

BACCALAURÉAT BLANC

ECOLE ALSACIENNE

AVRIL 2015

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3h 30min. - COEFFICIENT AU BAC : 6 ou 8

Correction

ATTENTION !

Les élèves ne suivant pas l'enseignement de spécialité de Sciences physiques traitent les exercices :

- I- Ultrasons (sur 8 points)
- II- Curiosity sur Mars (sur 7 points)
- III- RMN (sur 5 points)

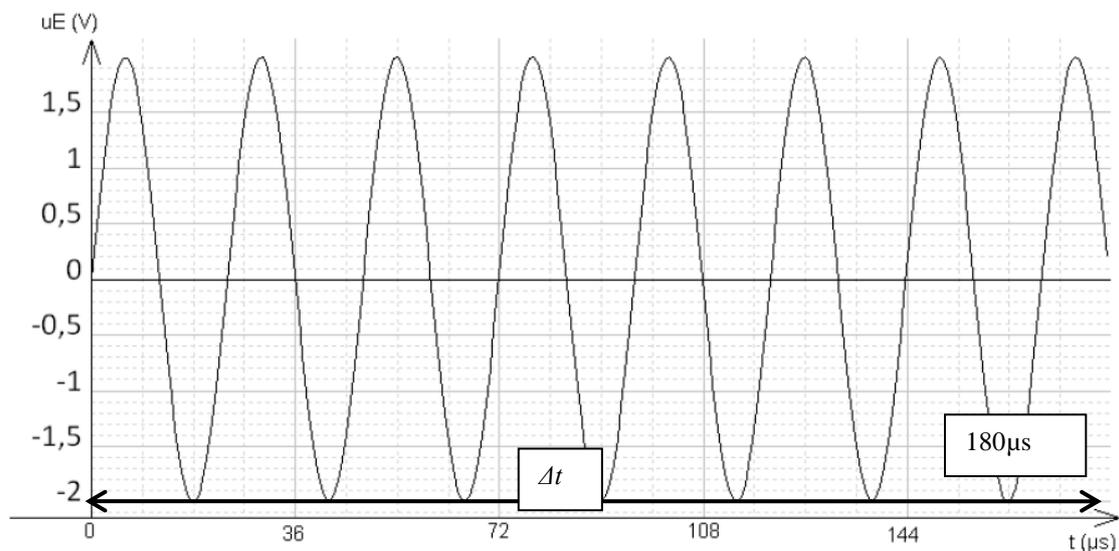
Les élèves suivant l'enseignement de spécialité de Sciences physiques traitent les exercices :

- I- Ultrasons (sur 8 points)
- II- Curiosity sur Mars (sur 7 points)
- IV- Autour de nanotubes de carbone (sur 5 points)

EXERCICE I - NETTOYAGE EN ARCHÉOLOGIE (pour tous les élèves)

Partie 1 : Les ultrasons au service du nettoyage

1. Étude des ultrasons



1.1. On mesure la durée Δt du plus grand nombre N possible de périodes, (*Méthode essentielle pour minimiser l'incertitude, vue de nombreuses fois en TP*) on en déduit la période

$$T = \frac{\Delta t}{N} \quad T = 180/7,5 = 24,0 \mu\text{s} = 24,0 \times 10^{-6} \text{ s}$$

1.2. $f = \frac{1}{T}$

$f = \frac{1}{24 \times 10^{-6}} = 41\,667 \text{ Hz}$ que l'on arrondit à trois chiffres significatifs donc $f = 4,17 \times 10^4 \text{ Hz} = 41,7 \text{ kHz}$ valeur en total accord avec la notice qui annonce 42 kHz.

1.3.1. Voir l'animation <http://fpassebon.pagesperso-orange.fr/animations/US.swf> (*Méthode vue en TP !*)

La longueur d'onde est la plus petite distance entre deux points du milieu vibrant en phase..

