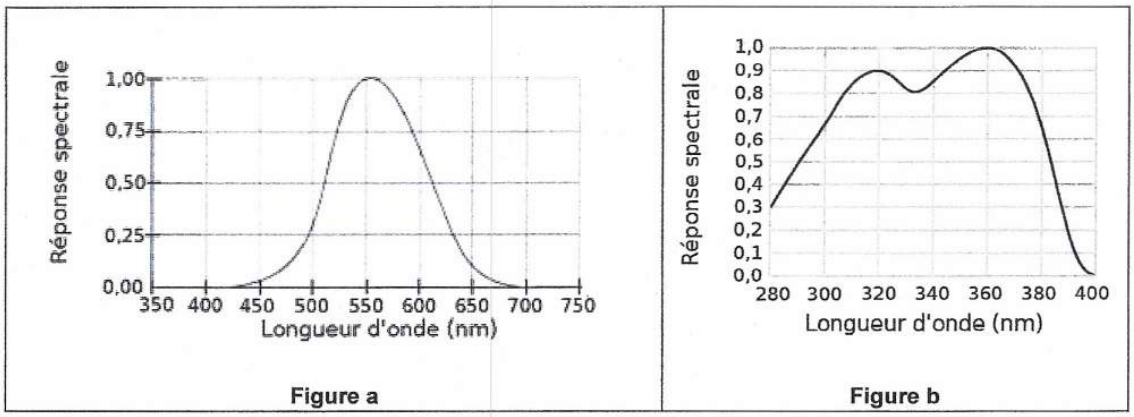


Figure a — Figure b

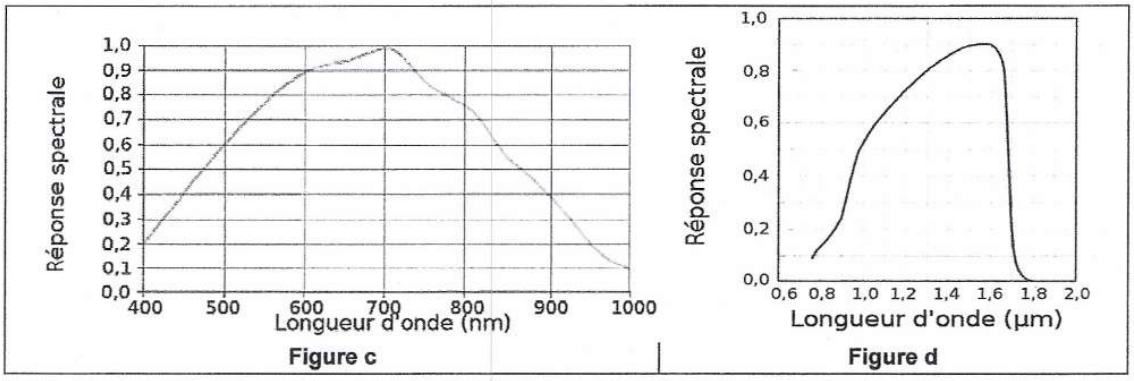


Figure c — Figure d

1.4. Déterminer la couleur affichée par le pixel central de la figure 3. Justifier votre réponse.

2. Résolution d'une image numérique

Caractéristiques d'une image numérique

Une image numérique se présente sous la forme d'un quadrillage dont chaque case est un pixel de forme carrée (figure 4). Une image numérique est caractérisée par :

- ses dimensions données par sa largeur ℓ et sa hauteur h ;
- sa définition, indiquant le nombre total de pixels qui composent l'image ;
- sa résolution, égale au nombre de pixels par unité de longueur.

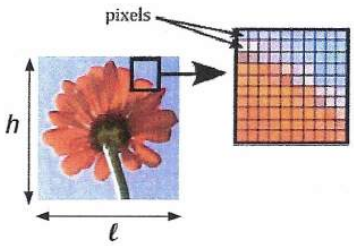


Figure 4. Une image numérique de dimensions $\ell \times h$

Une image est dite de « qualité photo » lorsque la taille des pixels est suffisamment petite pour que l'œil ne perçoive pas le damier de pixellisation.

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

Extrait d'un manuel d'utilisateur d'un smartphone

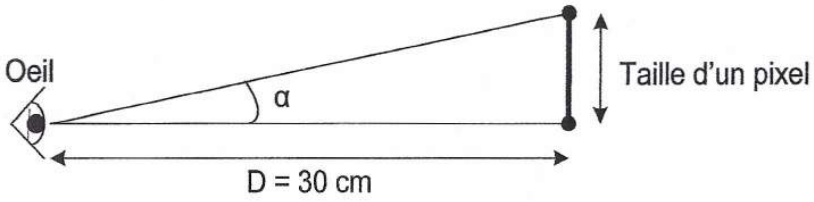
« Faites votre choix entre plusieurs définitions d'image avant de prendre une photo. Une photo avec une définition élevée nécessite plus de mémoire. »

3264 × 2448 pixels (8 Mpixels)
2560 × 1920 pixels (5 Mpixels)
2048 × 1536 pixels (3 Mpixels)
1600 × 1200 pixels (2 Mpixels)
1280 × 960 pixels (1,2 Mpixels)
640 × 480 pixels (0,3 Mpixels)

Remarque : le premier nombre correspond au nombre de pixels en largeur, le deuxième nombre correspond au nombre de pixels en hauteur.

2.1. Une photo prise avec une définition de 8 Mpixels a un poids de 1,3 Mo. En déduire le nombre de photos de ce type que l'on peut stocker sur une carte mémoire de 16 Go.

On considère qu'un œil peut distinguer deux points séparés lorsque les rayons lumineux issus de ces deux points arrivent dans l'œil avec un angle supérieur à $3{,}0 \times 10^{-4}$ rad.
Dans le cas contraire, l'œil ne distinguera pas ces deux points qui paraîtront confondus.



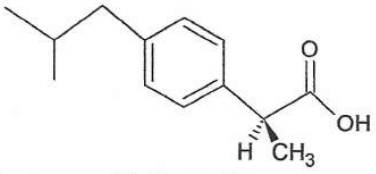
On souhaite prendre une photo destinée à être imprimée en « qualité photo » dont les dimensions en largeur et hauteur sont 15 cm × 11,5 cm. La photo est destinée à être observée à une distance de 30 cm.

2.2. Quelle définition choisir pour que l'image ait la « qualité photo » et qu'elle occupe le moins de place mémoire possible ?

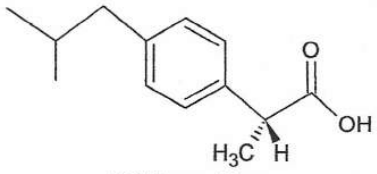
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II - SÉPARER LES ÉNANTIOMÈRES DE L'IBUPROFÈNE (9 points)

L'ibuprofène® est un anti-inflammatoire non stéroïdien. Il possède des propriétés antalgiques, antipyrétiques, anti-inflammatoires.
On vend sous l'appellation ibuprofène® un produit de synthèse, correspondant au mélange équimolaire de (S)-ibuprofène et de (R)-ibuprofène, ces deux molécules étant énantiomères ; ce mélange est donc qualifié de racémique. Or seul le (S)-ibuprofène est responsable de l'effet clinique (160 fois plus efficace que le (R)-ibuprofène in vitro). De plus, pris seul, le (S)-ibuprofène agit plus rapidement et diminue les effets secondaires par rapport à la prise du mélange racémique. Vendre dorénavant des médicaments énantiomériquement purs, plutôt que des mélanges racémiques, est une tendance forte de l'industrie pharmaceutique.



(S)-ibuprofène



(R)-ibuprofène

Le but de cet exercice est d'analyser une méthode permettant de réaliser la séparation du (S)-ibuprofène du (R)-ibuprofène. La qualité de cette séparation est évaluée à l'aide d'une grandeur appelée excès énantiomérique .

L'excès énantiomérique
Soit un mélange contenant 2 énantiomères notés R et S. L'excès énantiomérique du mélange, noté ee et exprimé en %, est donné par la relation :

$$ee = \left|\frac{n_R - n_S}{n_R + n_S}\right| \times 100$$

où n_R et n_S sont respectivement les quantités de matière des énantiomères R et S.

1. Mélange racémique présent dans l'ibuprofène®

1.1. Justifier que les molécules (S)-ibuprofène et (R)-ibuprofène sont des énantiomères.

1.2. Indiquer la valeur de l'excès énantiomérique ee de l'ibuprofène®.

1.3. Quelle devrait être la valeur de l'excès énantiomérique ee pour un médicament énantiomériquement pur ?

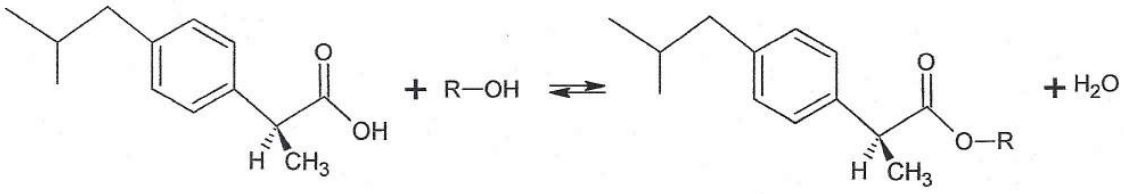
1.4. Citer deux techniques de séparation classiques en chimie. Indiquer pour quelles raisons ces techniques ne permettent pas de séparer le (S)-ibuprofène du (R)-ibuprofène d'un mélange.

2. Étude d'une stratégie de séparation du (S)-ibuprofène et du (R)-ibuprofène

Réaction d'estérification de l'ibuprofène
Les deux énantiomères de l'ibuprofène peuvent réagir avec un alcool R-OH pour donner un ester et de l'eau. Cette réaction chimique, appelée réaction d'estérification, est extrêmement lente et limitée à température ambiante.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

La présence dans le mélange réactionnel d'une enzyme, la *Candida Rugosa Lipase*, notée CRL7, permet de diminuer la durée de la réaction d'estérification du (S)-ibuprofène seulement. L'équation de la réaction d'estérification est la suivante :



(S)-ibuprofène Alcool Ester de (S)-ibuprofène Eau

L'estérification du (R)-ibuprofène reste très lente, au point que l'on peut considérer qu'il ne se forme pas d'ester du (R)-ibuprofène, même au bout de 12 h.

Pour séparer les deux énantiomères, on met en œuvre le protocole décrit ci-après :

Protocole de séparation des énantiomères de l'ibuprofène

Étape 1 : on laisse réagir pendant 12 h et sous agitation un mélange réactionnel contenant :

- 5,0 mL de solvant ;
- 0,100 mmol d'ibuprofène® ;
- 1,00 mmol d'alcool ;
- 0,1 g de CRL7 introduit à l'instant $t = 0$.

Étape 2 : au bout de 12 h, on réalise une analyse du mélange réactionnel par une technique adaptée afin de déterminer la quantité de matière de (R)-ibuprofène et celle de (S)-ibuprofène restantes dans le mélange réactionnel.

Étape 3 : la quantité d'ester de (S)-ibuprofène produite après 12 h de réaction est extraite du mélange réactionnel par distillation.

Étape 4 : l'ester de (S)-ibuprofène récupéré est transformé intégralement en (S)-ibuprofène par hydrolyse, réaction inverse de l'estérification.

2.1. Recopier la formule du (S)-ibuprofène, entourer le(s) groupe(s) caractéristique(s) présent(s) et nommer la(es) famille(s) chimique(s) correspondante(s).

2.2. Y a-t-il lors de la réaction d'estérification précédente, modification de chaîne ou de groupe caractéristique ? Justifier.

2.3. Pourquoi l'enzyme CRL7 n'apparaît-elle pas dans l'équation de la réaction d'estérification ?

Le protocole de séparation est réalisé à une température $\theta = 50°C$, en utilisant pour alcool le méthanol et pour solvant l'isooctane. L'analyse réalisée lors de l'étape 2 indique qu'au bout de 12 h, le mélange réactionnel contient le (R)-ibuprofène et 0,012 mmol de (S)-ibuprofène.

2.4. Dans ces conditions, calculer la valeur de l'excès énantiomérique ee du mélange réactionnel à l'instant $t = 12$ h.

2.5. Déterminer la quantité de matière de (S)-ibuprofène qu'on peut récupérer par hydrolyse de l'ester de (S)-ibuprofène extrait à l'étape 3 ?

