14PYSCOLI1

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2014

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

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

L'USAGE DES CALCULATRICES EST AUTORISE.

CE SUJET NE NECESSITE PAS DE FEUILLE DE PAPIER MILLIMETRE.

CE SUJET COMPORTE 15 PAGES NUMEROTEES DE 1/15 A 15/15

LA FEUILLE D'ANNEXE (PAGE 15/15)
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

14PYSCOLI1

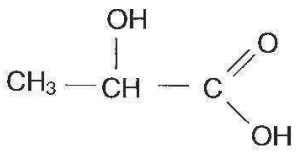
EXERCICE I : DU LAIT AU YAOURT (6 POINTS)

Le lait est un produit biologique fragile. L'homme a su exploiter la tendance qu'ont ses composants à se séparer afin de le conserver. Pour faire du beurre, on recueille la matière grasse mais pour obtenir du fromage ou du yaourt, on attend que les protéines du lait coagulent.

L'acide lactique est l'un des composants essentiels du lait.

Données :

- Formule semi-développée de l'acide lactique :



- Masse molaire de l'acide lactique : $M = 90\ g.mol^{-1}$
- pK_a (acide lactique/ion lactate) = 3,9

- La phénolphtaléine est un indicateur coloré ; couple acide/base de $pKa = 8,2$ dont la forme acide est incolore et la forme basique rose.

1. L'ACIDE LACTIQUE

1.1. Recopier la formule de l'acide lactique, entourer les groupes caractéristiques et justifier son nom en nomenclature officielle : acide 2-hydroxypropanoïque.

1.2. Cette molécule possède-t-elle des stéréoisomères ? Si tel est le cas, donner la représentation de Cram de ses stéréoisomères et indiquer la relation qui les lie.

1.3. En solution aqueuse, l'acide lactique que l'on notera HA a des propriétés acidobasiques. Sa base conjuguée est l'ion lactate.

1.3.1. Le *pH* d'une solution d'acide lactique de concentration molaire *c* égale à $1,5\ mmol.L^{-1}$ est égal à 3,4.
L'acide lactique est-il un acide fort ou faible ?

1.3.2. Le *pH* d'un lait frais se situe autour de 6,5.
Quelle est l'espèce prédominante du couple acide lactique/ion lactate ?
Justifier la réponse.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2. Du lait frais…

Document 1 : Acidité du lait

Un lait frais n'est que très légèrement acide mais cette acidité peut se développer assez vite pour des raisons diverses :
- le lactose présent en quantité notable (50 $g.L^{-1}$ environ) se transforme en acide lactique sous l'action de bactéries ;
- d'autres acides tels que l'acide oléique se forment à partir des corps gras présents dans le lait ;
- le dioxyde de carbone dissous contribue également à l'acidité d'un lait.

L'industrie laitière vérifie l'état de conservation d'un lait en mesurant son acidité totale en « équivalent d'acide lactique » exprimée en degré Dornic* (°D).
Un lait frais doit avoir, selon les normes en vigueur, une acidité inférieure à 18°D.

** Un degré Dornic noté 1°D correspond à 0,1 g d'ac ide lactique par litre de lait.*

Document 2 : Protocole de titrage d'un lait

On verse 10,0 mL de lait dans un erlenmeyer et on ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine.
On procède au titrage de l'échantillon de lait par une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) de concentration molaire 0,11 $mol.L^{-1}$ appelée soude « Dornic ».

Un lait est dosé en suivant ce protocole.
L'équation de la réaction chimique support du titrage est :

$$H_3O^+ + HO^- \longrightarrow 2\,H_2O_{(L)}$$

2.1. La persistance d'une coloration rose est observée pour un volume de solution titrante versée de 1,4 mL.
À quoi correspond ce changement de couleur ?

2.2. En exploitant le résultat du titrage, déterminer si le lait analysé est frais selon la norme en vigueur. La démarche suivie pour répondre sera explicitée.

2.3. Faire preuve d'esprit critique sur le dosage réalisé et proposer une amélioration.

3. …vers le yaourt

Les documents utiles à la résolution sont rassemblés en fin d'exercice.

