

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2015

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

La feuille d'annexe (page 12/12)
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.

EXERCICE I : SUPER HEROS EN DANGER... (6 points)

Démuni des superpouvoirs des supers héros traditionnels, le héros de bande dessinée Rocketeer utilise un réacteur placé dans son dos pour voler.

En réalité, ce type de propulsion individuelle, appelé Jet-Pack, existe depuis plus de cinquante ans mais la puissance nécessaire interdisait une autonomie supérieure à la minute. Aujourd'hui, de nouveaux dispositifs permettent de voler durant plus d'une demi-heure.

Données :

- vitesse du fluide éjecté supposée constante : $V_f = 2 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$;

- masse initiale du système {Rocketeer et de son équipement} : $m_R = 120 \text{ kg}$ (dont 40 kg de fluide au moment du décollage) ;

- intensité de la pesanteur sur Terre : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$;

- débit massique de fluide éjecté, considéré constant durant la phase 1 du mouvement :

$$D_f = \frac{m_f}{\Delta t} \text{ où } m_f \text{ est la masse de fluide éjecté pendant la durée } \Delta t ;$$

- les forces de frottements de l'air sont supposées négligeables.

1. Mouvement ascensionnel de Rocketeer

Tous les Jet-Packs utilisent le principe de la propulsion par réaction. Lorsqu'un moteur expulse vers l'arrière un jet de fluide, il apparaît par réaction une force de poussée dont la valeur est égale au produit du débit massique de gaz éjecté par la vitesse d'éjection de ces gaz.



<http://digital-art-gallery.com>

D'après Pour la Science – n°406 – août 2011

Afin de tester le potentiel de son nouveau Jet-Pack, Rocketeer réalise quelques essais de mouvements rectilignes ascensionnels verticaux.

Le mouvement de Rocketeer est composé de deux phases : phase 1 et phase 2.

Au cours de la phase 1, d'une durée $\Delta t_1 = 3,0 \text{ s}$, il passe de l'immobilité à une vitesse v_1 , vitesse qui reste constante au cours de la phase 2.

1.1. Pour la phase 1, donner la direction et le sens du vecteur accélération \vec{a}_G du système.

Que dire de l'accélération dans la phase 2 ? Justifier.

1.2. Étude de la phase 1 du mouvement ascensionnel de Rocketeer.

On assimile Rocketeer et son équipement à un système noté M dont on néglige la variation de masse (due à l'éjection des gaz) durant la phase 1 du mouvement.

1.2.1. Juste après le décollage, la force de poussée \vec{F} est l'une des forces s'exerçant sur le système M. Quelle est l'autre force s'exerçant sur ce système ?

1.2.2. Trois valeurs d'intensité de force de poussée sont proposées ci-dessous (A, B et C). Justifier que seule la proposition C permet le décollage.

A. 800 N

B. 1200 N

C. 1600 N

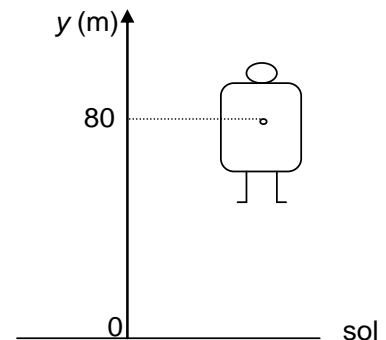
1.2.3. En supposant que la force de poussée a pour valeur 1600 N, montrer que la masse de fluide consommé durant la phase 1 du mouvement est égale à 2,4 kg.

1.2.4. Après avoir déterminé l'accélération de Rocketeer en appliquant la seconde loi de Newton, estimer la valeur v_1 de sa vitesse à l'issue de la phase 1.