2.6. Quelle serait la valeur de l'excès énantiomérique ee du mélange réactionnel si la réaction d'estérification était totale ?

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

3. Optimisation des conditions expérimentales de séparation des énantiomères de l'ibuprofène

Afin d'améliorer la séparation des énantiomères de l'ibuprofène, une équipe de chercheurs a étudié l'influence de différents paramètres sur la réaction d'estérification de l'ibuprofène du protocole de séparation. Ces résultats sont présentés ci-après.

Influence des conditions expérimentales de l'estérification sur l'excès énantiomérique *ee*

Pour chacune des expériences de l'équipe de chercheurs, la réaction d'estérification de l'ibuprofène a été réalisée à une température θ en utilisant 5,0 mL de solvant, 0,100 mmol d'un mélange racémique d'ibuprofène, une quantité de matière notée n d'alcool et 100 mg de CRL7.
L'excès énantiomérique *ee* est mesuré au bout de 12 h. Les résultats des différentes séries de mesures de l'excès énantiomérique *ee* réalisées sont donnés ci-après.

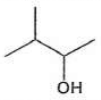
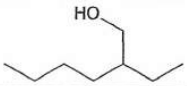
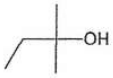
Série de mesures n°1

Mesures réalisées pour $\theta = 50°C$ et $n = 1{,}00$ mmol de 2-éthylhexan-1-ol.

Solvants organiques utilisés	Formule brute	Formule topologique	*ee* (%)
Hexane	C_6H_{14}		43
Octane	C_8H_{18}		44
Isooctane (2,2,4-triméthylpentane)	C_8H_{18}		94

Série de mesures n°2

Mesures réalisées pour $\theta = 50°C$, $n = 1{,}00$ mmol d'alcool et le solvant isooctane.

Alcool R – OH usuels	Formule brute	Masse volumique (en $g.mL^{-1}$)	Formule topologique	*ee* (%)
Pentan-1-ol	$C_5H_{12}O$	0,814		65
Isoamylol	$C_5H_{12}O$	0,815		88
Isooctanol 2-éthylhexan-1-ol	$C_8H_{18}O$	0,832		94
Tert-amyl alcool 2-méthylbutan-2-ol	$C_5H_{12}O$	0,810		0

Série de mesures n°3

Mesures réalisées pour $\theta = 50°C$ en utilisant le 2-éthylhexan-1-ol et le solvant isooctane.



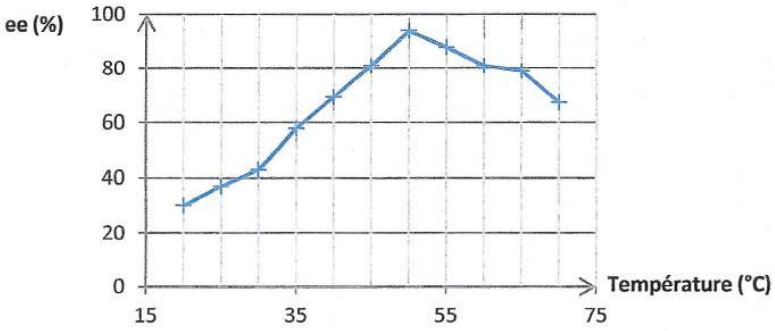
Excès énantiomérique *ee* en fonction du ratio molaire

Le ratio molaire est le rapport entre les quantités de matière initiales d'alcool et d'ibuprofène.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Série de mesures n°4

Mesures réalisées en utilisant n = 1,00 mmol de 2-éthylhexan-1-ol et le solvant isooctane.



Excès énantiomérique ee en fonction de la température

D'après The Scientific World Journal, volume 2013, article ID 364730

Données :
Un alcool R – OH est dit :
- alcool primaire si le carbone portant le groupement hydroxyle n'est lié qu'à un unique autre atome de carbone ;
- alcool secondaire si le carbone portant le groupement hydroxyle est lié à deux autres atomes de carbone ;
- alcool tertiaire si le carbone portant le groupement hydroxyle est lié à trois autres atomes de carbone.

Masses molaires atomiques en $g.mol^{-1}$: M(H) = 1,0 ; M(C) = 12,0 ; M(O) = 16,0.

3.1. Donner la formule topologique de l'isooctane et le nom de l'isoamylol en nomenclature officielle.

3.2. Pour chaque série de mesures, formuler une hypothèse que la série permet de tester.

3.3. Quelle classe d'alcool semble être à exclure pour réaliser la séparation des énantiomères de l'ibuprofène ? Comment pourrait-on conforter ce résultat ?

On admettra que l'ester de (S)-ibuprofène peut toujours être séparé du mélange réactionnel.
3.4. À partir des résultats de l'équipe de chercheurs, préciser quelles pourraient être les conditions expérimentales les plus favorables pour séparer les énantiomères de l'ibuprofène selon le protocole de séparation.

3.5. Quel volume de l'alcool choisi à la question **3.4**. faut-il prélever pour réaliser la séparation des énantiomères de l'ibuprofène dans les conditions du protocole qui a été précisé ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III - QUELQUES ASPECTS DE LA PHYSIQUE DU VOL AVEC L'A380 (5 points)

Dans cet exercice, on s'intéresse à quelques forces mises en jeu dans la physique du vol d'un avion telles que la force de poussée, la portance et la traînée.

L'A380 est le plus gros avion civil jamais conçu et le troisième plus gros avion de l'Histoire. Surnommé « Super Jumbo», il possède un double pont qui s'étend sur toute la longueur du fuselage, lui permettant d'accueillir 555 passagers. D'une masse au décollage de 560 tonnes et emportant jusqu'à 310 000 L de carburant, ce quadriréacteur offre une autonomie record de 15 200 km (grâce en particulier à l'usage massif de matériaux composites). La force de poussée maximale d'un réacteur d'A380 vaut 310 kN.



Adapté de mondo-aero.fr

Modélisation de la physique du vol d'un avion à réaction

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, en vol, l'avion à réaction est soumis essentiellement à l'action de quatre forces :

- $\vec{P}$, le poids de l'avion ;
- $\vec{F}_{\text{portance}}$, la portance, générée par l'écoulement de l'air autour de l'avion, de direction perpendiculaire à la direction du mouvement et orientée vers le haut ;
- $\vec{F}_{\text{traînée}}$, la traînée, générée également par l'écoulement de l'air autour de l'avion, de même direction que celle du mouvement de l'avion et de sens opposé ;
- $\vec{F}_{\text{poussée}}$, la force de poussée exercée par les gaz éjectés à la sortie des réacteurs. On se limite à des situations où la direction et le sens de cette force sont les mêmes que ceux du mouvement de l'avion.

Forces aérodynamiques

La portance et la traînée sont deux forces dites aérodynamiques car elles résultent de l'action exercée par l'air en mouvement relatif sur la surface de l'avion (essentiellement les ailes).

Des expériences effectuées en soufflerie utilisant un écoulement d'air de vitesse variable permettent d'établir les lois suivantes pour les forces aérodynamiques :

$$F_{\text{portance}} = \frac{1}{2}\rho v^2 C_z S \qquad F_{\text{traînée}} = \frac{1}{2}\rho v^2 C_x S$$

avec ρ : masse volumique de l'air ($kg.m^{-3}$) ;
v : vitesse d'écoulement de l'air par rapport à l'avion ($m.s^{-1}$) ;
C_z : coefficient de portance (sans unité) ;
C_x : coefficient de trainée (sans unité) ;
S : surface utile (m^2).

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1. Plein gaz au décollage !

Caroline est une élève de terminale S curieuse et passionnée d'aviation. Elle se demande si le fonctionnement des quatre réacteurs est nécessaire lors de la phase de roulage, c'est-à-dire lorsque l'avion accélère sur la piste avant de décoller.

En lisant un article spécialisé décrivant la phase de roulage de l'A380, elle relève les données techniques suivantes :

- distance parcourue sur la piste horizontale : AB = 1,8 km ;
- vitesse au début de la phase de roulage (point A) : 0 $km.h^{-1}$;
- vitesse de l'avion à la fin de la phase de roulage (point B) : 320 $km.h^{-1}$.