À l'aide de ces documents, déterminer la température la plus favorable à la formation du yaourt ainsi que la durée au bout de laquelle la consistance est celle attendue d'un yaourt. La démarche sera explicitée.

Document 3 : Fabrication du yaourt

Le lait pasteurisé est ensemencé avec des bactéries (lactobacillus bulgaricus et streptococcus thermophilus) et mis en pots. Ces bactéries vont alors se multiplier et transformer le lactose du lait en acide lactique. La consistance du yaourt est atteinte au bout de quelques heures. Les yaourts sont ensuite refroidis à 4°C ; le froid bloque l'activité des bactéries mais ne les tue pas : au moment de la vente, le yaourt doit contenir au moins 10 millions de bactéries par gramme !

D'après les sites www.espace-sciences.org et www.decouverte-industries-alimentaires.com

Document 4 : Acidité et température

Afin d'optimiser la fabrication d'un yaourt dans un atelier de production, un laboratoire de recherche mesure, à différentes températures, l'évolution dans le temps de l'acidité de différents échantillons d'un lait préalablement ensemencé avec des bactéries.
Les valeurs obtenues sont reportées dans les tableaux ci-dessous.

Pour une température $\theta_1 = 2$ °C :

Durée (min)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
Acidité (°D)	19	19	19	19	19	19	20	20	20	20	20	21	21

Pour une température $\theta_2 = 25$ °C :

Durée (min)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
Acidité (°D)	19	19	19	19	19	20	20	20	20	20	21	21	21

Pour une température $\theta_3 = 45$ °C :

Durée (min)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
Acidité (°D)	19	19	19	20	20	20	27	34	45	55	64	70	78

Pour une température $\theta_4 = 80$ °C :

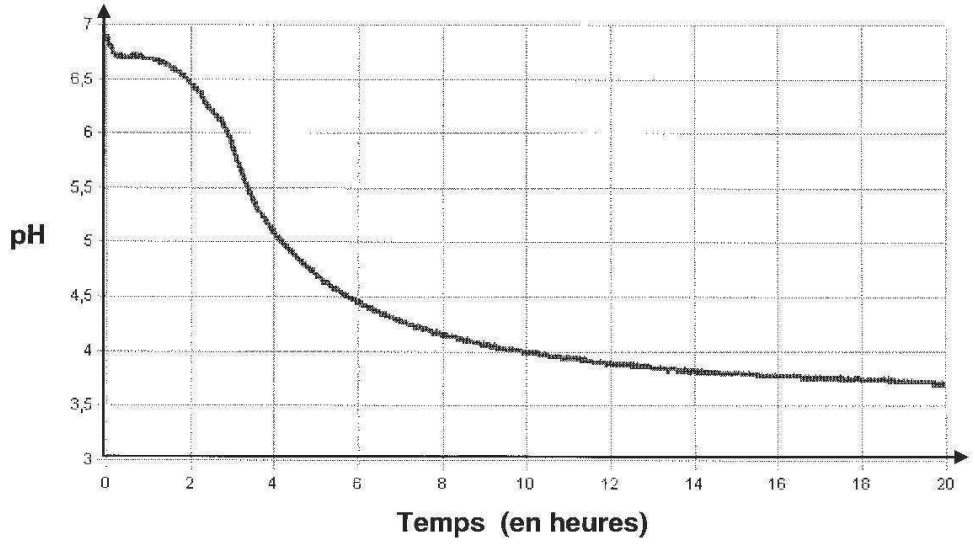
Durée (min)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
Acidité (°D)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	20

Document 5 : Précipitation de la caséine

Le point isoélectrique d'une protéine est la valeur du *pH* pour lequel la somme des charges électriques présentes sur les différents groupes caractéristiques de la protéine s'annulent. La protéine est alors dénaturée.
Le point isoélectrique de la principale protéine du lait, la caséine, vaut 4,6.
Pour un $pH < 4{,}6$ la caséine change de conformation, se déplie et, en solution, précipite. On observe alors sa coagulation responsable de la texture du yaourt.

Document 6 : Évolution du pH lors de la fabrication du yaourt dans un atelier de production industrielle

Le graphe suivant donne l'évolution au cours du temps du pH d'un lait ensemencé.