2. Problème technique

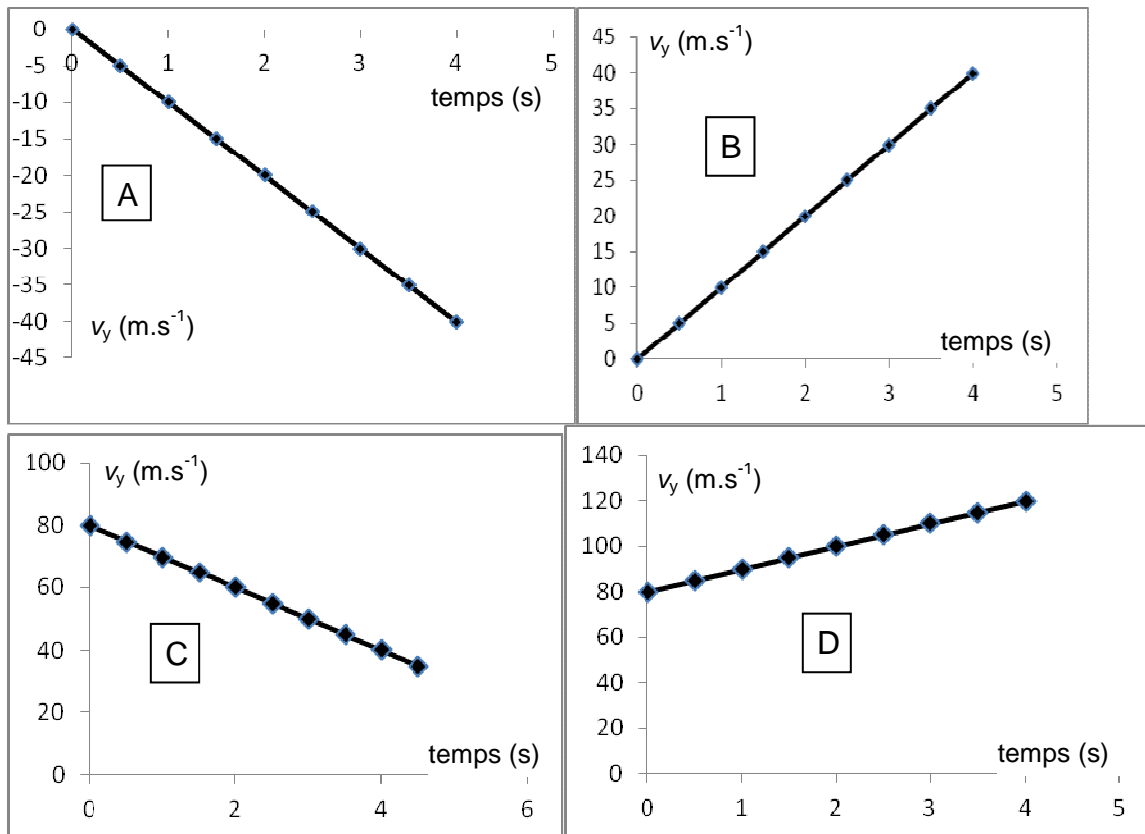
Après à peine quelques dizaines de mètres, le jet-pack ne répond plus et tombe en panne : au bout de 80 m d'ascension verticale, la vitesse de Rocketeer est nulle. Le « Super héros » amorce alors un mouvement de chute verticale. La position de Rocketeer et de son équipement est repérée selon un axe Oy vertical dirigé vers le haut et la date $t = 0$ s correspond au début de la chute, soit à l'altitude $y_0 = 80$ m.

Le schéma ci-contre est tracé sans souci d'échelle.



2.1. Les représentations graphiques données à la page suivante proposent quatre évolutions au cours du temps de V_y , vitesse de Rocketeer suivant l'axe Oy.

Quelle est la représentation cohérente avec la situation donnée ? Une justification qualitative est attendue.

Représentations graphiques de V_y en fonction du temps t 

- 2.2. Montrer que lors de cette chute, la position de Rocketeer est donnée par l'équation horaire :

$$y(t) = -5t^2 + 80 \quad \text{avec } t \text{ en seconde et } y \text{ en mètre.}$$

- 2.3. À quelques kilomètres du lieu de décollage de Rocketeer se trouve le Manoir Wayne, demeure d'un autre super héros, Batman. Alerté par ses superpouvoirs dès le début de la chute de Rocketeer, ce dernier saute dans sa Batmobile, véhicule se déplaçant au sol.