1.3.2. Initialement l'émetteur et le récepteur étant dans la même tranche d'air, les signaux sont en phase. En éloignant le récepteur d'une distance égale à la longueur d'onde $\lambda = 8 \text{ mm}$, on observe à nouveau des signaux en phase.

Pour augmenter la précision de la mesure, il faut mesurer plusieurs longueurs d'onde. On procède à plusieurs décalages successifs des signaux. (*Méthode essentielle pour minimiser l'incertitude, vue de nombreuses fois en TP*)

1.3.3. $\lambda = v \cdot T$ donc $v = \frac{\lambda}{T}$

$$v = \frac{8 \times 10^{-3}}{24 \times 10^{-6}} = 3 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1} \quad (\text{1 seul CS comme donnée } \lambda)$$

La valeur attendue est de 340 m.s^{-1} à 25°C .

L'écart entre les deux valeurs est dû au manque de précision sur la valeur expérimentale de la célérité et on peut aussi remarquer que l'expérience a été réalisée à 20°C et non pas à 25°C .

1.4. La fréquence f des ultrasons émis est la même quel que soit le milieu de propagation.

Par contre la célérité v des ultrasons varie selon ce milieu.

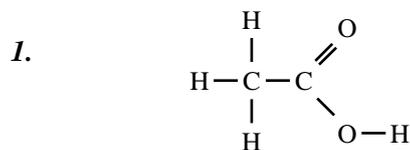
Comme $\lambda = \frac{v}{f}$ alors la longueur d'onde varie suivant le milieu de propagation.

2. Étude du nettoyage

2.1. Les ultrasons nécessitent un milieu matériel pour se propager, ce sont effectivement des ondes mécaniques.

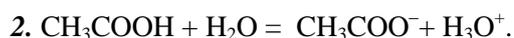
2.2. Les ondes ultrasonores se distinguent des ondes sonores par leur fréquence.

Partie 2 : Nettoyage chimique



La chaîne carbonée comporte deux atomes de carbone → éthan

La molécule comporte le groupe caractéristique carboxyle → acide ...oïque



3. Degré du vinaigre

3.1. Solution mère : vinaigre pur

C_0 mol.L⁻¹

V_0 à prélever

Au cours d'une dilution la quantité de matière de soluté se conserve, donc $C_0.V_0 = C_1.V_1$

Solution fille : vinaigre dilué dix fois

$C_1 = c_0/10$

V_1 préparé

$$C_0.V_0 = \frac{C_0}{10}.V_1$$

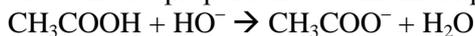
$$V_0 = \frac{V_1}{10}$$

On prélève à l'aide d'une pipette jaugée 10,0 mL de vinaigre pur. On verse ce volume dans une fiole jaugée de 100,0 mL. On ajoute de l'eau distillée jusqu'au tiers de la fiole. On agite. On ajoute de l'eau jusqu'au trait de jauge. On dispose alors d'une solution de vinaigre diluée dix fois.

3.2. La phénolphtaléine est un indicateur coloré dont le changement de couleur permet de repérer l'équivalence du titrage. Sa zone de virage est en milieu basique car $\text{pH}_E > 7$ (solution d'acétate de sodium à l'équivalence donc pH d'une base faible) (*Attention, il faut justifier le choix de cet indicateur coloré !*)

3.3.

➤ Détermination de la concentration molaire d'acide acétique dans le vinaigre à l'aide du titrage.
À l'équivalence les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation du titrage.



En notant n_{AH} la quantité de matière d'acide éthanóique présente dans $V_A = 10,0$ mL de vinaigre dilué dix fois, on a

$$n_{AH} = n_{\text{HO}^- \text{ versée}}$$

$$C_I \cdot V_A = C_B \cdot V_{B\acute{e}q}$$

$$C_I = \frac{C_B \cdot V_{B\acute{e}q}}{V_A}$$

$$C_I = \frac{0,100 \times 13,3}{10,0} = 0,133 \text{ mol.L}^{-1}$$

Le vinaigre ayant été dilué dix fois on a $C_0 = 10 \cdot C_I = \frac{10 \cdot C_B \cdot V_{B\acute{e}q}}{V_A}$. $C_0 = 1,33 \text{ mol.L}^{-1}$

➤ Détermination du degré du vinaigre (à l'aide du titrage).

La quantité de matière d'acide éthanóique contenue dans un volume V de vinaigre pur est $n = C_0 \cdot V$.

$$n = \frac{10 \cdot C_B \cdot V_{B\acute{e}q}}{V_A} \cdot V$$

Soit une masse d'acide éthanóique $m = n \cdot M = \frac{10 \cdot C_B \cdot V_{B\acute{e}q}}{V_A} \cdot V \cdot M$.

$$M = M_{\text{CH}_3\text{COOH}} = M_{\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2} = 2M_{\text{C}} + 4M_{\text{H}} + 2M_{\text{O}}$$
$$M = 2 \times 12,0 + 4 \times 1,0 + 2 \times 16,0 = 60,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

On remplace V par $0,100$ L correspondant au 100 g de vinaigre. (vu que la densité = 1)

$$m = \frac{10 \times 0,100 \times 13,3}{10,0} \times 0,100 \times 60,0 = 7,98 \text{ g} \text{ soit l'indication de l'étiquette à } 0,25 \% \text{ près}$$

Ainsi le degré du vinaigre est égal à huit degrés, ce qui valide l'inscription sur l'étiquette.

4. Il est préférable de ne pas nettoyer ces pièces car il est dit que « Les acides réagissent sur les métaux comme le fer, le zinc, le nickel, l'aluminium et ils attaquent les oxydes métalliques. ».

Les pièces risqueraient d'être dissoutes par le vinaigre. Les atomes métalliques se transformant en ions aqueux suivant la réaction : $\text{Zn}_{(s)} + 2 \text{H}^+_{(aq)} = \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$.

Les ions $\text{H}^+_{(aq)}$ étant apportés par le vinaigre.

EXERCICE II : LA NOUVELLE FAÇON DE SE POSER SUR MARS (pour tous les élèves)

1. La descente autopropulsée.

1.1. parce que la force est constante (direction, sens et norme puisque g est uniforme) alors

$$W(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = P \cdot AB \cdot \cos \theta = m \cdot g \cdot AB \cdot \cos \theta$$

1.2. D'après le schéma ci-après, dans le triangle rectangle ABC on a $\cos \theta = \frac{AC}{AB}$

$$\text{donc } AC = AB \cdot \cos \theta$$

De plus $AC = z_A - z_B$, donc $AB \cdot \cos \theta = z_A - z_B$

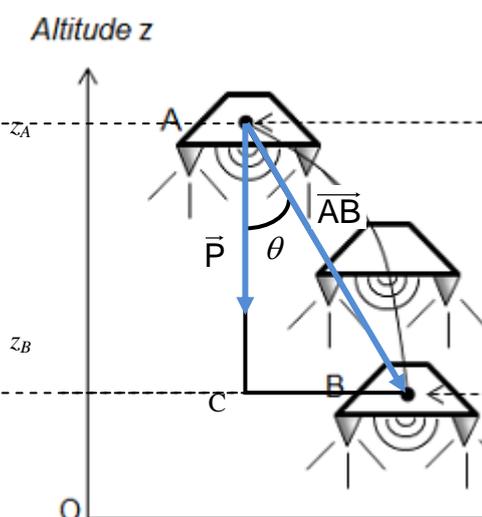
$$W(\vec{P}) = m \cdot g \cdot AB \cdot \cos \theta$$

$$W(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$$

1.3. Doc.1 : « À 2 kilomètres d'altitude...

La descente autopropulsée débute à l'allumage des moteurs (3).

Doc.1 : « À 20 m du sol...



$$W(\vec{P}) = 2,0 \times 10^3 \times 3,7 \times (2 \times 10^3 - 20) = 1,5 \times 10^7 \text{ J}$$

Rem (ML) En toute rigueur, on ne devrait conserver qu'un seul chiffre significatif comme pour l'altitude de 2 km, Mais il est évident que l'altitude est connue avec plus de précision qu'un seul CS

on a $W(\vec{P}) = 1,5 \times 10^7 \text{ J} > 0$, le travail du poids est moteur lors de la descente.

1.4. Évolution de l'énergie mécanique au cours de la descente

1.4.1. $E_m = E_C + E_{PP}$ où E_C est l'énergie cinétique et E_{PP} est l'énergie potentielle de pesanteur.

$$E_m(A) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 + m \cdot g \cdot z_A$$

$$E_m(A) = \frac{1}{2} \times 2,0 \times 10^3 \times 100^2 + 2,0 \times 10^3 \times 3,7 \times 2 \times 10^3 = 2,48 \times 10^7 \text{ J} = 2 \times 10^7 \text{ J} \text{ (un seul CS car } z_A = 2 \text{ km 1 CS !)}$$

$$E_m(B) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2 + m \cdot g \cdot z_B$$

$$E_m(B) = \frac{1}{2} \times 2,0 \times 10^3 \times 0,75^2 + 2,0 \times 10^3 \times 3,7 \times 20 = 1,49 \times 10^5 \text{ J} = 1,5 \times 10^5 \text{ J} \text{ (deux CS comme données)}$$

1.4.2. $E_m(B) < E_m(A)$, l'énergie mécanique diminue au cours de la descente. Une partie de cette énergie est dissipée sous forme de chaleur en raison des frottements subis par le système.

Par ailleurs, les forces de poussée effectuent un travail résistant ($W < 0$), elles prennent de l'énergie au système.

2. Les secondes les plus longues de la mission.

Méthode : Recopier la problématique pour bien se l'approprier

« Estimer la durée Δt de la phase de descente du robot entre le moment où la grue commence à le descendre et son atterrissage sur le sol martien. »

Collecter les données, dans les documents, nécessaires à la résolution du problème.

« À 20 mètres du sol, l'étage de descente a une vitesse de 75 centimètres par seconde,... » **Rem : la vitesse est donc constante !**

« ... il commence à descendre le robot au bout de trois filins de 7,50 mètres »

Nommer chaque grandeur utilisée avec une lettre appropriée et indiquer ce qu'elle représente

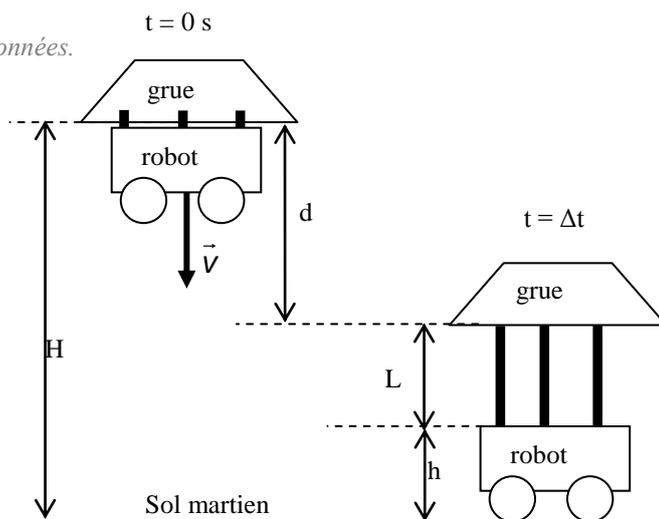
Altitude au début de la descente : $H = 20$ m,

Vitesse de la grue par rapport au sol martien : $v_{G/S} = 0,75$ m.s⁻¹

Longueur des filins déployés et tendus : $L = 7,50$ m

Lu dans l'introduction : hauteur du robot $h = 2,2$ m

Eventuellement,, faire un schéma de la situation et l'annoter avec les données.



Deux hypothèses :

1- On considère que le robot descend à vitesse constante v .

2- Lorsque le robot touche le sol les filins ont eu le temps de se dérouler totalement de la longueur L .

Donc la distance de descente est $d = H - L - h$

donc

$$v = \frac{d}{\Delta t} \text{ donc } \Delta t = \frac{d}{v} = \frac{H - L - h}{v} \Rightarrow \Delta t = \frac{20 - 7,5 - 2,2}{0,75} = 14 \text{ s}$$

3. Dégagement autopulsé de l'étage de descente désolidarisé du rover.

3.1. Un système est en chute libre lorsqu'il n'est soumis qu'à son poids \vec{P} ; c'est-à-dire qu'à la force d'attraction gravitationnelle de Mars.

L'atmosphère martienne étant très ténue, on peut négliger les frottements face aux autres forces subies par l'étage de descente. Par ailleurs, les moteurs sont coupés et n'exercent donc plus de force de poussée. Alors l'étage de descente est effectivement en chute libre.

3.2. Écarter l'étage de descente d'au moins 150 m du lieu d'atterrissage signifie que l'étage touche le sol martien à plus de 150 m de l'origine du repère donc $z(x) = 0$ si $x > 150$ m. Avec $H = 50$ m.

$$z(x = 150) = -\frac{g \cdot x^2}{2v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} + x \cdot \tan \alpha + H = 0$$

$$x \cdot \tan \alpha + H = \frac{g \cdot x^2}{2v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$v_0^2 = \frac{g \cdot x^2}{(x \cdot \tan \alpha + H) \cdot 2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

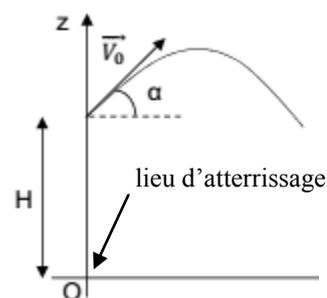
$$v_0 = \sqrt{\frac{g \cdot x^2}{(x \cdot \tan \alpha + H) \cdot 2 \cdot \cos^2 \alpha}} \text{ en en retenant que la solution positive}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{3,7 \times 150^2}{(150 \cdot \tan 45 + 50) \times 2 \times \cos^2 45}} = \sqrt{\frac{3,7 \times 150^2}{(150 \times 1 + 50) \times 2 \times \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2}} = \sqrt{\frac{3,7 \times 150^2}{200 \times 2 \times \frac{1}{2}}} = \sqrt{\frac{3,7 \times 150^2}{200}}$$

$$v_0 = 20,4 \text{ m.s}^{-1}$$

La vitesse v_0 doit être supérieure à cette valeur pour que x atteigne au moins 150 m.

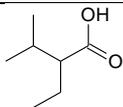
Comme l'on doit arrondir à deux chiffres significatifs, il faut que $v_0 = 21 \text{ m.s}^{-1}$



EXERCICE III - LA RMN EN ARCHÉOLOGIE (uniquement pour les élèves qui ne suivant pas l'enseignement de Spécialité)

Diaporama de correction réalisé par M.Cordier à voir sur <http://youtu.be/IQ6i7Chzh4g>

1. Question préalable

	Propositions		Doc	Justification non demandé
1	La hauteur de chaque saut vertical de la courbe d'intégration est proportionnelle au nombre de protons équivalents responsables du signal correspondant.	VRAI		Cours
2	Un groupe de protons équivalents (a) ayant pour voisins n protons (b) présente un signal de résonance sous forme d'un multiplet de (n+1) pics.	VRAI		Cours
3	La substance n°2 peut être de l'éthanol.	FAUX	2 4	Le déplacement chimique du singulet ne correspond pas
4	La molécule d'acide 2-éthyl-3-méthylbutanoïque a pour représentation topologique : 	VRAI		Cours
5	L'acide pyruvique présente 4 protons équivalents.	FAUX	1	Deux groupes de protons équivalent CH ₃ et O-H

2. Analyse et synthèse de documents

On cherche à identifier la boisson contenue dans la cruche. On va donc s'appuyer sur les spectres RMN pour identifier certaines des molécules présentes.

Remarque :

Dans les tableaux d'analyse des spectres RMN, « *h* » correspond à la hauteur relative du palier de la courbe d'intégration. (voir si besoin le rappel en fin de corrigé).

→ Analyse du spectre RMN de la substance n°1 : (Doc 3) : On constate la présence de 3 signaux.

Signal	δ (ppm)	<i>h</i>	Interprétation
Singulet	3,7	1	1 proton sans voisin appartenant à un groupe hydroxyle R- OH
Quadruplet	3,3	2	2 protons équivalents avec 3 voisins
Triplet	1,2	3	3 protons équivalents avec 2 voisins

On cherche donc une molécule relativement simple possédant un groupe hydroxyle et seulement 2 autres groupes de protons équivalents.

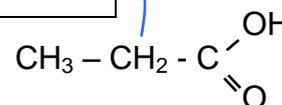


Or parmi toutes les molécules proposées dans le doc 1 seul **l'éthanol** peut donner un tel spectre.

→ Analyse du spectre RMN de la substance n°2 : (Doc 4) : On constate la présence de 3 signaux.

Signal	δ (ppm)	<i>h</i>	Interprétation
Singulet	12,0	1	1 proton sans voisin appartenant à un groupe carboxyle - COOH
Quadruplet	2,3	2	2 protons équivalents avec 3 voisins
Triplet	1,0	3	3 protons équivalents avec 2 voisins

Or parmi les molécules proposées dans le doc 1 seul **l'acide propanoïque** peut donner un tel spectre.

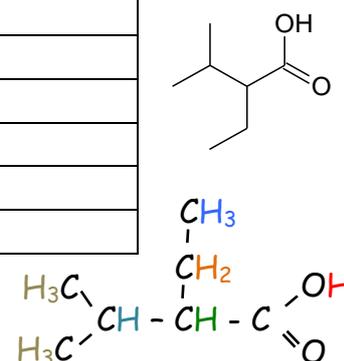


→ Analyse du spectre RMN de la substance n°3 : (Doc 5) : On dénombre 6 signaux.

Signal	δ (ppm)	h	Interprétation
Singulet	11,5	1	1 proton sans voisin appartenant à un groupe carboxyle - COOH
Quadruplet	2,4	1	1 proton avec 3 voisins
Octuplet	1,9	1	1 proton avec 7 voisins
Quintuplet	1,5	2	2 protons équivalents avec 4 voisins
Triplet	0,9	3	3 protons équivalents avec 2 voisins
Doublet	0,8	6	6 protons équivalents avec 1 voisin

L'octuplet nous amène donc à chercher une chaîne ramifiée (condition pour avoir 7 voisins), le doublet correspond sans doute à deux groupements CH_3 liés à un CH , et la molécule doit de plus comporter un groupement carboxyle.

Or parmi les molécules du doc 1 seul l'acide **2-éthyl-3-méthyl-butanoïque** semble correspondre



→ Au final avec la présence identifiée d'éthanol, d'acide propanoïque et d'acide 2-éthyl-3-méthyl-butanoïque, la boisson contenue dans la cruche était très probablement du **rhum**.

→ Toutefois il reste possible que d'autres boissons que le rhum puissent posséder des molécules donnant les spectres obtenus. De plus seules trois molécules ont pu être isolées par distillation fractionnée et analysées par spectroscopie RMN, or le rhum en contient beaucoup plus. Donc des analyses complémentaires semblent nécessaires.

Rappel sur les hauteurs relatives de la courbe d'intégration et leur interprétation :

Pour trouver h des signaux d'un spectre on mesure (en carreaux ou en cm) la hauteur « des sauts » de la courbe d'intégration puis on les compare entre eux.

Par exemple pour le spectre de la substance 1 :

singulet à $\delta = 3,7$ ppm → 2 carreaux ;

quadruplet à 3,3 ppm → 4 carreaux ;

triplet à 1,2 ppm → 6 carreaux

donc les hauteurs relatives sont respectivement $h = 1$, $h = 2$ et $h = 3$.

Attention : h ne donne pas directement le nombre de protons mais les proportions de protons équivalents dans la molécule

Pour l'exemple du spectre de la substance 1 il aurait été plus rigoureux d'écrire :

Signal	δ (ppm)	h	Interprétation
Singulet	12,0	1	x proton équivalent sans voisin appartenant à un groupe carboxyle - COOH
Quadruplet	2,3	2	$2x$ protons équivalents avec 3 voisins
Triplet	1,0	3	$3x$ protons équivalents avec 2 voisins

Puis de chercher des molécules pouvant correspondre avec $x = 1$ puis $x = 2$, ...

Dans la correction proposée, et pour les 3 spectres, seule l'hypothèse $x = 1$ a été explorée

Grille pour auto-évaluation :

Compétences	Capacités /Attendus	Critères de réussite / Observables
S'approprier	Connaissance des spectres RMN	Les réponses 1, 2, 3 et 5 au QCM sont correctes
	Connaissance de la nomenclature	La réponse 4 au QCM est correcte (pour l'acide 2-éthyl-3-méthyl-butanoïque)
		Les formules planes (dév. ou semi-dév. ou topologique) de l'éthanol et de l'acide propanoïque sont indiquées
	Les informations des spectres RMN sont correctement extraites	Le nombre de signaux est correctement lié au nombre de groupes de protons équivalents
La nature des signaux (singulet, doublet, ...) est correctement lié au nombre de voisins		
Les déplacements chimiques sont correctement exploités		
Analyser	Les molécules du doc. 1 sont correctement reliées aux spectres	La substance 1 est identifiée comme étant probablement de l'éthanol
		La substance 2 est identifiée comme étant probablement de l'acide propanoïque
		La substance 3 est identifiée comme étant probablement de l'acide 2-éthyl-3-méthyl-butanoïque
		Le lien entre la structure de ces molécules et les spectres RMN est fait.
Valider	Réponse au problème posé	Le rhum est identifié comme la boisson contenue dans la cruche puisque les trois molécules identifiées font partie de sa composition.
	Critique	Une critique de la réponse apportée est présente.
Communiquer	Rédaction d'une argumentation	Les réponses sont rédigées (phrases verbales, compréhensible, concises,...)
		Utilisation correcte de connecteurs logiques (or, donc, de plus, ...)
		Le vocabulaire spécifique du cours et des documents est respecté

Remarque pour les professeurs :

Spectres réels (http://sdfs.db.aist.go.jp/sdfs/cgi-bin/direct_frame_top.cgi) :

Éthanol : triplet à 1,23 ppm / singulet à 2,61 ppm / quadruplet à 3,69 ppm

Acide propanoïque : triplet à 1,16 ppm / quadruplet à 2,38 ppm / singulet à 11,73 ppm

EXERCICE IV - AUTOUR DE NANOTUBES DE CARBONE
(uniquement pour les élèves qui suivent l'enseignement de Spécialité)

1. Questions préalables

- Expliquer la nécessité du traitement oxydant des nanotubes bruts. Quel est toutefois l'impact de ce traitement sur les propriétés des nanotubes ?

Les nanotubes bruts contiennent des résidus métalliques qui doivent être éliminés grâce au traitement oxydant. Comme le montrent les spectres IR du document 3, le traitement conduit à l'apparition de groupes fonctionnels oxygénés à la surface des nanotubes.

Ces défauts modifient les propriétés mécaniques, électriques et thermiques des nanotubes.

- Expliquer la présence d'ions métalliques dans le filtrat obtenu suite au traitement oxydant.

D'après le document 1, la synthèse des nanotubes de carbone nécessite l'utilisation d'un catalyseur métallique.

D'après le document 2, les résidus métalliques de catalyseur sont oxydés par l'acide nitrique en ions métalliques libres qui se retrouvent alors dans le filtrat.

2. Quelle démarche pour quantifier des défauts oxygénés (analyse des documents 4 et 5) ?

- Pourquoi le titrage direct des groupes carboxyle n'est pas possible ?

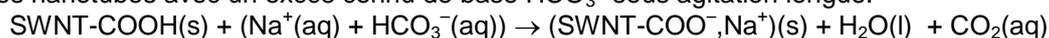
Les réactions faisant intervenir SWNT-COOH ou SWNT-COO⁻ sont quasi-totales mais ne sont pas rapides ; or la réaction support d'un titrage doit être totale et rapide (Doc.4).

- Principe du protocole permettant de mesurer **uniquement** la quantité de matière des groupes carboxyle.

On effectue un **titrage indirect en retour** de SWNT-COOH

1^{ère} étape :

On fait réagir les nanotubes avec un excès connu de base HCO₃⁻ sous agitation longue.



État initial : n_1 (mol)

n_2 (mol)

État final : 0

$n_2 - n_1$ (mol)

Justification :

La base HCO₃⁻ réagit avec SWNT-COOH mais pas avec SWNT-OH, elle constitue un réactif spécifique aux groupes carboxyle.

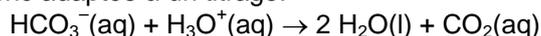
Tandis que la base HO⁻ réagit avec SWNT-OH et SWNT-COOH, donc il serait impossible de connaître uniquement la quantité de matière de SWNT-COOH.

Pour que la totalité des groupes carboxyle ait réagi, il est nécessaire d'agiter longuement (doc.5).

2^{ème} étape :

On titre les ions HCO₃⁻ non consommés lors de l'étape 1, à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique.

Cette réaction est rapide et totale donc adaptée à un titrage.



État initial (*fictif*) :

$n_2 - n_1$

n_3

On imagine que l'on a versé H₃O⁺ dans les proportions stœchiométriques mais que la réaction n'a pas encore débuté.

État final (équivalence) :

 0

 0

Afin d'obtenir la courbe représentative du pH en fonction du volume d'acide versé, on mesure le pH du mélange après chaque ajout d'acide. Elle permettra de déterminer le volume équivalent et d'en déduire la quantité de matière n_3 d'acide versé pour consommer la quantité de matière $(n_2 - n_1)$ de HCO₃⁻ non consommée lors de l'étape 1.

D'après l'équation du titrage : $n_2 - n_1 = n_3$ donc $n_1 = n_2 - n_3$.

n_2 et n_3 étant connues, on a déterminé la quantité de matière des groupes carboxyle dans l'échantillon de nanotubes.

Remarque : le raisonnement avec les quantités de matière n_1 , n_2 et n_3 n'était pas demandé, il est présenté ici pour faciliter la compréhension.

Compétences évaluées	Critère de réussite correspondant au niveau A	A	B	C	D
S'approprier Extraire des informations Mobiliser ses connaissances	Le rôle de l'oxydation est bien décrit. La présence d'ions métalliques dans le filtrat est expliquée.				
Analyser Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites	Choix de la base pour induire la sélectivité du dosage : Les ions HO^- réagissent avec les fonctions SWNT-COOH et SWNT-OH alors que les ions HCO_3^- réagissent uniquement avec SWNT-COOH. Pour doser sélectivement les groupes carboxyle, il convient de choisir les ions hydrogénocarbonate.				
Construire les étapes d'une résolution d'un problème	Impossibilité du titrage direct : réaction lente entre SWNT-COOH et HCO_3^-				
	Principe du protocole				
	Équations des réactions argumentées				
Communiquer	Syntaxe des réponses correcte-logique Bonne utilisation des connecteurs logiques (donc, car, or, etc.)				