14PYSCOLI1

EXERCICE II : LES DÉBUTS DE L'ÉLECTRON EN PHYSIQUE (9 points)


J.J.Thomson

Le problème posé par la nature des « rayons cathodiques » à la fin du XIX^{ème} siècle fut résolu en 1897 par l'Anglais J.J. Thomson : il s'agissait de particules chargées négativement baptisées par la suite « électrons ». La découverte de l'électron valut à Thomson le prix Nobel de physique en 1906.

Le défi pour les scientifiques de l'époque fut alors de déterminer les caractéristiques de cette particule : sa charge électrique et sa masse. Dans un premier temps, Thomson lui-même, en étudiant la déviation d'un faisceau d'électrons dans un champ électrique, put obtenir le « rapport e/m_e » de ces deux caractéristiques.


R.Millikan

C'est cependant l'Américain R. Millikan qui, réalisant de multiples expériences entre 1906 et 1913 sur des gouttelettes d'huile, détermina la valeur de la charge de l'électron.

En 1927, G.P. Thomson, le fils de J.J. Thomson, réalise une expérience de diffraction des électrons par des cristaux.


G.P.Thomson

Actuellement, les valeurs admises de la masse et de la charge de l'électron sont :

$$m_e = 9{,}1093826 \times 10^{-31} \text{ kg} \quad \text{et} \quad e = 1{,}602176565 \times 10^{-19} \text{ C}.$$

Donnée : Constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s

Cet exercice comprend **trois parties indépendantes,** en lien avec les travaux de ces trois physiciens.

1. L'expérience de J.J. Thomson

Lors de ses recherches dans son laboratoire de Cambridge, Thomson conçoit un dispositif dans lequel un faisceau d'électrons est dévié lors de son passage entre deux plaques où règne un champ électrique. La mesure de la déviation du faisceau d'électrons lui permet alors de déterminer le rapport e/m_e.

L'étude suivante porte sur le mouvement d'un électron du faisceau qui pénètre entre deux plaques parallèles et horizontales P_1 et P_2, dans une zone où règne un champ électrique $\vec{E}$ supposé uniforme et perpendiculaire aux deux plaques.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

À l'instant $t = 0$ s, l'électron arrive en un point O avec une vitesse horizontale $\vec{v}_0$.
La trajectoire de l'électron dans un repère (O,x,y) est fournie sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.**
L'électron de masse m_e et de charge $q = -e$, dont le mouvement étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen, est soumis à la seule force électrostatique $\vec{F}_e$.

1.1. Sur le document de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE,** représenter sans souci d'échelle et en justifiant les tracés :
- le vecteur force $\vec{F}_e$ en un point de la trajectoire de l'électron ;
- le vecteur champ électrique $\vec{E}$ en un point quelconque situé entre les plaques P_1 et P_2.

1.2. En utilisant la deuxième loi de Newton, déterminer les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement de l'électron.

1.3. Vérifier que la trajectoire de l'électron a pour équation : $y = \dfrac{eE}{2m_e v_0^2} x^2$.

1.4. À la sortie de la zone entre les plaques P_1 et P_2, l'électron a subi une déviation verticale SH comme l'indique le schéma de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**. On mesure SH = $y_S = 2{,}0 \times 10^{-2}$ m.
Déterminer, dans cette expérience, la valeur du rapport e/m_e de l'électron. Conclure.

Données :
Longueur des plaques : $L = 9{,}0 \times 10^{-2}$ m
Vitesse initiale de l'électron : $v_0 = 2{,}4 \times 10^{7}$ m.s^{-1}
Valeur du champ électrique : $E = 1{,}6 \times 10^{4}$ V.m^{-1}

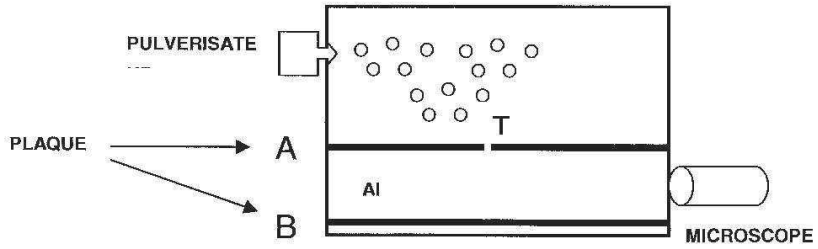
2. L'expérience de Millikan

L'objectif de Millikan est de montrer qu'un corps chargé ne peut porter qu'une charge électrique multiple d'une « charge élémentaire ».