Emplacement du Manoir Wayne :

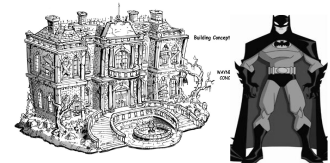
Lieu du décollage
de Rocketeer



1 km

Voie d'accès

Manoir
Wayne



<http://batman.wikia.com>

Quelle doit être la valeur minimale de la vitesse moyenne à laquelle devra se déplacer Batman au volant de sa Batmobile pour sauver à temps son ami Rocketeer ? Commenter.

EXERCICE II : L'HUILE D'OLIVE, MATIÈRE PREMIÈRE ET ALIMENT (9 points)

C'est par pression de la pulpe d'olive provenant du broyage des olives, et par extraction de la fraction huileuse des autres composants solides et liquides, que sont produites les huiles d'olive.

Les huiles d'olive « vierges » sont des huiles obtenues par procédés mécaniques ou d'autres procédés physiques, dans des conditions, thermiques notamment, qui n'entraînent pas d'altération de l'huile ; elles n'ont subi aucun traitement autre que lavage, décantation, centrifugation et filtration.

Différentes catégories d'huile d'olive « vierge » existent en fonction de leur taux en acide oléique ; par exemple l'huile d'olive « vierge » extra, considérée comme la meilleure, comporte au maximum 0,8 g d'acide oléique pour 100 g d'huile. La qualité nutritionnelle et organoleptique dépend de la catégorie.



Espaceagro.com



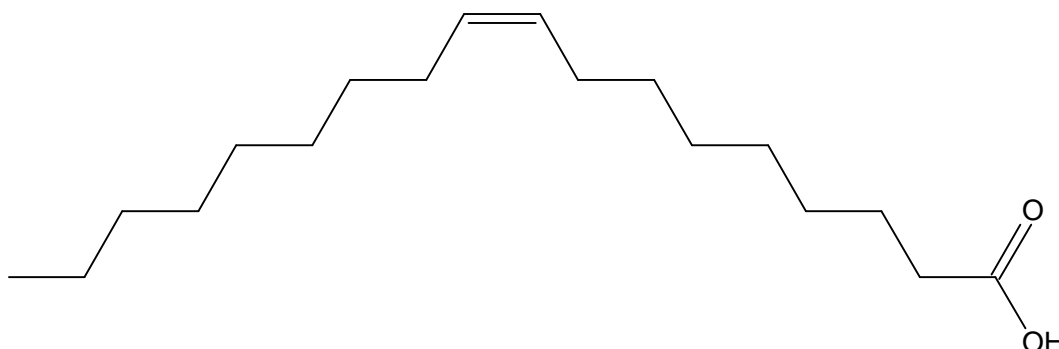
Savon-de-marseille.com

Les principaux constituants des huiles végétales et des graisses animales sont des triglycérides d'acides gras (notés TAG). L'acide gras, majoritairement présent dans les TAG de l'huile d'olive est l'acide oléique ; il est formé lors de la dégradation de l'huile par hydrolyse. C'est l'acide gras, c'est-à-dire à longue chaîne, le plus abondant de l'organisme ; son nom vient de l'huile d'olive, mais il est aussi abondant dans les TAG des huiles végétales et de certaines graisses animales (graisses d'oie, de canard...). Il fait partie de la famille des acides gras oméga 9, acides mono-insaturés qui ont des effets bénéfiques reconnus contre les maladies cardio-vasculaires.

L'huile d'olive peut être consommée à froid ou en friture et être utilisée pour la fabrication des savons.

Données :

- formule topologique de l'acide oléique :



- masses molaires moléculaires :

$$M_{\text{acide oléique}} = 282 \text{ g.mol}^{-1} \quad M_{\text{oléine}} = 884 \text{ g.mol}^{-1} \quad M_{\text{savon}} = 304 \text{ g.mol}^{-1} ;$$

- masse volumique de l'huile d'olive : $\rho_{\text{huile d'olive}} = 0,92 \text{ g.mL}^{-1}$;

- l'huile d'olive est miscible à un mélange d'éthanol et d'éther et elle est non miscible à l'eau ;

- taux d'acidité libre :

le taux d'acidité libre représente la proportion d'acides gras libres qui apparaissent lorsque les triglycérides de l'huile d'olive sont dégradés par hydrolyse. Ce taux est exprimé en « grammes d'acide libre pour 100 g d'huile ».

| Type d'huile d'olive | Taux d'acidité |
|-------------------------------|----------------|
| Huile d'olive extra vierge | $\leq 0,8\%$ |
| Huile d'olive vierge | $\leq 2\%$ |
| Huile d'olive vierge courante | $\leq 3\%$ |
| Huile d'olive raffinée | $\leq 0,3\%$ |

D'après <http://www.olivierdeprovence.com>

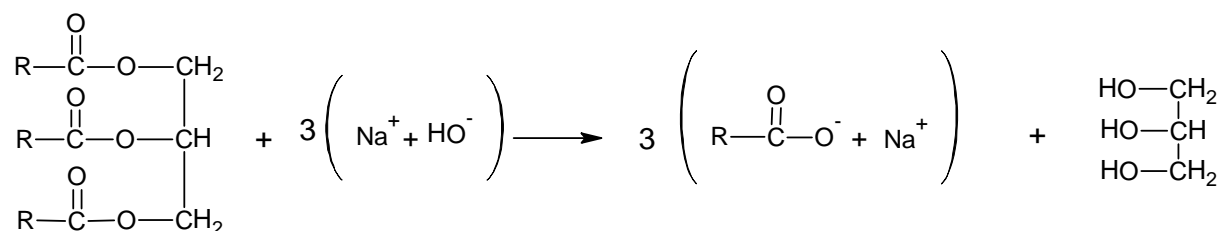
1. De l'huile d'olive au savon

À partir des triglycérides d'acides gras (TAG) présents dans les huiles, il est possible de synthétiser des savons. Le savon de Marseille ® est fabriqué à partir d'huile d'olive et de soude ; ce savon est constitué d'oléate de sodium.

Le protocole de synthèse de ce savon au laboratoire est décrit ci-dessous :

- verser 13,6 g d'huile d'olive (oléine) et 20 mL d'éthanol dans un ballon ;
- ajouter 20 mL de soude à 10 mol.L^{-1} (en excès) ;
- chauffer à reflux le mélange réactionnel durant 15 minutes environ ;
- verser le mélange obtenu dans un bécher contenant 100 mL de solution aqueuse de chlorure de sodium : le précipité obtenu est l'oléate de sodium.

Équation de la réaction de synthèse de l'oléate de sodium



Oléine (TAG)

Soude

Oléate de sodium

Glycérol

1.1. À quelle famille de fonction appartiennent les TAG ?

1.2. Compléter le protocole avec les étapes permettant d'obtenir un « pain » de savon utilisable en cosmétique.

- 1.3. Quel est le rendement de la réaction de synthèse du savon de Marseille ® au laboratoire sachant que 6,6 g de savon ont été obtenus en mettant en œuvre le protocole décrit ci-dessus ?
- 1.4. Mécanisme réactionnel de la synthèse d'un savon.
Un mécanisme simplifié de la réaction de synthèse d'un savon est proposé sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.
- 1.4.1. Représenter les flèches courbes rendant compte du mécanisme des trois étapes. Justifier précisément l'orientation de ces flèches.
- 1.4.2. Pour chacune des trois étapes, indiquer la catégorie de la réaction.

2. Bénéfique pour la santé, l'huile d'olive ?

Des études réalisées par l'université de Bari (ville située au sud de l'Italie) sur des populations âgées ont montré qu'une alimentation riche en acides gras mono-insaturés (tel que l'acide oléique) prévenait la dégradation de la mémoire et des fonctions cognitives. Selon sa catégorie, l'huile d'olive peut en être plus ou moins riche. Les qualités nutritionnelles et diététiques ne sont toutefois avérées que pour des huiles d'appellation « **vierge** » ou « **extra vierge** ».

Le technicien d'un laboratoire d'analyse cherche à déterminer la catégorie d'une huile d'olive. Pour cela, il effectue les opérations décrites ci-après.