Caroline choisit de faire trois hypothèses valables pendant la phase de roulage :

- la force de poussée $\vec{F}_{poussée}$ est considérée constante ;
- la force de traînée est négligeable par rapport à la force de poussée ;
- on ne prendra pas en compte les forces de frottement exercées par le sol sur les roues.

1.1. Calculer la variation d'énergie cinétique ΔE_c de l'avion entre le début et la fin de la phase de roulage.

La variation d'énergie cinétique de l'avion pendant la phase de roulage est égale à la somme des travaux des différentes forces qu'il subit sur ce trajet : $E_c(B) - E_c(A) = \sum_i W_{AB}(\vec{F_i})$

1.2. Dans le cadre des hypothèses choisies par Caroline, calculer la valeur de la force de poussée $F_{poussée}$ lors de la phase de roulage et justifier la nécessité ou non du fonctionnement des quatre réacteurs lors de la phase de roulage.

2. Le vol de croisière

En vol de croisière entre New-York et Hong Kong, l'A380 possède les caractéristiques suivantes :

- vitesse de croisière dans le référentiel terrestre : 945 $km.h^{-1}$;
- altitude constante : 10 km ;
- surface utile : 845 m^2 ;
- coefficient de portance C_z = 0,32 ;
- coefficient de traînée C_x = 0,020 ;
- intensité de la pesanteur : g = 9,8 $m.s^{-2}$.

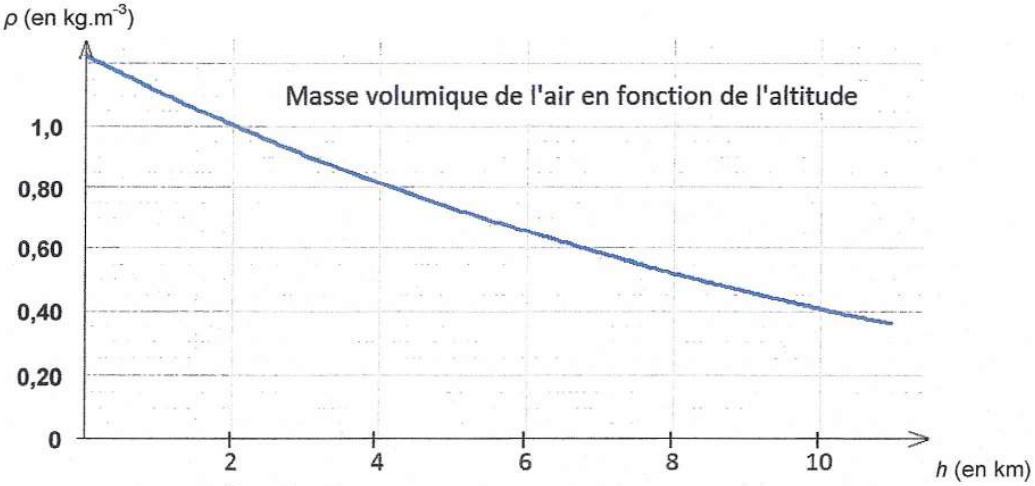


Figure 1. Évolution de la masse volumique de l'air ρ en fonction de l'altitude h
(Modèle de l'atmosphère type internationale ISA, norme ISO2533 :1975)

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 11 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Durant le vol de croisière sur une durée suffisamment courte, on considère que :
- l'A380 est animé d'un mouvement rectiligne horizontal uniforme ;
- sa masse est constante ;
- l'atmosphère est supposée immobile dans le référentiel terrestre.

L'étude suivante se fera dans ces conditions.

On assimilera l'avion à un point qui sera considéré comme le point d'application des forces auxquelles il est soumis.

2.1. Représenter sans souci d'échelle mais en tenant compte de la réalité physique et en justifiant votre tracé, les forces appliquées sur l'avion en vol de croisière. Indiquer le sens de déplacement de l'avion.

2.2. Déterminer la valeur de la force de poussée et la comparer à la valeur de la force de poussée maximale des quatre réacteurs.

2.3. Pourquoi est-il pertinent de voler à haute altitude en vol de croisière ?

2.4. Calculer la masse de l'Airbus A380 sur la durée considérée et commenter la valeur obtenue.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 12 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

1. Du capteur à l'image numérique

Question 1.1