Document 1 : Principe de l'expérience menée en 1910 par Millikan

Millikan pulvérise des gouttelettes d'huile chargées par irradiation entre deux plaques planes où règne un champ électrique et les observe à l'aide d'un microscope.
Sa méthode consiste à immobiliser les gouttelettes en augmentant le champ électrique jusqu'à ce que le poids de la gouttelette soit compensé par la force électrostatique.
Millikan parvint ainsi à obtenir une valeur approchée de la charge élémentaire $e = 1{,}591 \times 10^{-19}$ C, très proche de la valeur admise aujourd'hui.

Document 2 : Description d'une expérience menée de nos jours en laboratoire



Un pulvérisateur produit un nuage de gouttelettes d'huile chargées négativement qui tombent dans la chambre supérieure du dispositif. Lorsque l'une d'elles passe à travers le trou T, elle tombe verticalement à une vitesse constante v_1, son poids étant très vite compensé par la force de frottement exercée par l'air. Lors de cette première étape, la chute verticale de la gouttelette dans l'air en l'absence de champ électrique est observée à l'aide d'un microscope et permet de déterminer le rayon r de la gouttelette qui n'est pas mesurable directement.
Lors d'une deuxième étape, lorsque la gouttelette parvient en bas du dispositif, un champ électrique uniforme est créé entre les plaques A et B. La gouttelette remonte alors verticalement à une vitesse constante v_2.
La charge électrique portée par la gouttelette est ensuite déduite des mesures des vitesses v_1 et v_2.

Lors de l'expérience menée au laboratoire, une gouttelette de masse m et de charge q négative arrive entre les plaques A et B.

La poussée d'Archimède est négligée. La gouttelette étudiée est soumise à son poids $\vec{P}$ et à la force de frottement $\vec{f}$ exercée par l'air s'exprimant par la relation $\vec{f} = -6\pi\eta r\vec{v}$ dans laquelle η est la viscosité de l'air, r le rayon de la gouttelette et $\vec{v}$ sa vitesse.

Données : Masse volumique de l'huile : $\rho = 890$ kg.m^{-3}
Valeur du champ de pesanteur : $g = 9{,}8$ N.kg^{-1}
Viscosité de l'air : $\eta = 1{,}8 \times 10^{-5}$ kg.m^{-1}.s^{-1}

2.1. Chute verticale de la gouttelette

2.1.1. Lors de la chute de la gouttelette en l'absence de champ électrique, écrire la relation vectorielle entre la force de frottement et le poids lorsque la vitesse constante v_1 est atteinte. En déduire l'expression de v_1 en fonction de η, r, m et g.

2.1.2. La relation précédente peut également s'écrire $v_1 = \frac{2}{9}\frac{\rho g r^2}{\eta}$ où ρ est la masse volumique de l'huile.

Déterminer le rayon r de la gouttelette sachant qu'elle parcourt, lors de sa chute, une distance de 2,11 mm pendant une durée $\Delta t = 10{,}0$ s.

2.1.3. Afin de faciliter la mesure au microscope, la gouttelette ne doit pas être trop rapide.
En déduire s'il est préférable de sélectionner une grosse gouttelette ou au contraire une petite gouttelette.

2.2. Remontée de la gouttelette

Un champ électrique uniforme étant établi entre les plaques A et B, la gouttelette subit une force supplémentaire $\vec{F_e}$ verticale et remonte alors avec une vitesse constante v_2 atteinte presque instantanément.
On peut montrer que la charge q de la gouttelette est donnée par la relation :

$$q = -\frac{6\pi\eta r(v_1 + v_2)}{E}$$

Plusieurs mesures ont été réalisées pour différentes gouttelettes et rassemblées dans le tableau du document 3.