Dans un erlenmeyer de 250 mL, il verse un volume $V_{\text{ethanol}} = (40 \pm 1)$ mL d'éthanol et un volume $V_{\text{ether}} = (40 \pm 1)$ mL d'éther éthylique. Ce mélange sert de solvant.

Il ajoute dans l'erlenmeyer un volume $V_{\text{huile}} = (20,0 \pm 0,1)$ mL d'huile d'olive, puis quelques gouttes d'indicateur coloré.

Il agite pour homogénéiser le mélange.

Il ajoute progressivement au mélange contenu dans l'erlenmeyer une solution S de potasse alcoolique (hydroxyde de potassium, $K^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$, en solution dans l'éthanol) de concentration molaire $C_b = (1,00 \pm 0,02) \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, contenue dans une burette.

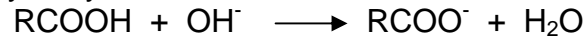
Il observe un virage de l'indicateur coloré pour un volume V_e de solution S d'hydroxyde de potassium versé égal à $(10,4 \pm 0,1)$ mL.

2.1. Analyse des opérations réalisées par le technicien.

- 2.1.1. Pourquoi utilise-t-il comme solvant un mélange d'éthanol et d'éther alors qu'aucune de ces espèces n'intervient dans la réaction du titrage ?
- 2.1.2. Les volumes d'huile et d'éthanol ont-ils été prélevés avec la même verrerie ? Justifier.
- 2.1.3. Le technicien du laboratoire doit-il prendre des mesures de précautions particulières ?
- 2.1.4. Quel type d'analyse le technicien a-t-il mis en œuvre ?

2.2. Exploitation de l'analyse.

L'équation de la réaction intervenant entre l'acide oléique présent dans l'huile et les ions hydroxyde contenus dans la solution S est la suivante :



2.2.1. Déterminer la masse m_a d'acide oléique contenu dans le volume d'huile prélevé.

2.2.2. Donner un encadrement de la masse m_a d'acide oléique contenu dans l'huile sachant que la valeur de l'incertitude $U(m_a)$ sur la masse est

donnée par la relation :
$$\left(\frac{U(m_a)}{m_a}\right)^2 = \left(\frac{U(V_e)}{V_e}\right)^2 + \left(\frac{U(c_b)}{c_b}\right)^2$$

2.2.3. En admettant que l'ordre de grandeur de la masse m_a soit égal à 0,3 g, déterminer à quelle catégorie d'huile d'olive cette huile appartient. Présente-t-elle des atouts nutritionnels et diététiques ?

| |
|---|
| EXERCICE III : LE PROJET AMPACITY (5 points) |
|---|

Le deuxième producteur d'énergie en Allemagne a remis le 20 décembre 2013 à Nexans (société française) son prestigieux prix de l'innovation. Cette distinction couronne le projet révolutionnaire AmpaCity qui porte sur le déploiement en cours, à Essen dans la Ruhr (Allemagne), d'un câble d'énergie supraconducteur destiné à démontrer la capacité des supraconducteurs à transporter l'électricité avec des « pertes » moindres.

Les documents utiles à la résolution sont à la fin de l'exercice.

Questions :

Estimer la durée qu'un câble traditionnel mettrait pour commencer à fondre s'il était parcouru par un courant électrique de même intensité que celui parcourant le câble supraconducteur.

Discuter de l'intérêt d'utiliser un composant siège du phénomène de supraconductivité dans le projet Ampacity.

Remarques :

L'analyse des données ainsi que la démarche suivie sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Des initiatives doivent être prises et les calculs numériques doivent être menés à leur terme avec rigueur.

Données :

- volume d'un cylindre de longueur L et de rayon r : $V = L\pi r^2$;

- résistance R (en Ω) d'un conducteur électrique de la résistivité électrique ρ (en $\Omega.m$), de longueur du conducteur L (en m) et de section du conducteur S (en m^2) :

$$R = \frac{\rho \times L}{S} ;$$

- puissance électrique P (en W) transmise à un dispositif traversé par un courant d'intensité I (en A) : $P = U \times I$ où U (en V) est la tension électrique aux bornes du dispositif ;

- puissance électrique P_J (en W) dissipée par un conducteur ohmique de résistance R (en Ω) parcouru par un courant électrique d'intensité I (en A) : $P_J = R \times I^2$;

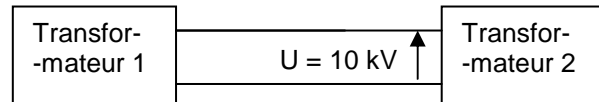
- quelques caractéristiques physiques du cuivre :

| | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| Résistivité électrique ρ | $1,7 \times 10^{-8} \Omega.m$ |
| Masse volumique μ | $8,92 \times 10^3 \text{ kg}.m^{-3}$ |
| Capacité thermique massique c | $390 \text{ J}.kg^{-1}.K^{-1}$ |
| Température de fusion T | 1356 K |

DOCUMENTS DE L'EXERCICE III

Description du projet AmpaCity

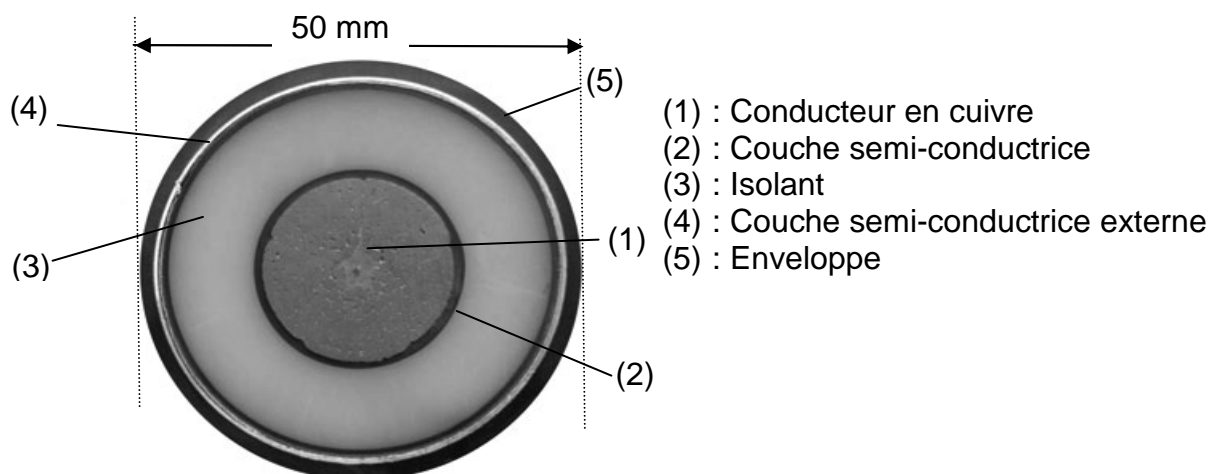
Le câble supraconducteur le plus long du monde a été officiellement intégré, le 30 avril 2014, dans le réseau électrique d'une ville allemande : Essen (Rhénanie du Nord-Westphalie). Le câble, d'une longueur égale à 1 km, relie maintenant deux postes de transformation dans le centre de la ville.



Puissance transférée
au transformateur n°2 :
 $P = 40 \text{ MW}$.

Les câbles, utilisés pour AmpaCity, sont conçus pour permettre le transfert d'une puissance de valeur 40 MW sous une tension de valeur 10 000 V. Grâce aux caractéristiques du matériau supraconducteur, une céramique particulière, et à son refroidissement à de très basses températures, le câble est un conducteur électrique idéal. À Essen, le câble supraconducteur remplace une ligne à haute tension traditionnelle utilisant un câble traditionnel de même diamètre !

D'après <http://www.bulletins-electroniques.com>

Coupe d'un câble électrique haute tension traditionnel

Ressource : Shanghai Yongjin Cable Group Co., Ltd

Supraconducteur et température critique

Les matériaux supraconducteurs se définissent, entre autres, par leur température critique T_c sous laquelle leur comportement vis-à-vis du passage du courant électrique évolue.



$$T(\text{kelvin}) = \theta(\text{celsius}) + 273$$