Document 3 : Mesures de v_1 et v_2 pour différentes gouttelettes

Numéro de la gouttelette	Rayon r de la gouttelette (µm)	Vitesse de descente v_1 ($\times 10^{-4}$ m.s^{-1})	Vitesse de remontée v_2 ($\times 10^{-4}$ m.s^{-1})	Charge q de la gouttelette (C)
1	1,2	1,55	1,59	$-6{,}4 \times 10^{-19}$
2	1,3	1,82	1,81	$-8{,}0 \times 10^{-19}$
3	1,5	2,42	1,35	$-9{,}6 \times 10^{-19}$
4	1,6	2,76	3,13	$-1{,}6 \times 10^{-18}$
5		1,82	2,53	$-9{,}6 \times 10^{-19}$

2.2.1. Les gouttelettes n° 2 et n° 5 du document 3 ont la même vitesse de descente v_1 mais des vitesses de remontée v_2 différentes.
Déterminer sans calcul le rayon de la gouttelette n°5. Justifier.
Pourquoi leurs vitesses de remontée sont-elles différentes ?

2.2.2. Montrer, à partir des résultats expérimentaux du document 3, que la charge de ces gouttelettes est « quantifiée », c'est-à-dire qu'elle ne prend que des valeurs multiples d'une même charge élémentaire égale à $1{,}6 \times 10^{-19}$ C.

2.3. En quoi le protocole de l'expérience effectuée par Millikan diffère-t-il de celui réalisé au laboratoire par J.J. Thomson ?

3. Diffraction des électrons

Davisson et Germer réalisent en 1927 une expérience de diffraction des électrons sur un cristal constitué d'un arrangement régulier d'atomes de nickel. De son côté, G.P. Thomson fait une expérience analogue et réussit également à diffracter un faisceau d'électrons. Il reçoit en 1937 le prix Nobel de physique pour ses travaux, prix qu'il partagea avec Davisson.

3.1. Quelle information sur la nature de l'électron cette expérience donne-t-elle ?

3.2. Dans l'expérience de Davisson et Germer, les électrons avaient une vitesse égale à $4{,}4 \times 10^{6}$ m.s^{-1}.
Calculer la longueur d'onde de l'onde de matière associée à un électron ayant cette vitesse.

3.3. Quel est l'ordre de grandeur de la distance entre les atomes dans un solide ? Commenter cette valeur.

Exercice III : Quelques alcools de l'industrie chimique (5 points)

Les alcools se forment naturellement par fermentation de certaines solutions sucrées : le jus de raisin se transforme ainsi en éthanol lors de la fabrication du vin par exemple. Dans l'industrie chimique, bien d'autres procédés conduisent à la production d'alcools, qui seront eux-mêmes à la base de la fabrication de nombreux produits : solvants, polymères, détergents …

Les trois parties de cet exercice sont indépendantes.
Elles concernent trois alcools parmi les plus importants de l'industrie chimique.

1. Le méthanol

Document 1 : Production et usages du méthanol

Le méthanol est un liquide incolore et inflammable ; il est miscible à l'eau, aux alcools, aux esters et à la plupart des autres solvants organiques.

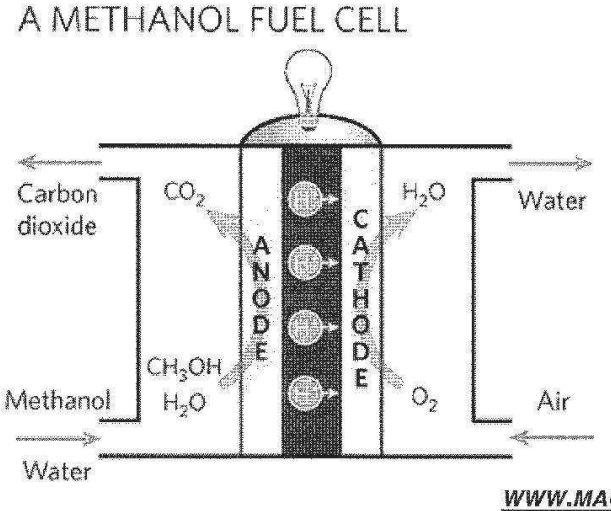
Pour produire du méthanol, l'hydrogénation du dioxyde de carbone est la voie la plus étudiée actuellement.
Ce procédé peut être modélisé par la réaction chimique dont l'équation est :

$$CO_2 + 3\ H_2 \rightarrow \text{méthanol} + H_2O$$

Le méthanol intervient par exemple dans la production du formaldéhyde, de l'acide acétique ou encore du MTBE (2-méthoxy 2-méthylpropane), lequel est un adjuvant des carburants. Dans de moindres volumes, le méthanol est utilisé dans les piles à combustible DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) ou encore dans le traitement des eaux usées.

D'après un rapport réalisé pour l'ADEME, juin 2010

Document 2 : Schéma d'une pile à combustible au méthanol



1.1. Le tableau suivant donne les électronégativités des atomes H, C et O dans l'échelle de Pauling.

Atome	H	C	O
Électronégativité	2,2	2,5	3,4

Justifier le caractère polaire de la molécule de méthanol.

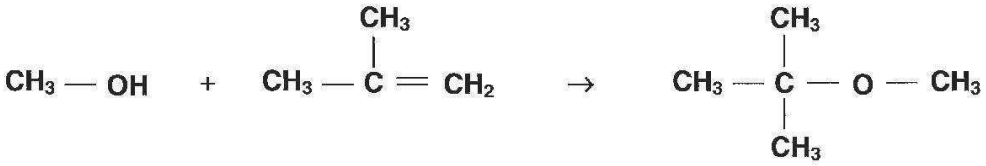
1.2. Associer chacune des équations ou demi-équations de la liste suivante à un des usages du méthanol cités en exemple.

(a) $CH_3OH + H_2O \rightleftarrows CO_2 + 6\,H^+ + 6\,e^-$

(b) $CH_3OH + CO \rightarrow CH_3CO_2H$

1.3. Dans la demi-équation électronique (a) ci-dessus, le méthanol intervient-il en tant qu'oxydant ou en tant que réducteur ? Justifier la réponse.

1.4. La synthèse du MTBE peut être modélisée par la réaction d'équation suivante :



L'alcène réagissant avec le méthanol présente-t-il une isomérie Z/E ? Justifier la réponse.

1.5. La recherche étudie actuellement la voie de production du méthanol citée dans le document 1.
Quel(s) intérêt(s) celle-ci présente-elle du point de vue du respect de l'environnement ?

2. L'éthanol

L'éthanol est très utilisé en tant que solvant car il est miscible avec la plupart des composés organiques. C'est également un carburant, ajouté à l'essence en diverses proportions selon les pays.
Une grande partie de l'éthanol industriel est produite par hydratation de l'éthène C_2H_4 par catalyse acide.

2.1. Écrire l'équation de la réaction chimique correspondant à la synthèse de l'éthanol par hydratation de l'éthène.

2.2. À quelle grande catégorie de réactions en chimie organique cette réaction appartient-elle ? Justifier la réponse.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.3. La première étape du mécanisme réactionnel de cette réaction chimique consiste en une réaction entre la molécule d'éthène et un ion hydrogène H^+ provenant du catalyseur.
Identifier les sites donneur et accepteur de doublet d'électrons puis représenter, à l'aide d'une flèche courbe, le mouvement du doublet d'électrons dans cette étape.

2.4. Pour quelle raison, au cours d'une étape ultérieure, l'ion H^+ sera-t-il nécessairement régénéré ?

3. Le butan-2-ol

Le butan-2-ol est surtout un intermédiaire en synthèse chimique.
La règle de Zaïtsev en chimie organique stipule que, lors de la déshydratation d'un alcool, la double liaison se forme plutôt entre l'atome de carbone porteur du groupe hydroxyle et l'atome de carbone voisin le moins hydrogéné (porteur du moins grand nombre d'atomes d'hydrogène).

3.1. Déshydratation du butan-2-ol
Déterminer la formule semi-développée de l'alcène obtenu majoritairement après déshydratation du butan-2-ol.

3.2. Oxydation du butan-2-ol
L'oxydation du butan-2-ol peut conduire à la formation d'un solvant, la butanone.

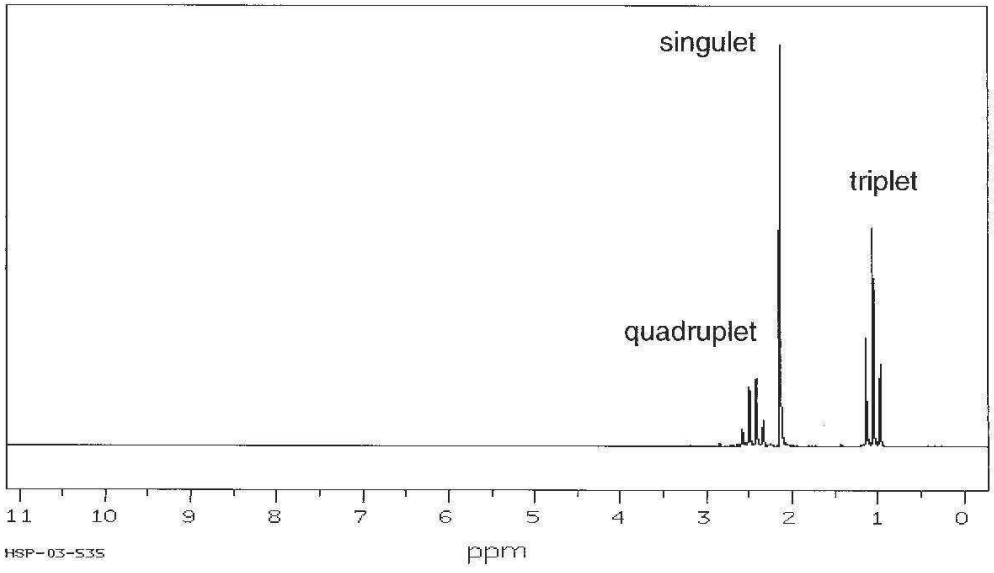
3.2.1. Donner la formule topologique de la butanone.

3.2.2. Le laboratoire de recherche et développement d'une entreprise innovante cherche à mettre au point un procédé d'oxydation du butan-2-ol en butanone respectant l'environnement. Le technicien réalise le spectre RMN du produit fabriqué par ce procédé.
Ce spectre est reproduit ci-après (document 3).
Le produit formé est-il bien celui attendu ? Justifier.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Document 3 : Spectroscopie RMN du proton

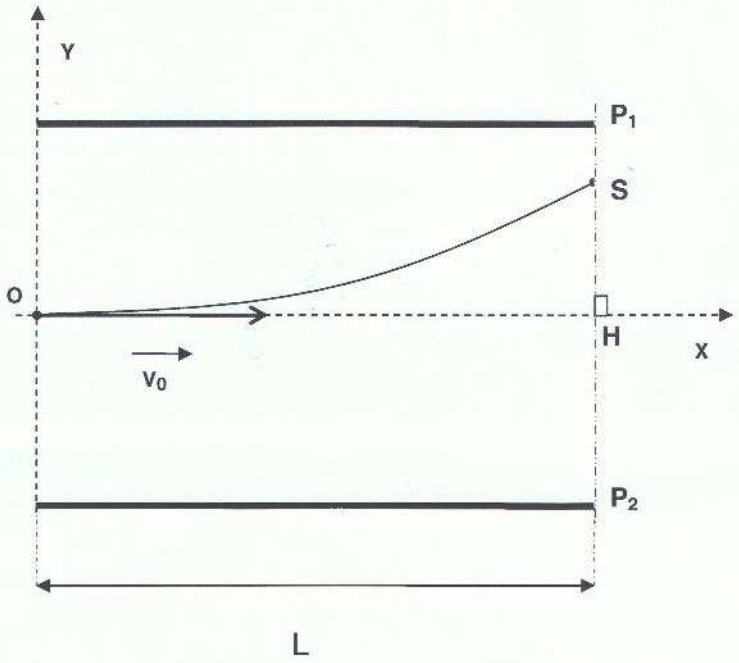


Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice II Question 1.1



Justification

Sens de $\vec{F_e}$:

Sens de $\vec{E}$: