

PHYSIQUE
CHIMIE
C E

SUJETS CORRIGÉS

lac PRESSE 91

BAC

PHYSIQUE
CHIMIE
C E

**TOUS LES SUJETS DU BAC 90
CORRIGES ET COMMENTES**



HACHETTE
Education

SOMMAIRE

Conseils généraux aux candidats	6
1 - Aix-Marseille, Montpellier, Nice-Corse, Toulouse	10
2 - Amiens, Lille, Rouen	24
3 - Besançon, Dijon, Grenoble, Lyon, Nancy-Metz, Reims, Strasbourg	42
4 - Bordeaux, Caen, Clermont-Ferrand, Limoges, Nantes, Orléans-Tours, Poitiers, Rennes	56
5 - Créteil - Paris - Versailles	74
6 - Amérique du Nord	94
7 - Antilles	110
8 - Étranger Groupe 1	124
9 - National, Septembre 89	136
10 - Besançon, Dijon, Grenoble, Lyon, Nancy-Metz, Reims, Strasbourg (juin 89)	151
11 - Bordeaux, Caen, ClermontFerrand, Limoges, Nantes, Orléans-Tours, Poitiers, Rennes (juin 89)	164
12 - Sélection d'exercices des épreuves de D	180
Index thématique des exercices	187

TOUS LES SUJETS 90 PAR ACADÉMIE

Aix-Marseille	10	Lyon	42
Amérique du Nord	94	Montpellier	10
Amiens	24	Nancy-Metz	42
Antilles	110	Nantes	56
Besançon	42	Nice-Corse	10
Bordeaux	56	Orléans-Tours	56
Caen	56	Paris	74
Clermont-Ferrand	56	Poitiers	56
Créteil	74	Reims	42
Dijon	42	Rennes	56
Étranger Groupe I	124	Rouen	24
Grenoble	42	Strasbourg	42
Lille	24	Toulouse	10
Limoges	56	Versailles	74

1 - AIX-MARSEILLE, MONTPELLIER, NICE-CORSE, TOULOUSE

PHYSIQUE

Exercice 1 (5 points)

Mécanique (mouvement d'un solide sur un plan incliné)

Exercice 2 (3 points)

Optique (image par une lentille convergente)

Exercice 3 (5 points)

Électricité (détermination de la capacité d'un condensateur)

CHIMIE

Exercice 1 (4 points)

Solutions aqueuses (dosage de l'acidité d'un vinaigre)

Exercice 2 (3 points)

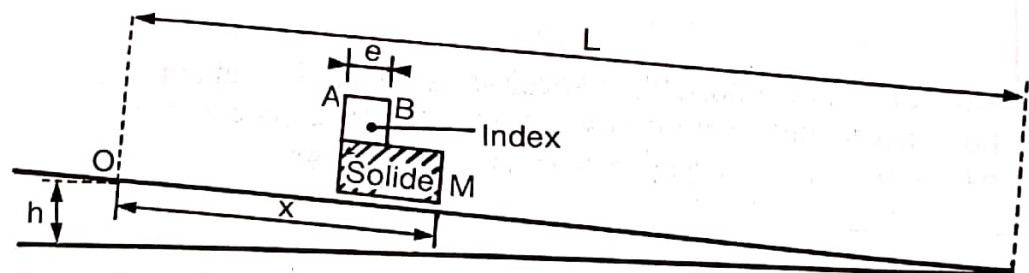
Chimie organique (détermination de la classe d'un alcool)

ÉNONCÉ

PHYSIQUE

Exercice 1

Accélération de la pesanteur : $g = 9,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.



Un solide S de masse $m = 60,0 \text{ g}$ peut glisser sur un rail OO' de longueur $L = 1,60 \text{ m}$ dont l'extrémité O a été soulevée de $h = 1,00 \text{ cm}$ (la figure n'est pas à l'échelle). Le solide est abandonné, sans vitesse, du point O . Il est muni d'un index de carton de largeur $e = 2,00 \text{ cm}$. Lors du passage du solide par le point M à la distance x de O , un chronomètre mesure la durée θ qui sépare le passage des 2 extrémités A et B de l'index, tandis qu'un second chronomètre mesure la durée totale t du trajet OM .

Les résultats des mesures sont indiqués dans les tableaux suivants.

x (cm)	0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	40,0
θ (s)	-	0,198	0,157	0,132	0,117	0,106	0,097	0,087
t (s)	0	1,68	2,10	2,47	2,81	3,13	3,37	3,78
v ($m \cdot s^{-1}$)	0	0,101	0,127	0,152	0,171	0,189	0,206	0,230

x (cm)	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
θ (s)	0,080	0,076	0,073	0,071	0,070	0,069
t (s)	4,20	4,60	5,00	5,32	5,70	6,03
v ($m \cdot s^{-1}$)	0,250	0,263	0,274	0,282		

1) a) Compléter les tableaux en calculant la vitesse instantanée v du solide pour les deux valeurs de x supérieures à 80 cm.

Représenter graphiquement sur papier millimétré, les variations de v en fonction de t .

Échelles : 4 cm pour 1 s; 5 cm pour $0,1 m \cdot s^{-1}$.

b) On étudie le mouvement du solide seulement pour x inférieure à 40 cm.

Exprimer v en fonction de t pour cette partie du mouvement.

Quelle est la nature de celui-ci? Quelle est son accélération?

2) En supposant que le solide est soumis pendant tout son mouvement à une force de frottement d'intensité f , due à l'air, colinéaire au vecteur vitesse mais de sens contraire, établir l'expression de l'accélération du mouvement du solide en fonction de h , L , m , f et g .

3) a) En utilisant les résultats des questions 1) b) et 2), montrer que tant que x est inférieure à 40 cm, la force de frottement sur l'air est pratiquement indécélable.

SUJET 1

b) Calculer l'accélération moyenne du mouvement pour x comprise entre 50 et 60 cm et calculer la valeur correspondante de f .

Exercice 2

On dispose de deux lentilles minces L_1 et L_2 de vergences $V_1 = 10,0$ dioptries et $V_2 = -8,0$ dioptries.

1) Déterminer les distances focales (images) \overline{OF}'_1 et \overline{OF}'_2 de ces deux lentilles. Préciser la nature divergente ou convergente de chaque lentille. (On indiquera quelles sont les significations de ces deux termes.)

2) On place une des deux lentilles à une distance $d = 11,0$ cm d'une diapositive de hauteur $h = 24$ mm ; l'axe optique de la lentille est perpendiculaire au plan de la diapositive et la rencontre en son centre.

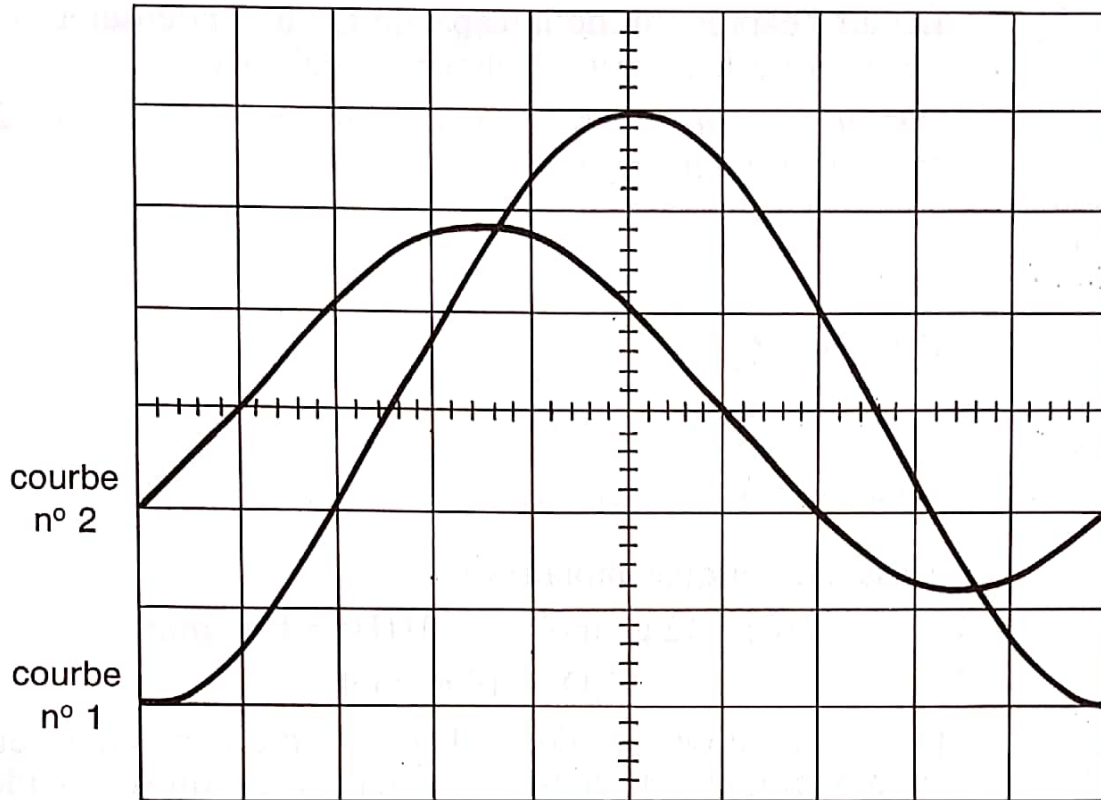
a) Quelle est la lentille à utiliser pour obtenir une image sur l'écran ?

b) Déterminer par le calcul la position et la hauteur de l'image de la diapositive.

Exercice 3

On dispose d'un générateur basse fréquence délivrant une tension sinusoïdale de valeur efficace constante. Entre ses bornes on branche, en série, un résistor de résistance $R = 1,00$ k Ω et un condensateur de capacité C inconnue que l'on veut déterminer.

1) On règle la fréquence du générateur sur $f = 1,00$ kHz et on visualise la tension aux bornes du générateur et celle aux bornes du résistor grâce à un oscillographe, dont voici l'écran :



Déviations horizontales : 100 μ s/div

Déviations verticales : voie A : 0,5 V/div
voies B : 0,5 V/div

(1 division sur le dessin correspond aux côtés des carreaux).

a) Faire le schéma du montage électrique en indiquant comment l'oscilloscope est relié au circuit.

b) Quelle est la courbe qui donne la tension aux bornes du générateur et quelle est celle qui donne la tension aux bornes du résistor? Justifier les réponses.

c) Quelles sont la tension efficace aux bornes du générateur et l'intensité efficace du courant qui traverse le circuit?

d) Donner la valeur de la capacité C du condensateur. (Justifier les calculs.)

2) Afin d'obtenir une valeur plus précise de la capacité C on place dans le circuit entre le résistor et le condensateur une bobine de coefficient d'auto-inductance $L = 0,100$ H. On règle la fréquence du générateur jusqu'à ce que la tension aux bornes du résistor ait l'amplitude maximale, la nouvelle fréquence du générateur est alors $f' = 1,43$ kHz.

SUJET 1

Établir l'expression de la capacité C du condensateur en fonction de L et de f' . Calculer la valeur de C .

Remarque : dans cet exercice, les questions 1) et 2) sont indépendantes.

CHIMIE

Exercice 1

Masses atomiques molaires :

$$M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; \quad M(\text{H}) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1};$$

$$M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

On se propose de doser l'acidité d'un vinaigre en supposant que celle-ci est due à la présence du seul acide éthanoïque (ou acide acétique).

On dispose du matériel et des produits suivants :

- pipettes de 1 ml, 5 ml et 10 ml ;
- fioles jaugées de 50 ml, 100 ml et 500 ml ;
- béchers, burette graduée ;
- pH-mètre ;
- vinaigre de concentration molaire $c \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ en acide éthanoïque ;
- solution d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration molaire volumique $0,100 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$;
- phénolphtaléine ;
- eau distillée.

1) Indiquer, sous forme de schémas commentés, le matériel à utiliser et les manipulations à réaliser pour préparer une solution (S) de vinaigre de volume 100 ml et de concentration molaire en acide éthanoïque $c' = c/100 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$.

2) a) En s'aidant de schémas, décrire le processus expérimental utilisé pour réaliser le dosage de la solution (S), par la solution d'hydroxyde de sodium.

b) L'équivalence acido-basique est observée en ajoutant 11,0 ml de la solution d'hydroxyde de sodium à la solution (S).

Déterminer la concentration molaire de l'acide éthanoïque dans la solution (S) et dans le vinaigre initial. Quelle est la concentration massique volumique (en $\text{g} \cdot \ell^{-1}$) de l'acide éthanoïque dans ce vinaigre ?

3) Le pH de la solution dosée (S) est égal à 3,35.

Écrire l'équation qui traduit la dissolution de l'acide éthanoïque dans l'eau et calculer la constante d'acidité K_a du couple acide-base correspondant.

Exercice 2

1) Sur une bouteille on a inscrit «ALCOOL $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ ». Dire pourquoi cette étiquette est insuffisante pour savoir quel est l'alcool contenu dans la bouteille ?

2) Pour savoir quel est l'alcool contenu dans le récipient, on réalise les tests suivants :

α) On fait réagir, dans un tube à essais, un excès d'alcool sur une solution acide de dichromate de potassium ; on observe que la solution est passée de la couleur jaune à la couleur verte.

β) On fait ensuite réagir une partie du contenu du tube à essais précédent avec de la liqueur de Fehling, et après chauffage on observe dans le tube à essais la formation d'un précipité rouge brique.

a) Quels renseignements ces deux tests nous donnent-ils sur l'alcool contenu dans la bouteille ?

b) Quels sont les alcools de formule $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ qui donnent les résultats précédents aux deux tests ? Quels sont leurs noms et leurs formules semi-développées ?

c) Sachant que l'alcool étudié possède une structure linéaire, écrire, en utilisant les formules semi-développées des corps, l'équation-bilan de la réaction qui se produit entre l'alcool et le dichromate de potassium lors du premier test. Quels sont le nom et la fonction du produit carboné de cette réaction ?

Lire l'énoncé

Mécanique

Il s'agit d'exploiter un tableau de mesures concernant le mouvement d'un solide sur un plan incliné : détermination de la vitesse instantanée, de l'accélération et de l'influence de la résistance de l'air.

Optique

On se propose d'étudier quelques propriétés d'une lentille mince convergente symbolisant l'objectif d'un projecteur de diapositives : détermination de la distance focale, construction géométrique de l'image d'une diapositive, détermination de la nature, de la position et de la taille de l'image.

Électricité

Le but de l'exercice est la détermination de la capacité d'un condensateur par deux méthodes différentes : à partir de l'étude d'un circuit RC série dans la première partie, puis en se plaçant à la résonance en intensité d'un circuit RLC série dans la seconde.

Solutions aqueuses

L'exercice propose de déterminer l'acidité d'un vinaigre en supposant que celle-ci n'est due qu'à la présence de l'acide acétique, par dilution et dosage par une solution d'hydroxyde de sodium, puis de retrouver la valeur de la constante d'acidité du couple acide éthanoïque/ion éthanoate.

Chimie organique

Cet exercice a pour but de déterminer la formule semi-développée d'un alcool, dont on ne connaît que la formule brute, par l'intermédiaire de différents tests.

CORRIGÉ

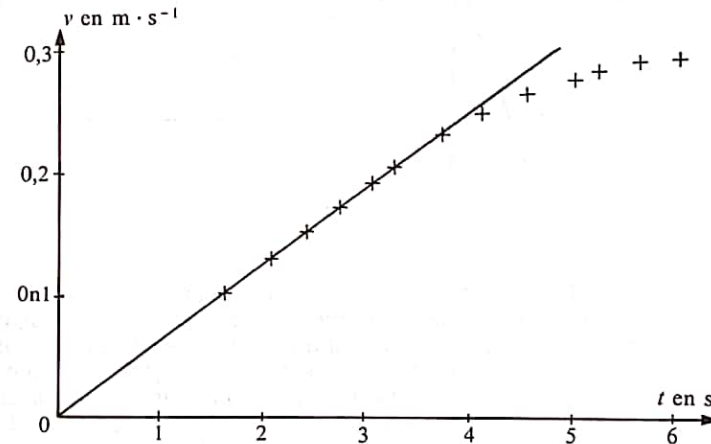
PHYSIQUE

Exercice 1

1) a) L'index de carton placé sur le solide permet de déterminer sa vitesse instantanée. En effet, la vitesse instantanée du solide est la dérivée de l'abscisse x par rapport au temps, et est expérimentalement déterminée par le rapport d'un Δx à un Δt , ces grandeurs étant suffisamment petites devant les distances et les temps intervenant par ailleurs dans le problème : Δx est ici la largeur e de l'index et Δt la durée θ séparant le passage des deux extrémités de l'index lors du passage du solide au point M ; ainsi $v = e/\theta$.

On peut alors vérifier que cette relation donne effectivement la valeur de la vitesse indiquée par le tableau de mesures proposé par l'énoncé et en déduire la vitesse du solide pour les deux dernières valeurs de x : pour $x = 90$ cm, on obtient $v = 0,286 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et pour $x = 100$ cm, on obtient $v = 0,290 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Les variations de la vitesse en fonction du temps sont représentées sur le graphe ci-dessous :



b) Ce graphe montre que les sept premiers points sont alignés sur une droite de pente $6,1 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ et passant par l'origine; jusqu'à une distance de 40 cm, la vitesse est une fonction linéaire du temps et le mouvement est uniformément accéléré; l'accélération est la pente de la droite, soit $a = 6,1 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

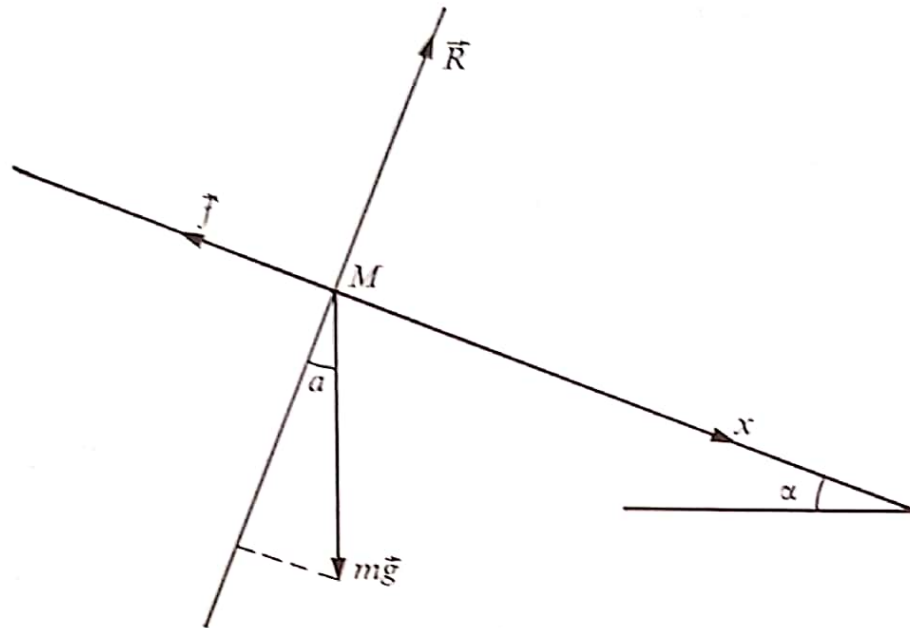
2) Appliquons le principe fondamental de la dynamique au solide; celui-ci est soumis à son poids $m\vec{g}$, à la réaction \vec{R} du support, supposée normale au support s'il n'y a pas de frottement solide, et à la résistance de l'air \vec{f} , donc $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{R} + \vec{f}$.

Puisque le mouvement est rectiligne, projetons la relation sur l'axe des x ; il vient $ma = mg \sin \alpha - f$, où α est l'angle que fait le plan incliné avec l'horizontale et f l'intensité de la résistance de l'air de sens contraire au vecteur vitesse (schéma page suivante).

Comme $\sin \alpha = h/L$, l'expression de l'accélération du solide est :

$$a = g \frac{h}{L} - \frac{f}{m}$$

SUJET 1



3) a) Si l'on néglige la résistance de l'air, l'accélération du solide est constante : c'est le cas au début du mouvement puisque la résistance de l'air augmente avec la vitesse et est nulle quand la vitesse est nulle. L'accélération du mouvement du solide est alors $a = gh/L$, soit numériquement $6,13 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$: cette valeur est parfaitement en accord avec la valeur déterminée graphiquement. La résistance de l'air est bien négligeable devant la projection du poids sur l'axe des x dans la première phase du mouvement.

b) L'accélération moyenne du mouvement entre deux positions est égale au rapport de la variation de vitesse à la variation de temps correspondante, soit numériquement $\langle a \rangle = 3,25 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. La diminution de l'accélération par rapport à la première phase du mouvement montre l'influence grandissante de la résistance de l'air.

La valeur moyenne $\langle f \rangle$ de f pendant cette période est déterminée par $\langle f \rangle = m(gh/L - \langle a \rangle)$, soit numériquement $\langle f \rangle = 1,73 \cdot 10^{-3} \text{ N}$.

La valeur numérique de la projection du poids $mg \sin \alpha$ sur l'axe des x est $3,68 \cdot 10^{-3} \text{ N}$: la résistance de l'air n'est effectivement plus négligeable devant la composante « utile » du poids lorsque x dépasse 40 cm.

Exercice 2

1) La vergence d'une lentille mince est l'inverse de la distance focale image ; la distance focale image de la première lentille est $\overline{OF}'_1 = 0,10 \text{ m} = 10 \text{ cm}$ et la distance focale image de la seconde lentille est $\overline{OF}'_2 = -0,125 \text{ m} = -12,5 \text{ cm}$; la première lentille est convergente : un faisceau de rayons parallèles arrivant sur cette lentille donne un

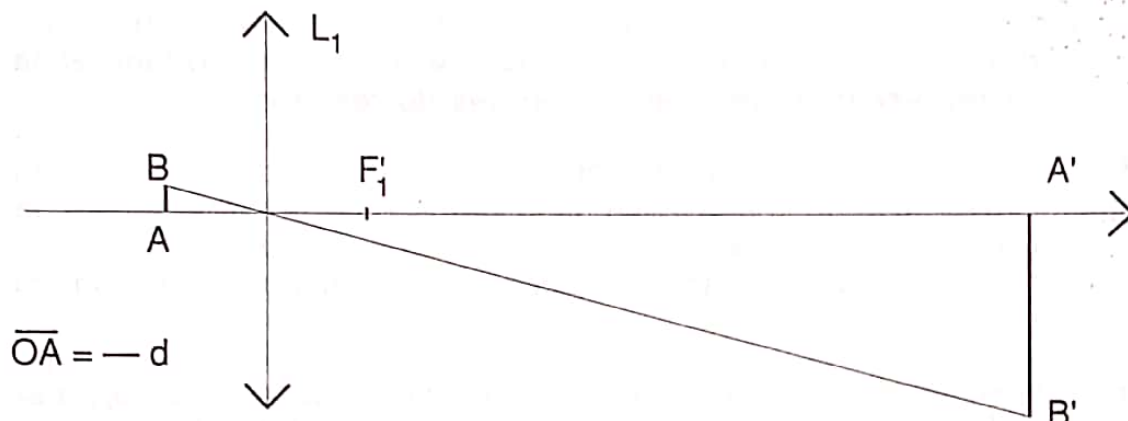
faisceau de rayons convergents ; la seconde lentille est divergente : un faisceau de rayons parallèles arrivant sur cette lentille donne un faisceau de rayons divergents semblant provenir d'une région située avant la lentille.

2) a) Pour obtenir une image réelle, après la lentille, d'un objet réel situé devant la lentille, il faut utiliser la lentille convergente.

b) Déterminons la position de l'image en utilisant la formule de conjugaison des lentilles minces : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'_1}$, soit $\overline{OA'} = 1,10 \text{ m}$

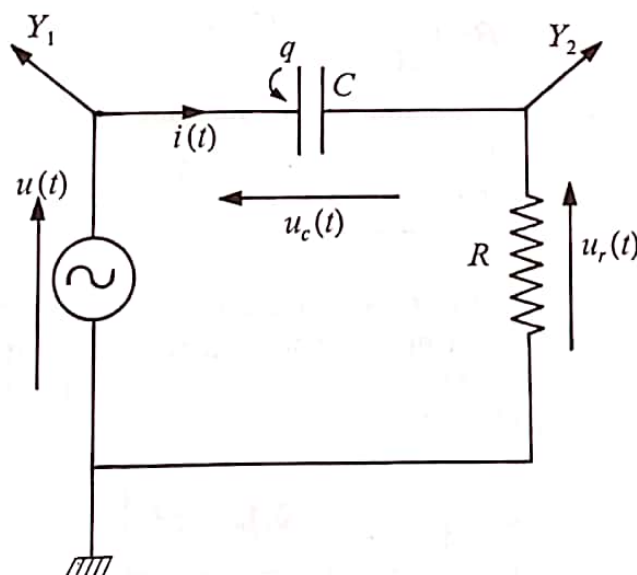
avec $\overline{OA} = -0,11 \text{ m}$ et $\overline{OF}'_1 = 0,10 \text{ m}$.

Le grandissement du dispositif est $\gamma = \overline{A'B'} / \overline{AB} = \overline{OA'} / \overline{OA} = -10$; l'image est renversée et dix fois plus grande que l'objet ; la hauteur de l'image de la diapositive est 24 cm.



Exercice 3

1) a) Le schéma du montage électrique est représenté ci-dessous :



SUJET 1

b) Si le courant circulant dans le circuit est $i(t) = I_m \cos \omega t$, nous savons que la tension aux bornes du résistor est $u_r(t) = RI_m \cos \omega t$, que la tension aux bornes du condensateur est

$$u_c(t) = \frac{I_m}{C\omega} \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

et que la tension aux bornes du générateur est

$$u(t) = U_m \cos(\omega t + \phi).$$

La construction de Fresnel permet de trouver l'amplitude de la tension $u(t)$ et son déphasage par rapport au courant :

$$U_m = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(C\omega)^2}} I_m \quad \text{et} \quad \tan \phi = -\frac{1}{RC\omega}.$$

L'amplitude U_m de la tension $u(t)$ aux bornes du générateur est donc supérieure à l'amplitude U_{rm} de la tension $u_r(t)$ aux bornes du résistor : **la courbe 1 représente la tension aux bornes du générateur et la courbe 2 représente la tension aux bornes du résistor.**

Remarque : On pourrait également raisonner sur le déphasage : un condensateur créant une avance de l'intensité (proportionnelle à la tension du résistor) sur la tension, la courbe en retard (1) représente donc la tension du générateur, et celle en avance (2), la tension du résistor.

c) Compte tenu des indications de l'énoncé, l'amplitude U_m est $3 \times 0,5 = 1,5 \text{ V}$ et l'amplitude U_{rm} est $1,8 \times 0,5 = 0,9 \text{ V}$; les valeurs efficaces des tensions sont donc respectivement **1,1 V** et **0,6 V**.

d) Puisque

$$U_m = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(C\omega)^2}} I_m \quad \text{et} \quad U_{rm} = RI_m,$$
$$R^2 + \frac{1}{(C\omega)^2} = \frac{U_m^2}{U_{rm}^2} R^2$$

donc :

$$C = \frac{1}{2\pi Rf} \cdot \frac{U_{rm}}{\sqrt{U_m^2 - U_{rm}^2}} = \mathbf{0,12 \mu F}$$

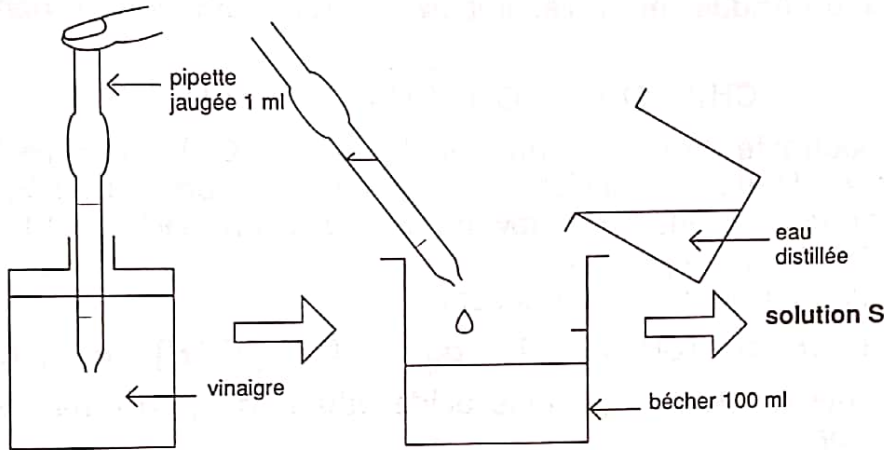
2) Nous savons qu'à la résonance en courant dans un circuit RLC série, le courant et donc la tension aux bornes du résistor ont une amplitude maximale et que la pulsation $\omega' = 2\pi f'$ est telle que la relation $LC\omega'^2 = 1$ soit vérifiée; alors :

$$C = \frac{1}{4\pi^2 L f'^2} = \mathbf{0,124 \mu F}$$

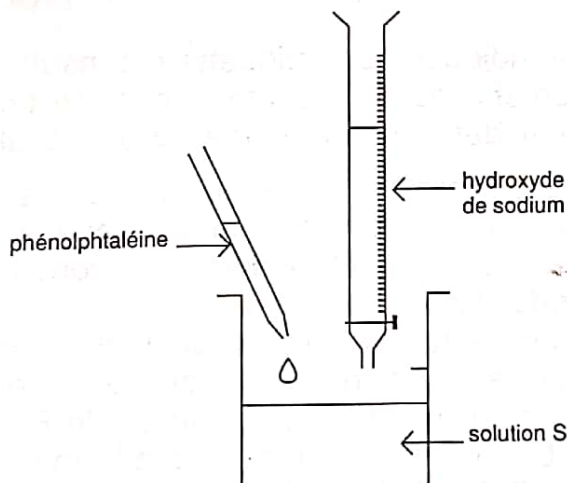
CHIMIE

Exercice 1

1) On prélève 1 ml de vinaigre à l'aide d'une pipette, on le verse dans une fiole jaugée de 100 ml et on complète ensuite à 100 ml par de l'eau distillée; on a alors une solution de vinaigre cent fois moins concentrée que la solution initiale en acide éthanóique : on obtient donc $v_a = 100$ ml d'une solution (S) de concentration $c' = c/100$ en acide éthanóique.



2) a) On verse la solution (S) dans un bécher et on ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine; on place ensuite la solution d'hydroxyde de sodium dans une burette graduée et on réalise le dosage de la solution (S) par la solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c_b = 0,100 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$. L'équivalence est atteinte lors du virage de l'indicateur coloré : on a alors versé $v_e = 11,0$ ml d'hydroxyde de sodium dans le bécher.



Si l'on n'avait pas dilué cent fois la solution initiale, il aurait fallu ajouter plus d'un litre de la solution d'hydroxyde de sodium pour atteindre l'équivalence!...

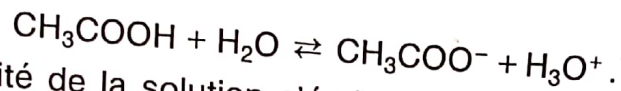
SUJET 1

b) L'équivalence est obtenue lorsque la quantité d'ions hydroxyde $c_b V_e$ ajoutés est égale à la quantité totale d'acide éthanóique (CH_3COOH) $c' v_a$ initialement introduite dans le bécher : $c' v_a = c_b V_e$. La concentration de l'acide éthanóique dans la solution (S) est donc

$$c' = 1,10 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}.$$

La concentration de l'acide éthanóique dans la solution initiale est $c = 1,10 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ et, la masse molaire de l'acide éthanóique étant 60 g, la concentration massique de l'acide éthanóique dans le vinaigre est $66,0 \text{ g} \cdot \ell^{-1}$.

3) L'équation traduisant la dissolution de l'acide éthanóique dans l'eau est :



L'électroneutralité de la solution s'écrit : $[\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$. Puisque le pH de la solution est égal à 3,35, on peut négliger la concentration des ions OH^- devant celle des ions H_3O^+ , et l'on peut écrire : $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$.

La conservation de la matière s'écrit :

$$c' = [\text{CH}_3\text{COOH}] + [\text{CH}_3\text{COO}^-], \text{ donc } [\text{CH}_3\text{COOH}] = c' - [\text{H}_3\text{O}^+].$$

La constante d'acidité du couple acide éthanóique/ion éthanóate est, par définition,

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}, \text{ donc } K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{c' - [\text{H}_3\text{O}^+]}$$

On obtient numériquement

$$K_a = 1,89 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \ell^{-1} \text{ et } \text{p}K_a = 4,72.$$

Exercice 2

1) La formule brute indiquée sur l'étiquette est insuffisante pour savoir quel est l'alcool contenu dans la bouteille compte tenu de l'existence d'isomères ayant, par définition, la même formule brute.

2) a) Le premier test permet de dire que l'alcool a été oxydé par la solution acide de dichromate de potassium puisque la solution passe de la couleur jaune à la couleur verte : **l'alcool est donc un alcool primaire ou un alcool secondaire.**

L'oxydant introduit en défaut oxyde l'alcool en aldéhyde s'il est primaire ou en cétone s'il est secondaire ; le second test permet de conclure puisque le produit formé réagit avec la liqueur de Fehling pour donner un précipité rouge brique après un léger chauffage : **le produit formé est un aldéhyde et l'alcool contenu dans la bouteille est un alcool primaire.**

b) Il existe trois alcools primaires ayant la formule brute $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$; il s'agit

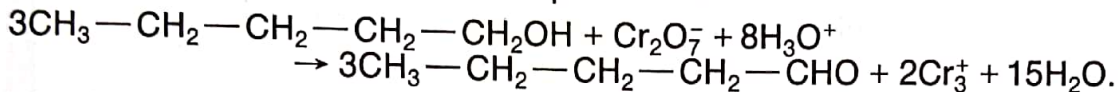
du pentanol-1 : $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{OH}$,

du méthyl-3 butanol-1 : $\text{CH}_3\text{—C(CH}_3\text{)H—CH}_2\text{—CH}_2\text{OH}$,

du diméthyl-2,2 propanol-1 : $\text{CH}_3\text{—C(CH}_3\text{)}_2\text{—CH}_2\text{OH}$.

c) Sachant que l'alcool étudié possède une structure linéaire, nous pouvons affirmer qu'il s'agit du **pentanol-1**.

L'équation-bilan de la réaction qui se produit entre l'alcool et le dichromate de potassium lors du premier test est :



L'aldéhyde formé lors de cette réaction est le **propanal**.

Points clés à retenir

Mécanique

Le principe fondamental de la dynamique, la détermination expérimentale de la vitesse, de l'accélération et de la résistance de l'air à partir d'un tableau de mesures ou d'un graphique.

Optique

La définition de la vergence, la formule de conjugaison des lentilles minces.

Électricité

La relation entre la capacité du condensateur, le coefficient d'auto-inductance de la bobine et la pulsation du générateur à la résonance en intensité.

Solutions aqueuses

Le mode opératoire lors d'une dilution et d'un dosage et les définitions classiques du cours : pH, électroneutralité, conservation de la matière et constante d'acidité d'un couple acide/base.

Chimie organique

La bonne connaissance des réactions du cours : oxydation des alcools et des aldéhydes.

Conseils de méthode

Mécanique

Vérifier la relation permettant de déterminer la valeur instantanée de la vitesse à l'aide des mesures inférieures à 80 cm et faire attention aux signes en projetant le principe fondamental de la dynamique sur l'axe des x.

Optique

Prendre garde aux signes des différentes valeurs algébriques lors de l'application de la formule de conjugaison des lentilles minces.

Solutions aqueuses

Utiliser les approximations que permettent certaines valeurs numériques.

PHYSIQUE

Exercice 1 (3 points)

Mécanique (mouvement d'un électron dans un champ électrique ou magnétique)

Exercice 2 (5 points)

Électricité (oscillations libres et forcées d'un dipôle RLC série)

Exercice 3 (5 points)

Optique (modèle de l'œil humain)

CHIMIE

Exercice 1 (2 points)

Chimie organique (caractérisation d'un aldéhyde)

Exercice 2 (5 points)

Solutions aqueuses (étude expérimentale)

ÉNONCÉ

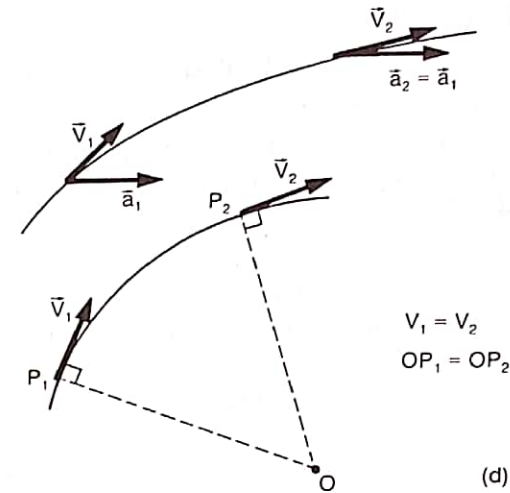
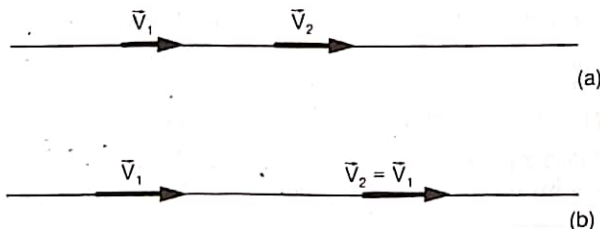
PHYSIQUE

Exercice 1

Les schémas de la figure 1 donnent des portions de trajectoires d'électrons lancés avec des vitesses de l'ordre de $10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ dans un champ uniforme soit électrostatique (\vec{E}) soit magnétique (\vec{B}).

Les vecteurs \vec{V}_1 et \vec{V}_2 représentent les vitesses des électrons à des instants quelconques t_1 et $t_2 > t_1$.

Lorsqu'il est représenté, le vecteur accélération est noté \vec{a} .



1) Identifier, pour chacun des cas, la nature du champ agissant et préciser sa direction et son sens.

Refaire les schémas a, b et d en les complétant afin d'y faire apparaître le vecteur accélération lorsqu'il existe.

2) Le schéma d correspond à un mouvement circulaire et uniforme. Établir l'expression donnant le rayon (R) de la trajectoire en fonction de :

— la charge (q), la masse (m) et la vitesse (v) de l'électron;

— l'intensité du champ agissant.

3) Un électron de quantité de mouvement $p = 1,2 \text{ MeV}/c$ est-il relativiste? Calculer son énergie.

Exprimer le rayon de courbure de sa trajectoire s'il est lancé avec cette quantité de mouvement perpendiculairement à la direction du vecteur \vec{B} associé à un champ magnétique uniforme.

Calculer ce rayon pour $B = 0,50 \text{ T}$.

Données :

— masse d'un électron : $m = 0,91 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$ ou $0,51 \text{ MeV}/c^2$;

— charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$;

— célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Remarque : les trois questions peuvent être traitées de façon indépendante.

Exercice 2

Étude expérimentale d'oscillations électriques

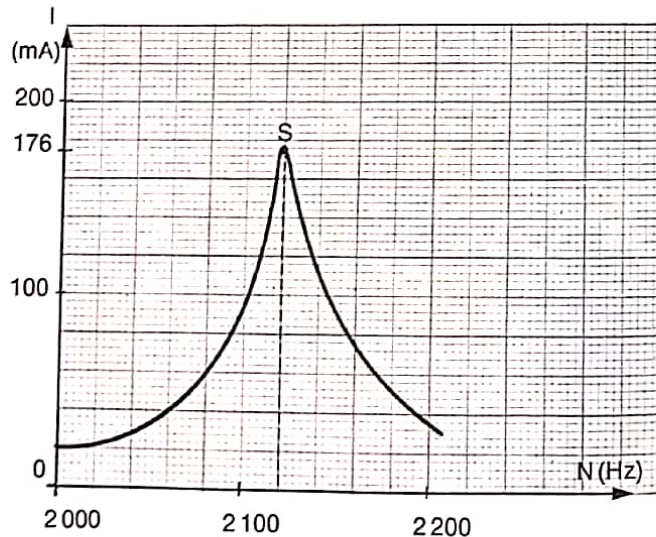
Matériel disponible :

- un générateur basse fréquence (GBF) pouvant fournir des signaux triangulaires, rectangulaires ou sinusoïdaux ;
- un oscilloscope ;
- un condensateur de capacité $C = 100 \text{ nF}$;
- une bobine d'inductance $L = 0,058 \text{ H}$, de résistance $r = 10 \text{ } \Omega$;
- des dipôles ohmiques de résistances : $10 \text{ } \Omega$, $100 \text{ } \Omega$, $1 \text{ k}\Omega$ et $10 \text{ k}\Omega$;
- un rhéostat de résistance $R = 100 \text{ } \Omega$.

(Les valeurs fournies sont connues avec une tolérance de 10 %.)

A) Oscillations libres

1) Faire le schéma d'un montage permettant de visualiser, sur l'écran de l'oscilloscope, les oscillations propres d'un dipôle comportant en série la bobine et le condensateur disponibles, en faisant apparaître tous les éléments indispensables et les divers branchements.



Quelle doit être la forme du signal délivré par le GBF pour observer une succession de charges et décharges du condensateur ?

- 2) Quelle serait la fréquence des oscillations obtenues si elles étaient parfaitement sinusoïdales ?
Combien peut-on observer d'oscillations lors d'une décharge du condensateur si la fréquence du signal GBF est 200 Hz ?
Pourquoi ces oscillations ne sont-elles pas sinusoïdales ?

B) Oscillations forcées

La bobine et le condensateur sont montés en série avec un ampèremètre et le GBF utilisé en mode sinusoïdal de telle sorte que la tension efficace à ses bornes soit maintenue constante, de valeur : $2,0 \text{ V}$.
Des mesures d'intensité efficace (I) faites pour diverses valeurs de la fréquence (N) fournies par le générateur permettent d'obtenir la courbe de la figure 2.

- 1) Il y a résonance d'intensité pour un dipôle RLC série alimenté par une tension sinusoïdale de pulsation ω lorsque celle-ci prend une valeur $\omega_0 = 2\pi N_0$. Exprimer ω_0 et l'impédance correspondante du dipôle en fonction de L , C et R .
Calculer N_0 si $L = 0,058 \text{ H}$ et $C = 0,100 \text{ } \mu\text{F}$.
- 2) Les coordonnées du point S de la courbe sont-elles compatibles avec les valeurs fournies pour r , L et C ?
- 3) Définir puis déterminer graphiquement la bande passante (en fréquence) du dipôle étudié.
- Remarque : les parties A) et B) sont indépendantes.*

Exercice 3

A) Questions

- 1) Rappeler les lois de la réfraction.
2) Indiquer les conditions de l'approximation de Gauss.
3) Donner la signification de toutes les lettres puis de toutes les grandeurs apparaissant dans les formules suivantes :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}; \quad \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

B) Exercices

1) a) Un élève possède une lentille mince. Comment peut-il vérifier rapidement que cette lentille est convergente et que sa distance focale est 5,0 cm ?

b) Il regarde un objet de 1,2 cm, assimilable à un segment de droite parallèle à la lentille. Il veut obtenir une image virtuelle 4 fois plus grande que l'objet. Où doit-il placer l'objet ? Indiquer où se trouve l'image.

Vérifier le résultat obtenu par une construction graphique en vraie grandeur.

2) a) Cet élève a un œil « normal » qui peut être assimilé à une lentille convergente dont le centre optique est à 15 mm de la rétine ; lorsque cet œil regarde un objet à l'infini, l'image se forme avec netteté sur la rétine. Quelle est la vergence de cet œil ?

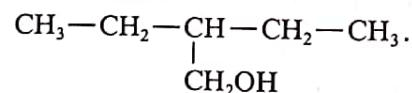
b) Pour voir net à distance finie il doit accommoder ; sachant que lorsqu'il accommode au maximum l'augmentation de la vergence est $A = (16 - 0,3x)$ dioptries avec x l'âge de l'élève en années, calculer la vergence maximale de l'œil de cet élève de 18 ans ainsi que sa distance minimale de vision distincte.

Remarque : les parties A) et B) sont indépendantes.

CHIMIE

Exercice 1

Soit l'alcool de formule :



- 1) Donner le nom de cet alcool et préciser sa classe.
- 2) Indiquer le nom de l'alcane ayant le même squelette carboné.
- 3) Donner le nom et la formule du premier produit, appelé A , obtenu par oxydation ménagée de cet alcool.

4) Indiquer dans la liste suivante le ou les réactifs qui permettent de caractériser A :

- solution aqueuse de chlorure d'ammonium ;
- liqueur de Fehling ;
- ion diamine argent I ou réactif de Tollens ;
- hélianthine ;
- sulfate de cuivre II.

Exercice 2

Matériel et produits disponibles :

- Matériel :
pH-mètre ;
fioles jaugées de 100 ml, 500 ml et 1 l ;
pipettes jaugées de 5 ml, 10 et 20 ml ;
burette de 25 ml, graduée au 1/20 ;
bêchers et erlenmeyers.
- Produits :
- une solution commerciale d'acide méthanoïque, notée S_1 , contenue dans un flacon portant les indications : densité relative à l'eau : 1,18 ; pourcentage en masse du produit pur : 80 % ; sa concentration c_1 est donc de l'ordre de $20 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$;
- une solution d'acide méthanoïque du laboratoire, notée S_2 , de concentration c_2 voisine de $0,050 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$;
- une solution d'hydroxyde de sodium environ décimolaire ;
- une solution d'hydroxyde de potassium exactement décimolaire ;
- hélianthine et phénolphtaléine.

Objectifs :

- Déterminer les valeurs de c_1 et c_2 avec la meilleure précision possible.
- Rechercher la valeur du pK_a du couple acide méthanoïque/ion méthanoate dans les conditions du laboratoire.

1) Détermination de c_1 .

Ce projet conduit à préparer, à partir de la solution S_1 , une solution diluée S , de concentration c .

a) Pourquoi n'est-il pas envisageable de doser directement la solution commerciale ?

b) Parmi les choix possibles, nous retiendrons la valeur $c = c_1/100$. Décrire les opérations à effectuer pour préparer S en précisant les choix des matériels utilisés et les précautions d'utilisation.

c) Cette solution S est dosée en présence d'un indicateur coloré. En les justifiant rapidement, donner les choix à faire :

— de la solution basique à utiliser;

— de l'indicateur coloré;

— du volume v_a de solution acide à prélever pour que l'équivalence soit obtenue pour un volume de solution basique v_b voisin de 20 ml.

d) Les résultats expérimentaux conduisent à $c_1 = 20,4 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$. Comparer cette valeur à celle que donne le calcul fait à partir des indications portées par le flacon.

2) Détermination de c_2 et du pK_a .

Les valeurs de c_2 et du pK_a du couple acide méthanoïque/ion méthanoate sont déterminées à partir du travail suivant :

— un volume $V = 20 \text{ ml}$ de la solution S_2 est placé dans un bécher;

— un volume V' de la solution d'hydroxyde de potassium est ajouté;

— le pH du mélange obtenu est mesuré.

Pour diverses valeurs de V' , les résultats obtenus sont les suivants :

V' (ml)	0	1,0	2,0	3,0	5,0	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0
pH	2,4	2,7	2,9	3,1	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,3

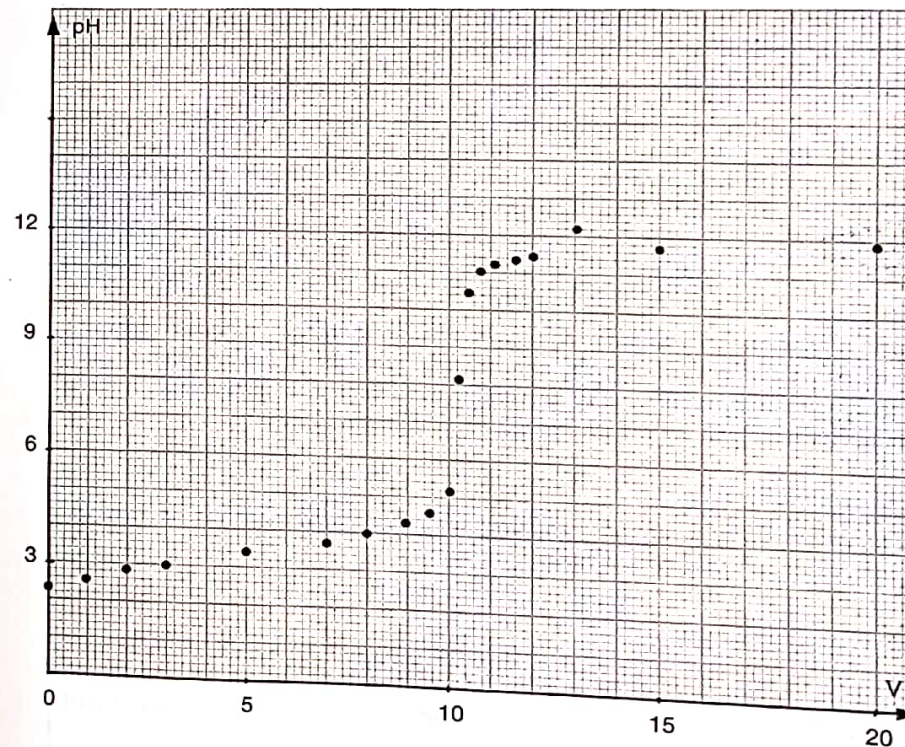
V' (ml)	10,25	10,5	10,75	11,0	11,5	12,0	13,0	15,0	20,0
pH	8,2	10,5	11	11,2	11,4	11,5	12,2	11,7	11,9

a) L'une des mesures est aberrante; laquelle? Quelles sont les raisons possibles de cette erreur ?

b) Tracer, sur l'annexe à rendre avec la copie, la courbe représentant les variations du pH du mélange des solutions en fonction de V' .

Exploiter le graphique obtenu pour déterminer les valeurs de c_2 et du pK_a . (Tous les calculs seront justifiés.)

Reproduction de la feuille annexe



SUJET 2

c) Avec quelle précision la valeur du pK_a est-elle obtenue?

Données : masses molaires atomiques

$$M(\text{H}) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; \quad M(\text{C}) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1};$$

$$M(\text{O}) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Remarque : les parties 1) et 2) sont indépendantes.

Lire l'énoncé

Mécanique

Il s'agit d'identifier la nature, la direction et le sens du champ, électrique ou magnétique, agissant sur un électron; on étudie ensuite le mouvement de cet électron soumis à un champ magnétique, en mécanique classique puis en mécanique relativiste.

Électricité

L'exercice comporte deux parties indépendantes : l'étude des oscillations libres pseudo-sinusoïdales d'un circuit *RLC* série dans la première et des oscillations forcées dans la seconde en se plaçant à la résonance en intensité.

Optique

Après quelques questions de cours, on se propose d'étudier quelques propriétés d'une lentille mince convergente symbolisant l'œil humain : calcul de la vergence, construction géométrique de l'image et détermination de la distance minimale de vision distincte en fonction de l'âge.

Chimie organique

Cet exercice, très proche du cours, s'intéresse aux réactions de caractérisation possibles d'un aldéhyde.

Solutions aqueuses

L'exercice propose de déterminer la concentration d'une solution commerciale d'acide méthanoïque par dilution et dosage par une solution d'hydroxyde de potassium, puis de retrouver la valeur de la constante d'acidité du couple acide méthanoïque/ion méthanoate.

CORRIGÉ

PHYSIQUE

Exercice 1

1) Un électron de charge $q < 0$ est soumis à la force $q\vec{E}$ dans un champ électrique \vec{E} et à la force de Lorentz $q\vec{v} \wedge \vec{B}$ dans un champ magnétique \vec{B} . On néglige le poids de l'électron devant les forces électrique et magnétique.

Les cas (b) et (d) correspondent à la trajectoire de l'électron dans un champ magnétique; en effet, la force de Lorentz ne travaille pas et, d'après le théorème de l'énergie cinétique, la vitesse de l'électron garde une norme constante au cours du mouvement.

Dans le cas (b), la direction et le sens de la vitesse sont également constantes : l'accélération de l'électron est donc nulle, de même que la force de Lorentz, d'après le principe fondamental de la dynamique; le champ magnétique \vec{B} est colinéaire à la vitesse.

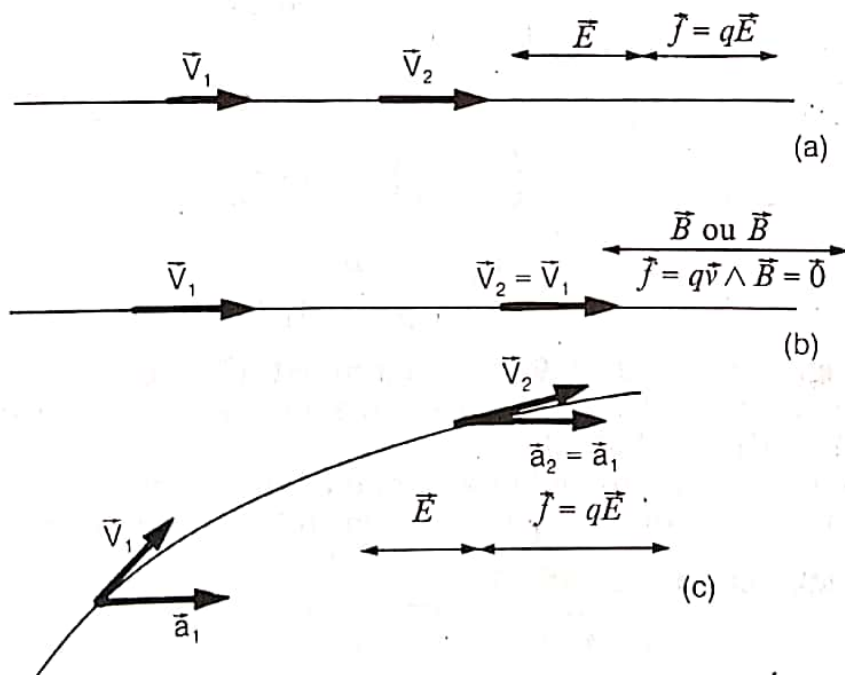
Dans le cas (d), la trajectoire est circulaire : le champ magnétique \vec{B} est orthogonal au plan de la trajectoire.

Les cas (a) et (c) correspondent à la trajectoire de l'électron dans un champ électrique; en effet, d'après le principe fondamental de la dynamique, $m\vec{a} = q\vec{E}$: l'accélération de l'électron est constante au cours du mouvement et de sens contraire au champ électrique.

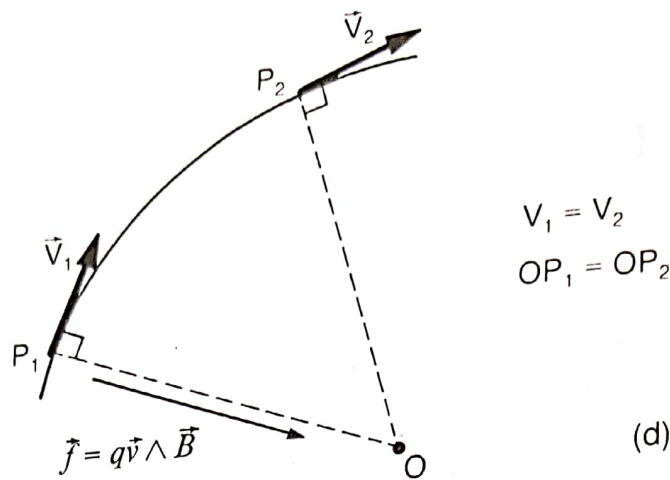
Dans le cas (a), le champ électrique est colinéaire à la vitesse et accélère l'électron vers la droite.

Dans le cas (c), le champ électrique dévie la trajectoire de l'électron.

Les champs sont indiqués sur le schéma ci-dessous :



SUJET 2



2) Appliquons le principe fondamental de la dynamique à l'électron uniquement soumis à la force de Lorentz : $m\vec{a} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$.
Si l'on suppose que le mouvement de l'électron est circulaire et uniforme, l'accélération s'écrit $\vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{n}$ dans la base de Frenet, R étant

le rayon de la trajectoire.

Puisque la charge de l'électron est négative, $q\vec{v} \wedge \vec{B} = |q| vB\vec{n} = evB\vec{n}$, il vient $m \frac{v^2}{R} = evB$ et :

$$R = \frac{mv}{eB}$$

3) Nous savons que la quantité de mouvement d'une particule relativiste est $\vec{p} = \gamma m \vec{v}$, en utilisant les notations classiques du cours; déterminons la valeur numérique du facteur v/c :

$$p^2 = \gamma^2 m^2 v^2 = \frac{m^2 v^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

donc

$$\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) p^2 = m^2 v^2$$

et

$$\frac{v}{c} = \frac{p}{\sqrt{p^2 + m^2 c^2}}$$

Numériquement, $v/c = 0,92$: l'électron est relativiste.

Le facteur γ vaut alors 2,56 et l'énergie de l'électron, $E = \gamma mc^2$, a comme valeur numérique 1,30 MeV.

Le rayon de courbure de la trajectoire en mécanique relativiste s'obtient en remplaçant m par γm dans la relation donnant ce rayon en

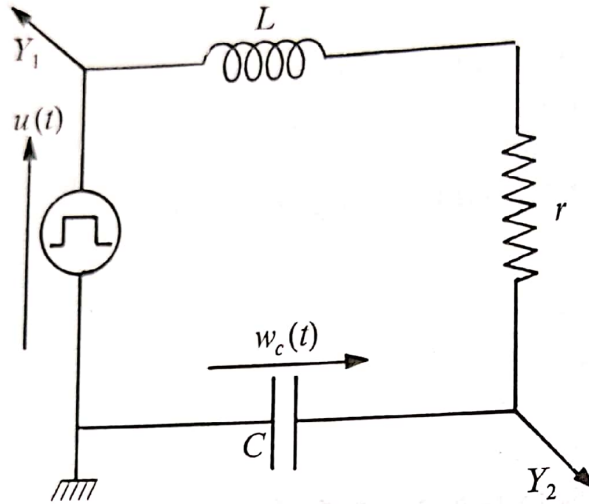
mécanique classique, soit $R = \frac{\gamma m v}{eB} = \frac{p}{eB}$.

Numériquement, $R = 8 \cdot 10^{-3} = 8 \text{ mm}$.

Exercice 2

A) Oscillations libres

1) Le schéma permettant de visualiser les oscillations propres du dipôle par l'intermédiaire de la tension du condensateur est représenté ci-dessous :



Pour observer une succession de charges et de décharges du condensateur, le GBF doit délivrer des signaux rectangulaires.

2) Si les oscillations étaient parfaitement sinusoïdales, la pulsation des oscillations serait ω_0 telle que $LC\omega_0^2 = 1$; la période des oscillations serait donc :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC} = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

Si la fréquence du signal est 200 Hz, sa période est $T = 5 \text{ ms}$ et sa demi-période 2,5 ms; pendant une charge ou une décharge du condensateur, on observe $T/2T_0$ oscillations, soit **un peu plus de cinq oscillations**.

Les oscillations ne sont pas exactement sinusoïdales à cause de la résistance non nulle du circuit : le signal est donc en fait **pseudo-périodique amorti**.

B) Oscillations forcées

1) Il y a résonance en intensité pour un dipôle RLC série lorsque la pulsation ω prend une valeur ω_0 telle que $LC\omega_0^2 = 1$, donc

$$\omega_0 = 2\pi N_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \text{ numériquement } N_0 = 2090 \text{ Hz.}$$

L'impédance du dipôle est alors minimale et se réduit à la résistance R du circuit.

SUJET 2

- 2) Les coordonnées du point S de la courbe sont **2 120 Hz** pour la fréquence et $I_{\max} = 176 \text{ mA}$ pour l'intensité efficace : puisque la tension efficace aux bornes du dipôle est 2 V, la résistance du dipôle est $2/0,176 = 11,4 \Omega$.
La valeur de la fréquence de la résonance en intensité déterminée sur la courbe est parfaitement compatible avec la valeur théorique calculée précédemment ; la valeur de la résistance du dipôle est en revanche légèrement supérieure à la résistance de la bobine, même en tenant compte de la tolérance de 10 %.
- 3) La bande passante de ce dipôle est l'ensemble des fréquences correspondant à une intensité supérieure à $I_{\max}/\sqrt{2} = 124 \text{ mA}$. Graphiquement, on détermine les deux fréquences limites : 2 108 Hz et 2 136 Hz ; **la bande passante est donc 28 Hz.**

Exercice 3

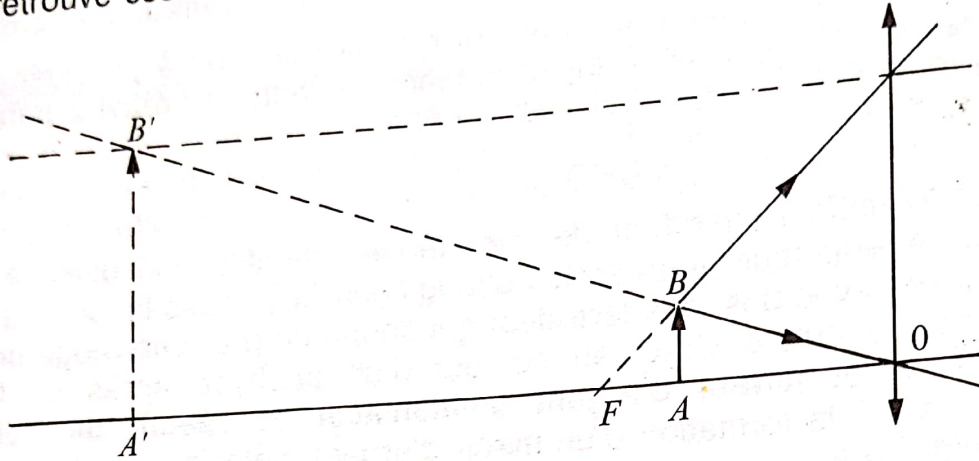
A) Questions

- 1) Les deux lois de la réfraction de Descartes sont les suivantes :
- le rayon réfracté est dans le plan d'incidence ;
 - le rapport du sinus de l'angle d'incidence i au sinus de l'angle de réfraction i' est constant : $\sin i = n \sin i'$ où n est l'indice de réfraction relatif du milieu dans lequel se propage la lumière réfractée par rapport au milieu dans lequel se propage la lumière incidente.
- 2) Les deux conditions de l'approximation de Gauss sont les suivantes :
- les rayons lumineux font un petit angle avec l'axe optique de la lentille ;
 - les rayons lumineux rencontrent la lentille au voisinage de sa région centrale.
- Utilisée dans ces conditions, une lentille donne des images nettes.
- 3) La première relation est la formule de conjugaison des lentilles minces : O est le centre optique de la lentille, F' le foyer principal image, A le point de l'objet appartenant à l'axe optique et A' le point de l'image de cet objet appartenant à l'axe optique.
La seconde relation permet de trouver la taille de l'image $A'B'$ en fonction de la taille de l'objet AB , placé perpendiculairement à l'axe optique, et de sa position par rapport à la lentille.

B) Exercice

- 1) a) Cet élève fait l'image d'un objet très éloigné sur un écran ; lorsque l'image est nette, l'écran est dans le plan focal image de la lentille convergente et la distance entre la lentille et l'écran est égale à la distance focale : il doit alors mesurer 5,0 cm.

b) Pour obtenir une image virtuelle droite $A'B'$ d'un objet réel AB , cet objet doit être situé entre le foyer principal objet et la lentille. L'image étant quatre fois plus grande que l'objet, $A'B' = 4AB$ et $\overline{O'A'} = 4\overline{OA}$ d'après la seconde relation proposée par l'énoncé; d'après la formule de conjugaison des lentilles minces, $\overline{OA} = -3,75 \text{ cm}$ et $\overline{OA'} = -15,0 \text{ cm}$. Les calculs confirment bien la position de l'objet. On retrouve ces résultats par la construction graphique ci-dessous :



2) a) La vergence de l'œil exprimée en dioptries est l'inverse de la distance focale image exprimée en mètres. Comme l'image d'un objet à l'infini se forme avec netteté sur la rétine, la distance focale image de la lentille est 15 mm et la vergence de l'œil est

$$C = 66,7 \delta.$$

b) Lorsque l'élève accommode au maximum, la vergence de l'œil est $C' = C + 16 - 0,3x$ où x est l'âge de l'élève; à dix-huit ans, la vergence de l'œil est donc $C' = 77,3 \delta$ et la distance focale image correspondante $\overline{OF'} = 12,9 \text{ mm}$.

Il faut donc déterminer la position \overline{OA} d'un objet donnant, par une lentille convergente de distance focale image 12,9 mm, une image sur la rétine, c'est-à-dire telle que $\overline{OA'} = 15 \text{ mm}$.

D'après la formule de conjugaison des lentilles minces.

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \quad \text{avec} \quad \frac{1}{\overline{OA'}} = C$$

et $\frac{1}{\overline{OF'}} = C' = C + 16 - 0,3x$ d'après ce qui précède; donc :

$$\overline{OA} = \frac{-1}{16 - 0,3x} \quad (\text{en mètres})$$

On constate que la distance minimale de vision distincte, ou punctum proximum, augmente avec l'âge; à dix-huit ans, cette distance est $9,4 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 9,4 \text{ cm}$.

SUJET 2

CHIMIE

Exercice 1

- 1) L'alcool proposé par l'énoncé est un alcool primaire, l'éthyl-2 butanol-1.
- 2) L'alcane ayant le même squelette carboné est le méthyl-3 pentane.
- 3) L'oxydation ménagée d'un alcool primaire conduit à un aldéhyde : l'oxydation ménagée de l'éthyl-2 butanol-1 conduit à l'éthyl-2 butanal, de formule
$$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CHO}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3.$$

4) Les réactifs permettant de caractériser un aldéhyde utilisent son caractère réducteur : **liqueur de Fehling** (ions Cu^{2+} sous la forme d'ions complexes avec des ions tartrates) qui donne un précipité rouge brique d'oxyde de cuivre Cu_2O au contact d'un aldéhyde après un léger chauffage, et **nitrate d'argent ammoniacal** ou **réactif de Tollens** conduisant à la formation d'un miroir d'argent métallique par réduction d'un aldéhyde.

Exercice 2

1) Détermination de c_1

a) Il n'est pas envisageable de doser directement la solution commerciale car le volume de solution basique à verser pour atteindre l'équivalence serait beaucoup trop important ; en effet, supposons que l'on prélève 10 ml de la solution commerciale dont la concentration est environ $20 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$, le volume d'une solution basique environ décimolaire nécessaire pour atteindre l'équivalence serait alors d'environ 2 litres ! Cela ne paraît guère raisonnable !

b) On désire diluer cent fois la solution commerciale pour obtenir une solution S ; pour cela, on prélève 5 ml de la solution commerciale à l'aide d'une pipette jaugée que l'on verse ensuite dans une fiole jaugée de 500 ml ; on complète alors la fiole par de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge ; on a ainsi préparé 500 ml de la solution S de concentration $c = c_1/100$, voisine de $0,2 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$.

c) La solution basique à utiliser doit avoir une concentration connue avec la plus grande précision possible : nous allons choisir la solution d'hydroxyde de potassium exactement décimolaire.

Puisqu'à l'équivalence existe la relation $c_1 V_a = c_b V_b$, nous allons prélever $V_a = 10 \text{ ml}$ de solution acide pour obtenir un volume basique d'environ 20 ml à l'équivalence.

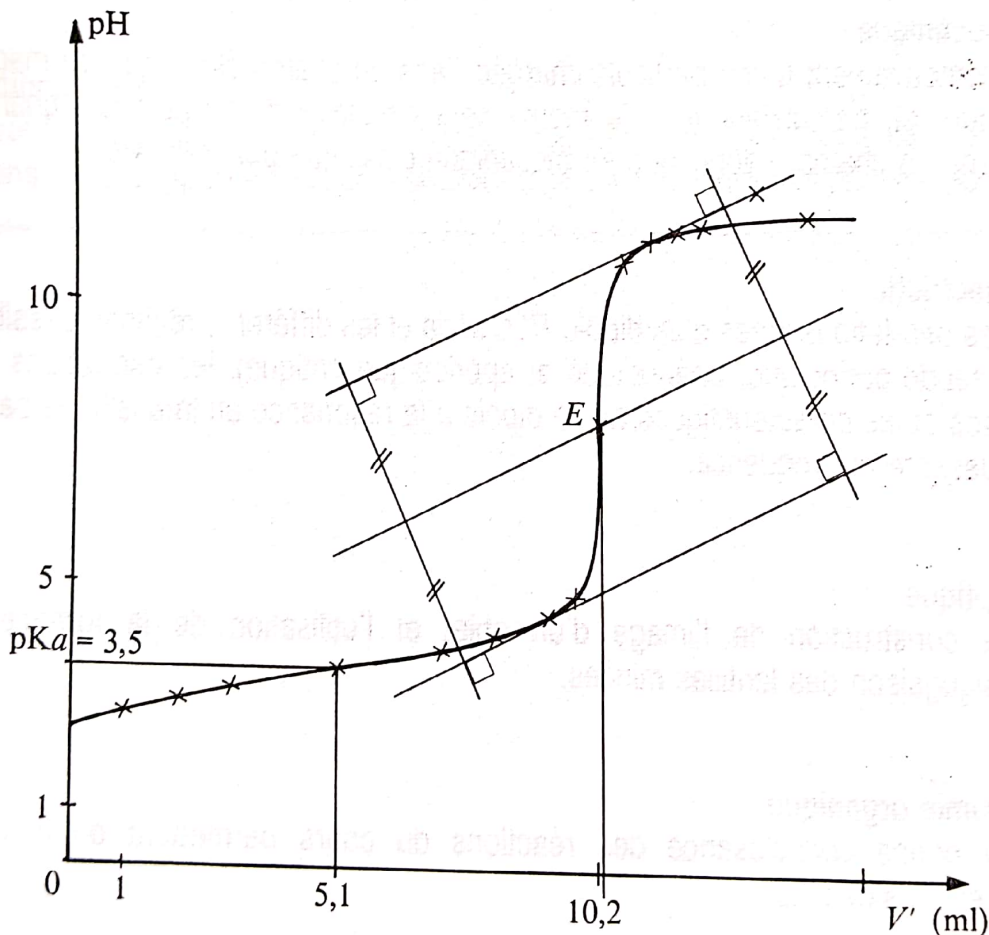
À l'équivalence, le pH est de l'ordre de 8 : nous allons utiliser la phénolphthaléine, dont la zone de virage est 8,2-10, et non l'hélianthine dont la zone de virage est 3,1-4,4.

d) La densité relative de la solution commerciale par rapport à l'eau est 1,18 : un litre de solution a donc une masse de 1 180 g ; le pourcentage en masse du produit pur est 80 % : un litre de solution contient une masse d'acide méthanoïque de $1\ 180 \times 0,80 = 944$ g ; la masse molaire de l'acide méthanoïque étant $46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, un litre de solution contient $944/46 = 20,52$ moles : ceci est en accord avec les résultats expérimentaux, qui conduisent à $c_1 = 20,4 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$, à 0,5 % près.

2) Détermination de c_2 et du pK_a

a) La mesure effectuée à 13,0 ml est aberrante puisque le pH y atteindrait un maximum ! On peut attribuer cette erreur à une mauvaise homogénéisation du mélange, les espèces basiques ayant une concentration localement supérieure à la moyenne au voisinage de l'électrode.

b) La courbe ci-dessous représente les variations du pH du mélange en fonction de V' :



Le graphique ci-dessus permet de déterminer le volume équivalent : on obtient **10,2 ml** ; puisqu'à l'équivalence existe la relation $c_2 V = c_b V'$, la concentration de la solution S_2 est

$$c_2 = 5,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}.$$

SUJET 2

A la demi-équivalence, c'est-à-dire pour un volume de solution d'hydroxyde de sodium versé de 5,1 ml, le pH de la solution est égal au pK_a du couple acide méthanoïque/ion méthanoate : on obtient ainsi $pK_a = 3,5$.

c) Le volume équivalent est déterminé à 0,1 ml près environ ; ainsi, le volume de solution basique versé à la demi-équivalence est compris entre 5,0 et 5,2 ml et la valeur correspondante du pH est 3,5 à mieux de 0,05 unité près : le pK_a du couple acide méthanoïque/ion méthanoate est donc déterminé à 0,05 unité de pH près.

Points clés à retenir

Mécanique
Le mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique ou magnétique, et, particulièrement, le mouvement circulaire d'une particule chargée dans un champ magnétique en mécanique classique puis relativiste.

Électricité
Les oscillations libres d'un dipôle *RLC* série et les différents régimes possibles (pseudo-périodique, aperiodique et aperiodique critique), les oscillations forcées et les caractéristiques de ce dipôle à la résonance en intensité, la bande passante en fréquence.

Optique
La construction de l'image d'un objet et l'utilisation de la formule de conjugaison des lentilles minces.

Chimie organique
La bonne connaissance des réactions du cours permettant de caractériser un aldéhyde.

Solutions aqueuses
Les définitions classiques du cours : pH et constante d'acidité d'un couple acide/base, les dosages acido-basiques et leur exploitation, le mode opératoire d'une dilution et l'utilisation des indicateurs colorés.

Conseils de méthode

Mécanique

Ne pas confondre l'action d'un champ électrique et l'action d'un champ magnétique sur une particule chargée, bien déterminer le sens du champ correspondant à la situation envisagée.

Électricité

Ne pas oublier l'influence de la résistance sur la nature des oscillations libres.

Optique

Il faut bien comprendre, dans cet exercice, que la distance entre le centre optique de la lentille et la rétine est constante, mais que c'est la distance focale de la lentille qui varie lorsque l'œil accommode.

Solutions aqueuses

Utiliser le bon indicateur coloré lors du dosage, savoir exploiter judicieusement la densité par rapport à l'eau et le pourcentage en masse donnés par l'énoncé.

3 - BESANÇON, DIJON, GRENOBLE, LYON, NANCY-METZ, REIMS, STRASBOURG

PHYSIQUE

Exercice 1 (4 points)

Mécanique (étude d'un satellite géostationnaire)

Exercice 2 (3,5 points)

Champ magnétique (champ magnétique créé par un solénoïde, énergie électromagnétique)

Exercice 3 (5,5 points)

Optique (quelques propriétés des lentilles minces)

CHIMIE

Exercice 1 (4 points)

Solutions aqueuses (constante d'acidité du couple acide méthanoïque/ion méthanoate)

Exercice 2 (3 points)

Chimie organique (réactions caractéristiques des alcools, aldéhydes, cétones, acides carboxyliques et dérivés d'acides)

ÉNONCÉ

PHYSIQUE

Exercice 1

On utilise les notations suivantes :

Masse de la Terre : $M_T = 5,98 \times 10^{24}$ kg.

Rayon de la Terre : $R_T = 6,37 \times 10^6$ m.

Constante de gravitation universelle :

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}.$$

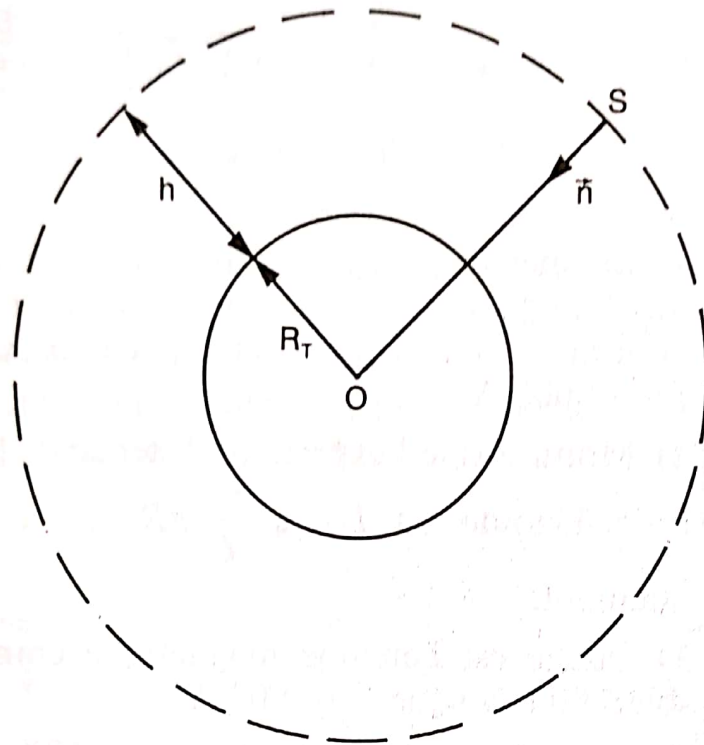
Jour sidéral : $J_S = 8,62 \times 10^4$ s (période de révolution de la Terre autour de l'axe des pôles dans le repère géocentrique).

Dans le repère géocentrique R d'origine O centre de la Terre, on considère un satellite S décrivant une orbite circulaire centrée sur O et située dans le plan équatorial. Le satellite, assimilé à une masse ponctuelle m

($m = 2 \times 10^3$ kg), est soumis uniquement à la force gravitationnelle de la Terre (Fig. 1) :

$$\vec{F} = G \frac{mM_T}{r^2} \vec{n} \quad \text{où} \quad r = \|\vec{SO}\|$$

et
$$\vec{n} = \frac{\vec{SO}}{r} \quad (\|\vec{n}\| = 1).$$



- 1) Montrer que le mouvement circulaire est uniforme.
- 2) Établir l'expression de la vitesse v et de la période de révolution T du satellite dans R en fonction de G , M_T , R_T et h , h étant l'altitude du satellite.
- 3) On veut que ce satellite, utilisé pour les télécommunications, soit géostationnaire, c'est-à-dire qu'il paraisse immobile pour un observateur terrestre.
 - a) Quel doit être le sens de sa rotation autour de l'axe des pôles?
 - b) Calculer l'altitude à laquelle doit se trouver ce satellite.
 - c) Tous les satellites géostationnaires sont sur cette même orbite. Ceci implique-t-il qu'ils aient :
 - la même masse?
 - la même vitesse?
 Justifier les réponses.

Exercice 2

On donne $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ unités S.I.
 Dans un laboratoire de recherche, une bobine servant à créer des champs magnétiques très intenses est assimilée à un solénoïde long de longueur $\ell = 1$ m, comportant $N = 16000$ spires de rayon $R = 20$ cm, qui est schématisé sur la figure 1.

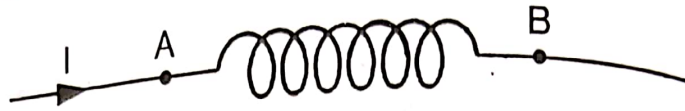


Fig. 1

1) Donner les caractéristiques (direction, sens, intensité) du champ magnétique — supposé uniforme dans tout le volume du solénoïde — créé par le passage d'un courant $I = +1000$ A.

2) Montrer que l'expression littérale de l'auto-inductance du solénoïde est $L = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} \pi R^2$ et la calculer numériquement.

3) Quelle est l'énergie magnétique emmagasinée par le solénoïde lorsque $I = 1000$ A ?

4) La bobine a une résistance $r = 10 \Omega$ et est alimentée par un générateur de f.é.m. E_0 . Le circuit est schématisé sur la figure 2.

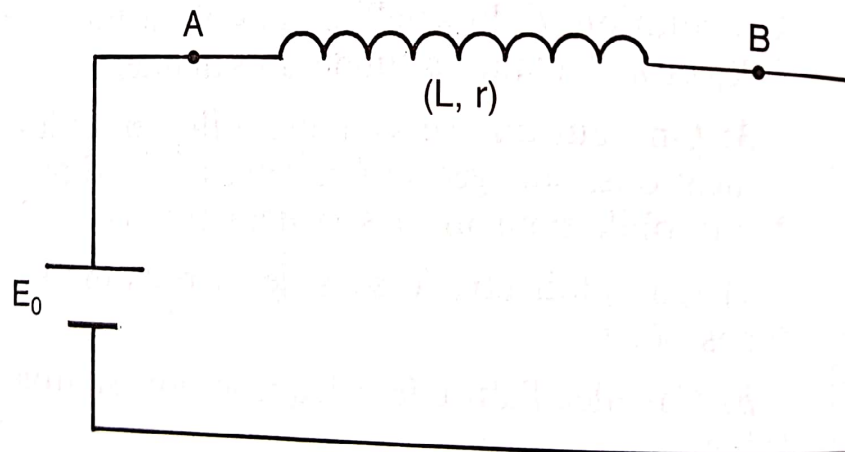


Fig. 2

a) Quelle est la puissance fournie par le générateur en régime permanent, I étant maintenu à 1000 A ?

b) Est-il nécessaire de prévoir un refroidissement énergétique de la bobine ? Justifier la réponse.

Exercice 3

On se propose d'étudier quelques propriétés des lentilles minces.

On dispose :

- d'un banc d'optique sur lequel vont glisser les différents appareils,
- d'une lanterne éclairant une plaque dans laquelle on a découpé une flèche (cette flèche fera office d'objet lumineux pour la lentille),
- d'un support pour la lentille étudiée,
- d'un support pour un écran.

Les positions de l'objet lumineux, de la lentille, de l'écran, peuvent être repérées, par des index, sur une règle solidaire du banc.

L'objet AB et la lentille sont perpendiculaires au banc et le point A est sur l'axe optique de la lentille (Fig. 1).

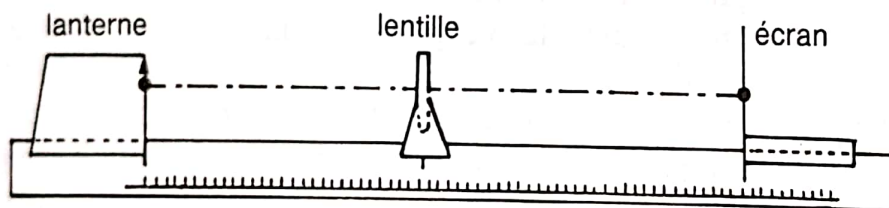


figure 1

1) On constate en nettoyant la lentille qu'elle est plus épaisse au centre que sur les bords. Quelle conclusion peut-on tirer sur la nature de cette lentille? Pourquoi est-il commode d'utiliser un banc d'optique?

2) La lentille est placée dans une position déterminée puis on déplace l'écran pour obtenir une image nette. On réalise ainsi plusieurs mesures consignées dans le tableau (1) (feuille jointe à rendre avec la copie).

a) Compléter ce tableau (1) en prenant comme sens positif de l'axe optique le sens de propagation de la lumière.

Tableau 1

\overline{AO} (cm)	13,5	14,5	16	18	20	25	30	40	60
$\overline{AA'}$ (cm)	159	98	69	58	53	50	51,6	58,5	76
\overline{OA} (m)									
$\overline{OA'}$ (m)									
$\frac{1}{\overline{OA}}$ (m ⁻¹)									
$\frac{1}{\overline{OA'}}$ (m ⁻¹)									

b) Représenter graphiquement $\frac{1}{\overline{OA'}} = g\left(\frac{1}{\overline{OA}}\right)$ à l'échelle

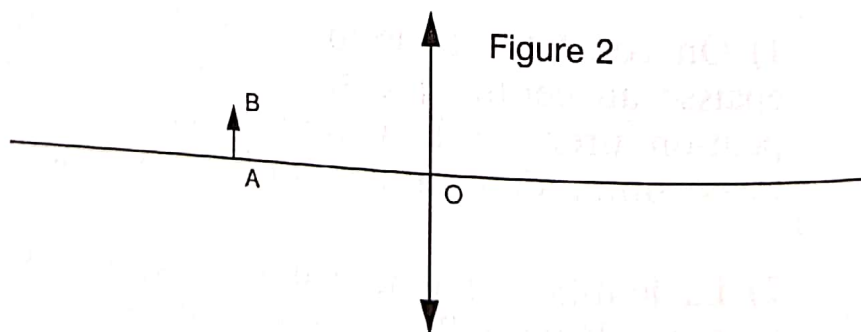
1 cm pour 1 m⁻¹.

Montrer que cette courbe vérifie la formule de conjugaison des lentilles convergentes.

En déduire la vergence et la distance focale de cette lentille.

Le résultat obtenu est-il en accord avec le nombre + 8 gravé sur la monture de cette lentille?

3) On place l'objet AB à 7 cm de la lentille étudiée précédemment. Sur la feuille ci-jointe (à rendre avec la copie) sont représentés l'objet et la lentille à l'échelle 1/2 (fig. 2 : attention, elle est ici reproduite à l'échelle 1/4).



Placer les foyers de la lentille et construire géométriquement l'image $A'B'$ de l'objet AB . Quelle est la nature de l'image?

Pourquoi une telle mesure ne peut-elle apparaître dans le tableau (1)?

Déterminer le grandissement à partir de la construction. Quel est l'intérêt pratique de cette lentille utilisée dans ces conditions?

CHIMIE

Exercice 1

On veut calculer à partir de mesures de pH, la valeur de la constante d'acidité K_a , associée au couple acide méthanoïque/ion méthanoate ($\text{HCOOH}/\text{HCOO}^-$).

1) Une solution d'acide méthanoïque de concentration $0,1 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ a un pH égal à 2,4. Calculer les concentrations des différentes espèces chimiques présentes dans la solution et en déduire les valeurs de K_a et du $\text{p}K_a$.

2) Un mélange de 50 cm^3 de la solution d'acide méthanoïque de concentration $0,1 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ et de 50 cm^3 d'une solution de méthanoate de sodium de concentration $0,2 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ a un pH de 4,1. Calculer les concentrations des différentes espèces chimiques présentes.

En déduire les valeurs de K_a et du $\text{p}K_a$.

Exercice 2

Dans le tableau ci-dessous figurent des paires de composés.

	Composé 1	Composé 2
Paire 1	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$
Paire 2	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3 - \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \end{array} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
Paire 3	$\text{CH}_3 - \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{Cl} \end{array}$	$\text{CH}_3 - \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$

SUJET 3

- 1) Préciser le nom et la fonction de chaque composé.
- 2) Pour chacune de ces paires proposer une réaction dans laquelle les composés n'ont pas le même comportement. Préciser ce comportement (les équations-bilans ne sont pas demandées).

Lire l'énoncé

Mécanique

Cet exercice est très proche du cours : on envisage le mouvement circulaire d'un satellite géostationnaire et l'on cherche à déterminer sa vitesse et le rayon de sa trajectoire.

Champ magnétique

On s'intéresse d'abord au champ magnétique créé par un courant important à l'intérieur d'un solénoïde puis aux phénomènes d'auto-induction et de dissipation par effet Joule dans la bobine.

Optique

On se propose d'étudier quelques propriétés d'une lentille mince convergente : détermination de la distance focale à partir d'un tableau de mesures indiquant les positions d'un objet et de son image, et construction géométrique de l'image d'un objet.

Solutions aqueuses

On se propose de déterminer la constante d'acidité du couple acide méthanoïque/ion méthanoate en mesurant le pH de différentes solutions aqueuses : une solution décimolaire d'acide méthanoïque et un mélange d'une solution d'acide méthanoïque et d'une solution de méthanoate de sodium.

Chimie organique

Il s'agit de nommer six composés organiques puis de proposer une réaction permettant de différencier les composés comportant la même fonction.

CORRIGÉ

PHYSIQUE

Exercice 1

1) Appliquons le principe fondamental de la dynamique au satellite, uniquement soumis à l'attraction gravitationnelle de la Terre, dans le référentiel géocentrique; si l'accélération du satellite est \vec{a} et le mouvement circulaire de rayon r ,

$$m\vec{a} = m\left(\frac{dv}{dt}\vec{t} + \frac{v^2}{r}\vec{n}\right) = G\frac{mM_T}{r^2}\vec{n},$$

en utilisant la base de Frenet.

La nullité de la composante de l'accélération suivant le vecteur tangent \vec{t} montre que **le mouvement circulaire se fait nécessairement à vitesse uniforme.**

2) La projection du principe fondamental de la dynamique sur la normale à la trajectoire donne

$$m\frac{v^2}{r} = G\frac{mM_T}{r^2}, \quad \text{donc} \quad v^2 = G\frac{M_T}{r}.$$

Si h est l'altitude du satellite, $r = R_T + h$ et :

$$v = \sqrt{G\frac{M_T}{R_T + h}}$$

Le mouvement circulaire se faisant à vitesse uniforme, la circonférence du cercle est liée à la période du mouvement par $2\pi r = vT$; donc, en remplaçant la vitesse par son expression précédemment établie :

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{GM_T}} \sqrt{(R_T + h)^3}$$

La période du mouvement est indépendante de la masse du satellite et obéit naturellement à la troisième loi de Képler.

3) a) Le satellite géostationnaire paraît immobile pour un observateur terrestre : **son sens de rotation autour de l'axe des pôles doit donc être le même que celui de la Terre.**

b) La période du mouvement étant celle de la Terre dans sa rotation autour de l'axe des pôles, les valeurs numériques proposées par l'énoncé permettent de trouver $h = 3,58 \cdot 10^7 \text{ m} = 35\,800 \text{ km}$, qui est bien la valeur classique établie en cours.

SUJET 3

Tous les satellites géostationnaires sont sur la même orbite circulaire de rayon r et de constantes, tous les résultats sont indépendants de la masse m , les satellites géostationnaires étant heureusement avoir des masses différentes.

c) Tous les satellites géostationnaires ont la même vitesse; enfin, les résultats sont indépendants de la masse m , les satellites géostationnaires étant heureusement avoir des masses différentes.

Exercice 2
1) À l'intérieur du solénoïde, le champ magnétique est dirigé suivant l'axe de révolution du cylindre, de la gauche vers la droite, d'après, par exemple, la règle du bonhomme d'Ampère.

Son intensité est $B = \mu_0 n I$ où n représente le nombre de spires par unité de longueur ($n = N/\ell$).
Dans notre exemple, $n = 16\,000$ spires/m et $B = 20,1$ T : ce champ magnétique obtenu au laboratoire étant de l'ordre du mT.

2) Puisque l'on suppose le champ magnétique uniforme à l'intérieur du solénoïde, le flux propre de ce champ magnétique à travers une spire est $\Phi = \pi R^2 B \cdot \vec{n} = \pi R^2 B$, car la normale \vec{n} à la spire est orientée par le sens du courant et est colinéaire au champ magnétique.

Donc $\Phi = \pi \mu_0 R^2 n I = \pi \mu_0 R^2 \frac{N}{\ell} I$ à travers une spire du solénoïde.

Le flux du champ magnétique à travers l'ensemble du solénoïde est donc $\pi \mu_0 R^2 \frac{N^2}{\ell} I$; le flux d'auto-induction est proportionnel à I et le coefficient de proportionnalité est l'auto-inductance du solénoïde; on obtient ainsi :

$$L = \pi \mu_0 R^2 \frac{N^2}{\ell}$$

Application numérique : $L = 40,4$ H.

3) L'énergie magnétique emmagasinée par le solénoïde lorsque le courant croît de zéro à la valeur I a pour expression $\frac{1}{2} L I^2$, soit, numériquement **20,2 MJ** lorsque I atteint 1 000 A.

4) a) En régime permanent, une inductance pure se comporte comme un court-circuit puisque la différence de potentiel à ses bornes est nulle, et la bobine est équivalente à la résistance r ; la puissance $E_0 I$ fournie par le générateur est alors intégralement dissipée dans la résistance sous forme d'effet Joule $r I^2$, soit numériquement **10 MW**.

b) Cette importante puissance dissipée par effet Joule nécessite un système de refroidissement particulièrement efficace de la bobine.

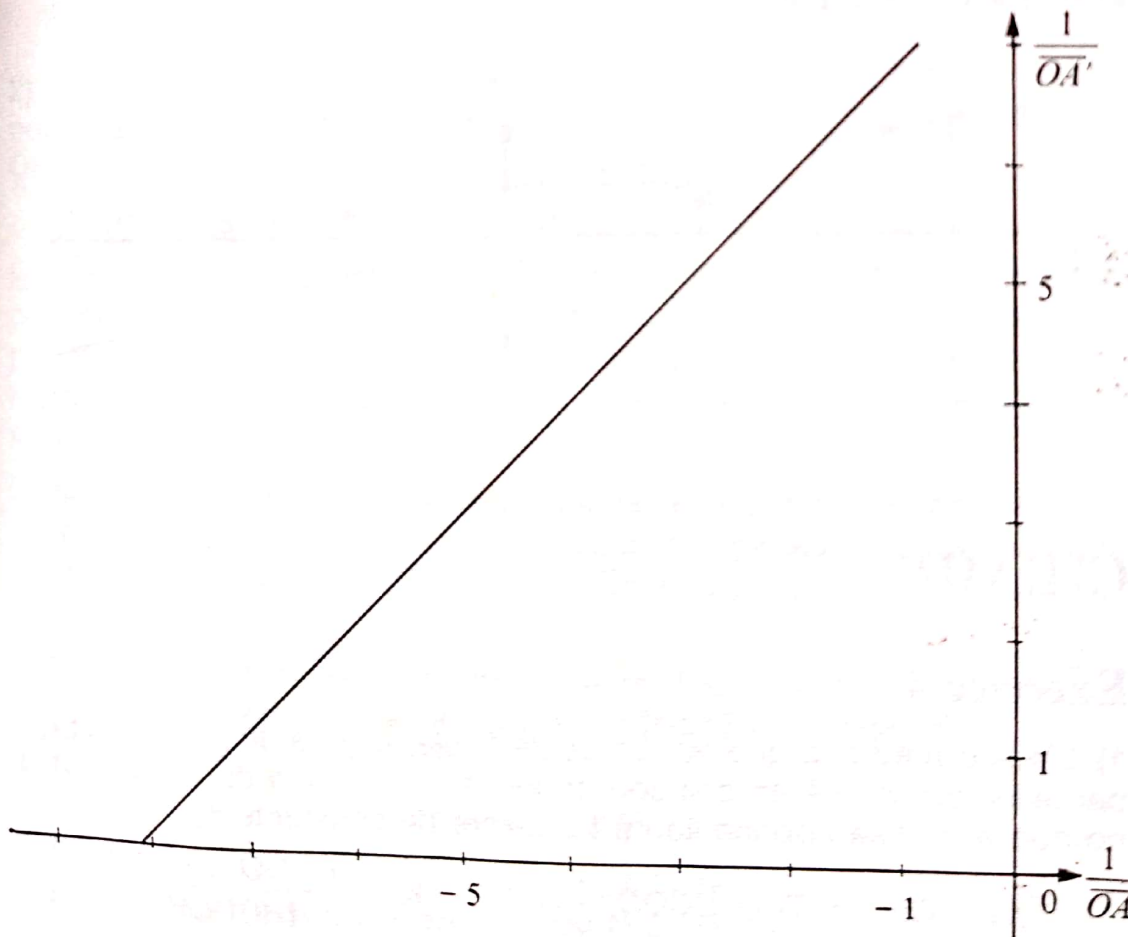
Exercice 3

1) La lentille étant plus épaisse au centre que sur les bords, il s'agit d'une lentille convergente. L'utilisation d'un banc d'optique permet un alignement soigné des instruments, leur utilisation dans les conditions de Gauss et des mesures précises de distances.

2) a) Le tableau de mesures est le suivant :

\overline{AO} (cm)	13,5	14,5	16	18	20	25	30	40	60
$\overline{AA'}$ (cm)	159	98	69	58	53	50	51,6	58,5	76
\overline{OA} (m)	-0,135	-0,145	-0,16	-0,18	-0,20	-0,25	-0,30	-0,40	-0,60
$\overline{OA'}$ (m)	1,455	0,835	0,530	0,400	0,33	0,25	0,216	0,185	0,160
$\frac{1}{\overline{OA}}$ (m^{-1})	-7,41	-6,90	-6,25	-5,56	-5,00	-4,00	-3,33	-2,50	-1,67
$\frac{1}{\overline{OA'}}$ (m^{-1})	0,69	1,20	1,89	2,50	3,03	4,00	4,63	5,40	6,25

b) Représentons graphiquement $\frac{1}{\overline{OA'}}$ en fonction de $\frac{1}{\overline{OA}}$ à l'échelle de 1 cm pour $1 m^{-1}$:



SUJET 3

Cette courbe est une droite de pente 1,0 : aux incertitudes de mesure près, ceci est tout à fait en accord avec la relation de conjugaison des lentilles minces $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$ où f' est la distance focale image de la

lentille.

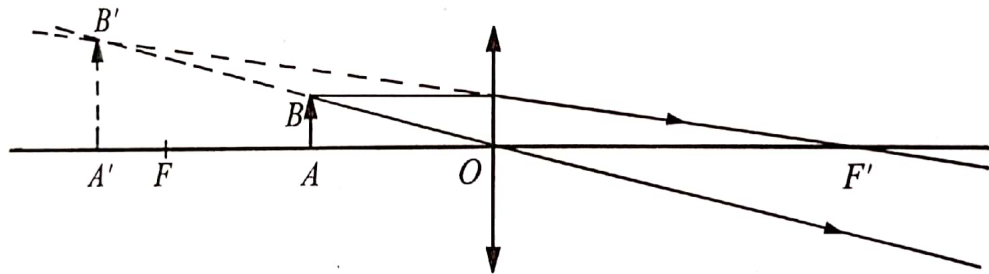
On peut déterminer f' par la coordonnée du point d'intersection de la droite avec l'axe horizontal : on mesure alors la vergence de la lentille et on trouve $C = 8,0 \delta$; ceci est bien en accord avec le nombre + 8 gravé sur la monture de la lentille.

La distance focale de la lentille est donc $f' = 12,5 \text{ cm}$.

3) L'image géométrique est construite en utilisant deux rayons particuliers : le rayon issu de B et passant par le centre optique n'est pas dévié, le rayon issu de B et parallèle à l'axe optique émerge en passant par le foyer image. Le point B' , image de B se trouve à l'intersection du prolongement de ces rayons : **l'image est virtuelle.**

Cette image virtuelle ne pouvant être recueillie sur un écran, la mesure correspondante ne peut apparaître dans le tableau précédent. D'après le dessin ci-dessous, l'objet a une taille de 8,5 mm et l'image 19,5 mm : **le grandissement est donc de 2,3.** Ce résultat peut se retrouver par le calcul en déterminant la position de l'image par la relation de conjugaison des lentilles minces : $\overline{OA} = -7 \text{ cm}$ et $\overline{OA'} = -15,9 \text{ cm}$, ce qui donne un agrandissement de 2,3.

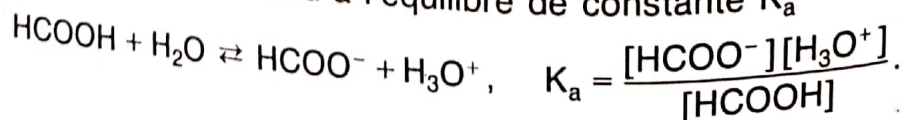
On peut observer cette image virtuelle en plaçant son œil en arrière de la lentille; on voit alors une image plus grande que l'objet : **c'est le principe de la loupe.**



CHIMIE

Exercice 1

1) L'acide méthanoïque est un acide faible, c'est-à-dire qu'il n'est que partiellement ionisé en solution aqueuse; la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau donne lieu à l'équilibre de constante K_a



L'énoncé nous donnant la valeur du pH de la solution, $\text{pH} = 2,4$, nous pouvons immédiatement en déduire la concentration des ions H_3O^+ et OH^- :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \ell^{-1} \quad \text{et} \quad [\text{OH}^-] = 2,5 \cdot 10^{-12} \text{ mol} \cdot \ell^{-1},$$

le produit ionique de l'eau étant supposé égal à 10^{-14} dans les conditions de l'expérience; on constate naturellement que, étant donnée la valeur du pH de la solution, la concentration des ions OH^- peut être négligée devant la concentration des ions H_3O^+ dans les équations du problème.

L'électroneutralité de la solution s'écrit :

$$[\text{HCOO}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+], \quad \text{donc} \quad [\text{HCOO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

d'après la remarque ci-dessus.

La conservation de l'espèce s'écrit :

$$[\text{HCOO}^-] + [\text{HCOOH}] = c = 0,1 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}.$$

Les concentrations des ions méthanoate et des molécules d'acide méthanoïque sont donc :

$$[\text{HCOO}^-] = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \ell^{-1} \quad \text{et} \quad [\text{HCOOH}] = 9,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}.$$

Les résultats précédents et la définition de la constante d'acidité du couple acide méthanoïque/ion méthanoate permettent de calculer sa valeur numérique :

$$K_a = 1,65 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \ell^{-1} \quad \text{et} \quad \text{p}K_a = 3,8.$$

2) L'énoncé nous donnant la valeur du pH de la solution, $\text{pH} = 4,1$, nous pouvons immédiatement en déduire la concentration des ions H_3O^+ et OH^- :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 7,9 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \ell^{-1} \quad \text{et} \quad [\text{OH}^-] = 1,3 \cdot 10^{-10} \text{ mol} \cdot \ell^{-1},$$

le produit ionique de l'eau étant toujours supposé égal à 10^{-14} dans les conditions de l'expérience; on constate que, étant donnée la valeur du pH de la solution, la concentration des ions OH^- peut encore être négligée devant la concentration des ions H_3O^+ dans les équations du problème.

Lorsque l'on mélange les deux solutions et avant toute réaction ultérieure, les nombres de moles des principales espèces sont les suivants : $0,1 \times 50 \cdot 10^{-3}$ mole de molécules HCOOH et $0,2 \times 50 \cdot 10^{-3}$ mole d'ions HCOO^- et Na^+ .

Les ions Na^+ étant des ions indifférents, leur concentration ne varie qu'à cause du phénomène de dilution et $[\text{Na}^+] = 0,1 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$.

L'électroneutralité de la solution s'écrit :

$$[\text{HCOO}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{Na}^+],$$

donc

$$[\text{HCOO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{Na}^+]$$

d'après la remarque précédente. Ainsi $[\text{HCOO}^-] = 0,1 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$.

SUJET 3

Le nombre total de moles de molécules d'acide méthanoïque et d'ions méthanoates est $15 \cdot 10^{-3}$ mole : la conservation de l'espèce s'écrit donc

$$[\text{HCOO}^-] + [\text{HCOOH}] = 0,15 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$$

$$[\text{HCOOH}] = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$$

et
Les résultats précédents et la définition de la constante d'acidité du couple acide méthanoïque/ion méthanoate permettent de calculer sa valeur numérique :

$$K_a = 1,59 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \ell^{-1} \quad \text{et} \quad \text{p}K_a = 3,8.$$

On retrouve naturellement la même valeur de la constante d'acidité qu'à la première question, aux incertitudes de calcul près.

Exercice 2

1. Donnons le nom et la fonction de chacun des six composés proposés par l'énoncé :

— Paire 1 : le composé 1 est un alcool tertiaire, le méthyl-2 propanol-2, et le composé 2 est un alcool primaire, le méthyl-2 propanol-1.

— Paire 2 : le composé 1 est un aldéhyde, le butanal, et le composé 2 est une cétone, la butanone-2.

— Paire 3 : le composé 1 est un chlorure d'acyle, le chlorure d'éthanoyle, et le composé 2 est un acide carboxylique, l'acide éthanique.

2. L'oxydation des alcools par un oxydant tel qu'une solution de dichromate ou de permanganate de potassium en milieu sulfurique permet d'en distinguer les différentes classes : l'oxydation d'un alcool primaire (composé 2) conduit à un aldéhyde si l'oxydant est introduit en défaut ou à un acide carboxylique si l'oxydant est introduit en excès, tandis qu'un alcool tertiaire (composé 1) ne subit aucune oxydation.

Une expérience simple permettant de différencier cétones et aldéhydes est basée sur le caractère réducteur de ces derniers : il s'agit, par exemple, de la réduction de la **liqueur de Fehling** donnant, après un léger chauffage, un précipité rouge brique d'oxyde de cuivre ou encore de la réduction du **nitrate d'argent ammoniacal (réactif de Tollens)** conduisant à la formation d'un miroir d'argent métallique en présence d'un aldéhyde (composé 1) alors qu'une cétone (composé 2) ne réagit pas avec ces produits.

L'estérification d'un alcool par un acide carboxylique ou un dérivé d'acide ne présente pas exactement les mêmes caractéristiques : les chlorures d'acyles (composé 1) réagissent avec les alcools de façon rapide et totale alors que les acides carboxyliques (composé 2) réagissent lentement et de manière incomplète.

Points clés à retenir

Mécanique

Le principal fondamental de la dynamique, les caractéristiques principales du mouvement circulaire des satellites géostationnaires.

Champ magnétique

Le champ magnétique créé par un solénoïde, le phénomène d'auto-induction, l'énergie emmagasinée ou dissipée dans une bobine.

Optique

La formule de conjugaison des lentilles minces, la détermination graphique de la distance focale d'une lentille convergente, la construction géométrique d'une image.

Solutions aqueuses

Les définitions classiques du cours : pH, produit ionique de l'eau, électroneutralité, conservation de la matière et constante d'acidité d'un couple acide/base.

Chimie organique

La bonne connaissance des réactions du cours : oxydation des alcools et des aldéhydes, estérification.

Conseils de méthode

Solutions aqueuses

Ne pas oublier la dilution, la présence des ions indifférents Na^+ et tenir compte des approximations que permettent certaines valeurs numériques.

Champ magnétique

Il faut faire attention au sens du champ magnétique créé par le solénoïde et au sens de la normale aux spires orientée par le courant : ne pas oublier que l'auto-inductance du solénoïde est une grandeur positive.

Optique

Prendre garde aux signes des différentes valeurs algébriques et vérifier les résultats obtenus en utilisant la relation de conjugaison des lentilles minces.

4 - BORDEAUX, CAEN, CLERMONT-FERRAND,
LIMOGES, NANTES, ORLÉANS-TOURS, POITIERS,
RENNES

PHYSIQUE

Exercice 1 (4 points)

Mécanique (mouvement d'une sphère dans le champ de pesanteur)

Exercice 2 (5 points)

Électricité (détermination de la capacité d'un condensateur)

Exercice 3 (4 points)

Physique nucléaire (choc inélastique de particules relativistes)

CHIMIE

Exercice 1 (4 points)

Solutions aqueuses (dosage d'une solution acide)

Exercice 2 (3 points)

Chimie organique (estérification du propanol par l'acide méthanoïque)

ÉNONCÉ

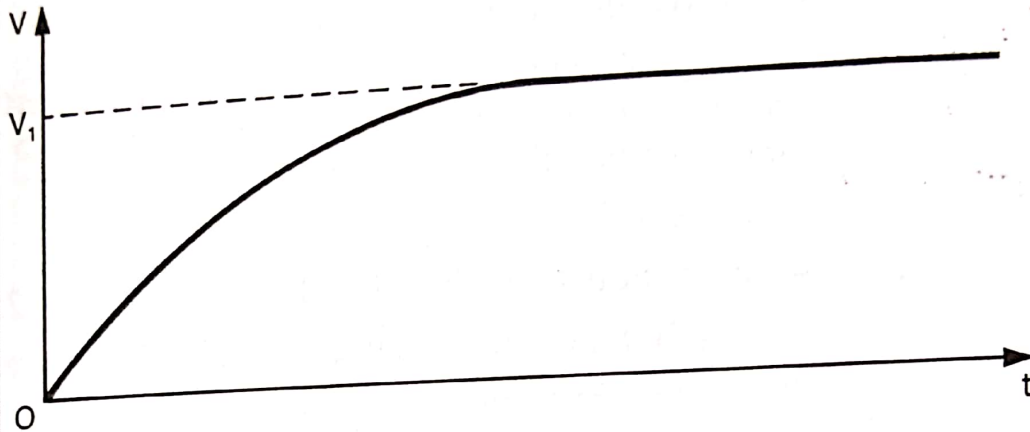
PHYSIQUE

Exercice 1

On étudie, dans un référentiel terrestre supposé galiléen, le mouvement d'une sphère qui tombe verticalement dans le champ de pesanteur.

1) La sphère est abandonnée, sans vitesse initiale, d'un point O situé à l'altitude h ; h est suffisamment petite par rapport au rayon de la Terre pour que la valeur g du champ de pesanteur soit considérée comme constante au cours du mouvement et égale à sa valeur au niveau du sol : $g_0 = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

La poussée d'Archimède due à l'air est négligeable et la sphère n'est donc soumise qu'à son poids \vec{P} et à la résistance de l'air \vec{R} .
 Au cours du mouvement, \vec{R} est verticale, dirigée vers le haut, et son intensité, nulle au moment où la sphère est lâchée, augmente lorsque sa vitesse augmente.



Le graphique ci-dessus donne l'allure des variations de la vitesse de la sphère en fonction du temps, V_1 étant la vitesse limite atteinte par la sphère.
 (Toutes les réponses doivent être justifiées.)

1) a) A partir de l'observation de la courbe $V = f(t)$, indiquer comment varie l'accélération du mouvement au cours du temps.

b) Interpréter cette variation.

c) Quelle doit être la valeur du coefficient directeur de la tangente à cette courbe à l'instant initial?

2) Lorsque la sphère a atteint sa vitesse limite :

a) le module de \vec{R} est-il supérieur, inférieur ou égal au module du poids \vec{P} ?

b) l'énergie mécanique de la sphère (somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle dans le champ de pesanteur) est-elle constante?

II) Si la sphère avait été lancée du point O avec une vitesse initiale \vec{V}_0 verticale, dirigée vers le sol et de module supérieur à V_1 , la vitesse de la sphère aurait-elle

SUJET 4

augmenté ou diminué au cours de son mouvement de chute verticale ?

Exercice 2

Pour déterminer la capacité C d'un condensateur, on dispose du matériel suivant :

- un oscillographe bicourbe ;
- un générateur délivrant une tension alternative, sinusoïdale, de valeur efficace constante $U = 5 \text{ V}$ et de fréquence variable ;
- deux voltmètres ;
- un conducteur ohmique de résistance $R = 250 \Omega$;
- une bobine d'inductance $L = 0,20 \text{ H}$ et de résistance r négligeable devant R .

I) Premier montage

On branche en série, le générateur, le conducteur ohmique, la bobine et le condensateur.

1) Faire un schéma du montage et indiquer comment relier l'oscillographe pour visualiser :

- la tension $u(t)$ aux bornes du générateur ;
- l'intensité $i(t)$ dans le circuit.

Faire figurer sur le schéma $u(t)$ et $i(t)$.

2) On fait varier la fréquence de la tension délivrée par le générateur pour atteindre la résonance d'intensité.

a) Donner deux moyens de vérifier que la résonance est atteinte.

b) Comment faut-il procéder pour mesurer la fréquence de résonance f_0 à l'oscillographe ?

c) La mesure donne $f_0 = 200 \text{ Hz}$. En déduire une valeur de la capacité C du condensateur.

II) Deuxième montage

On branche en série le conducteur ohmique, le condensateur et le générateur dont la fréquence est fixée à 200 Hz .

L'oscillographe permet de visualiser la tension $u(t)$ aux bornes du générateur et la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique. La sensibilité est la même sur les deux voies.

On obtient l'oscillogramme suivant :



1) a) Déterminer la phase φ de $u(t)$ par rapport à $u_R(t)$ et en déduire une valeur de la capacité C du condensateur. Justifier la méthode utilisée par une construction de Fresnel.

b) Calculer la phase φ lorsque la fréquence prend les valeurs $f_1 = 4$ kHz et $f_2 = 10$ Hz.

c) Parmi ces trois fréquences, quelle est la plus adaptée à une mesure précise de C ? Justifier la réponse.

2) La fréquence étant de 200 Hz, on branche un voltmètre aux bornes du conducteur ohmique et un autre voltmètre aux bornes du condensateur. Ils indiquent alors une même tension de 3,5 V.

a) Retrouver C à partir de l'égalité de ces deux tensions.

b) Montrer que la tension lue sur le voltmètre placé aux bornes du conducteur ohmique est compatible avec celles qui sont lues sur l'oscillogramme.

Exercice 3

Dans une chambre à bulles, on étudie l'interaction d'un proton incident sur un proton au repos dans le référentiel du laboratoire.

La quantité de mouvement du proton incident est $p_1 = 2000 \text{ MeV}/c$.

1) Déterminer l'énergie totale du système constitué par les deux protons avant le choc; l'énergie de masse d'un proton est 938 MeV.

2) L'étude du cliché a permis de tracer le schéma ci-joint en feuille annexe.

Il représente la disposition des tangentes au point d'impact.

Les rayons de courbure mesurés sur le cliché valent respectivement :

$$R_1 = 400 \text{ cm}; \quad R_2 = 220 \text{ cm}; \quad R_3 = 170 \text{ cm}.$$

a) Construire sur la feuille annexe les vecteurs \vec{p}_1 , \vec{p}_2 et \vec{p}_3 . Conclure.

(Échelle : 1 cm pour 100 MeV/c.)

b) Si on admet qu'il ne s'est formé qu'une seule autre particule non chargée au cours du choc, déterminer graphiquement sa quantité de mouvement.

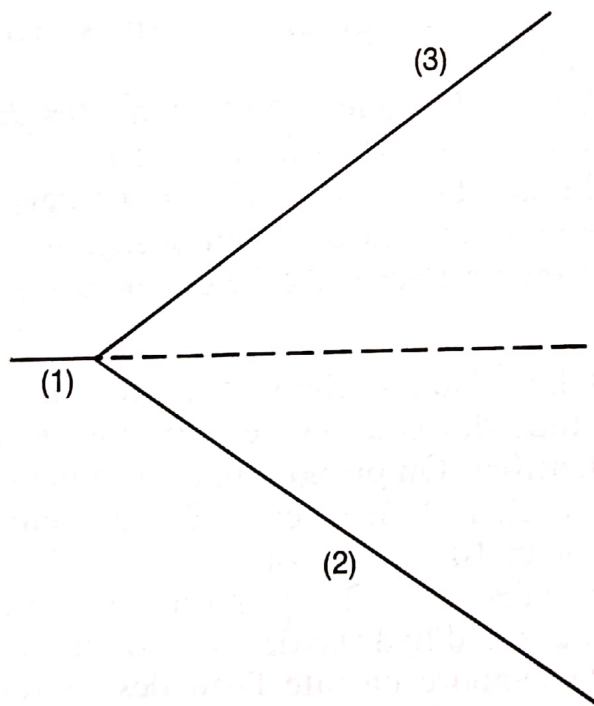
3) Différentes hypothèses sont envisageables; elles sont résumées par le tableau ci-dessous :

Particule n°	2	3	4
Hypothèse 1	p	π^+	n
Hypothèse 2	π^+	p	n
Hypothèse 3	p	p	π^0

Dresser, pour chacune de ces hypothèses, un tableau des énergies de toutes les particules. En déduire la bonne hypothèse.

Données :

Particule	proton	neutron	pion positif π^+	pion neutre π^0
Énergie de masse en MeV	938	939	140	135



(Feuille annexe reproduite à l'échelle 1/2.)

CHIMIE

Exercice 1

Un bécher *A* contient 10 cm^3 de solution d'acide nitrique.

Un bécher *B* contient 10 cm^3 de solution d'acide éthanoïque. On ajoute progressivement dans chacun de ces béchers une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$. On relève alors les deux courbes $\text{pH} = f(V)$ représentées ci-contre, V étant le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé.

1) Identifier la courbe correspondant au dosage effectué dans le bécher *A* et la courbe correspondant au dosage effectué dans le bécher *B*. On justifiera la réponse en indiquant deux éléments de comparaison entre les deux courbes qui permettent l'identification.

2) Déterminer la concentration des deux solutions acides et donner une valeur approchée du pK_a du couple acide éthanoïque/ion éthanoate.

3) Les affirmations suivantes vous paraissent-elles exactes?

«Le nombre d'ions NO_3^- contenus dans le bécher *A* ne varie pas au cours du dosage.»

«Le nombre d'ions CH_3CO_2^- contenus dans le bécher *B* ne varie pas au cours du dosage.»

Chaque réponse sera brièvement justifiée.

4) Les deux béchers *A* et *B* étant d'aspect identique, l'étude des courbes de variation du pH a permis de les identifier. On propose une autre méthode pour distinguer le bécher *A* du bécher *B*. Ces deux béchers contenant chacun 10 cm^3 de solution acide de même concentration (calculée à la 2^e question), on ajoute dans chacun la solution d'hydroxyde de sodium jusqu'à l'équivalence. On évapore ensuite l'eau des solutions obtenues et on détermine la masse du composé solide résiduel avec une balance permettant des pesées au centigramme près.



SUJET 4

Cette méthode vous paraît-elle utilisable? Justifiez votre réponse.

Masse molaire du nitrate de sodium : $85 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Masse molaire de l'éthanoate de sodium : $82 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Exercice 2

On étudie l'estérification du propanol-1 par l'acide méthanoïque.

1) Écrire l'équation de la réaction; donner la formule développée et le nom de l'ester obtenu.

2) On mélange, à l'instant initial, 20 cm^3 de propanol-1 (liquide de masse volumique $0,79 \text{ g/cm}^3$) et 10 cm^3 d'acide méthanoïque (liquide de masse volumique $1,22 \text{ g/cm}^3$).

Montrer que ce mélange initial contient autant de moles de propanol-1 que de moles d'acide méthanoïque.

3) Le mélange est maintenu à la température constante $\theta = 60 \text{ }^\circ\text{C}$. On veut déterminer à un instant t le nombre de moles d'ester formé. Proposer une méthode simple permettant cette détermination. Comment faut-il procéder pour stopper la réaction à l'instant t choisi?

Données :

$$M(\text{H}) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; \quad M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1};$$

$$M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

*Lire l'énoncé***Mécanique**

On se propose d'étudier certaines caractéristiques du mouvement d'une sphère tombant verticalement dans le champ de pesanteur lorsqu'elle est également soumise à la résistance de l'air.

Électricité

Le but de l'exercice est la détermination de la capacité d'un condensateur par deux méthodes différentes; en se plaçant à la résonance en intensité d'un circuit *RLC* série dans la première partie, à partir de l'étude d'un circuit *RC* série dans la seconde.

Physique nucléaire

On étudie l'interaction d'un proton incident et d'un proton immobile dans le référentiel du laboratoire et l'on cherche à déterminer la nature des trois particules formées lors de ce choc inélastique.

Solutions aqueuses

On cherche à déterminer le contenu d'un bécher, solution d'acide nitrique ou solution d'acide éthanoïque, en dosant la solution acide par une solution d'hydroxyde de sodium et en étudiant les différences entre le dosage d'un acide fort et d'un acide faible.

Chimie organique

Il s'agit d'étudier le mode opératoire de l'estérification du propanol-1 par l'acide méthanoïque.

CORRIGÉ**PHYSIQUE****Exercice 1****1) Première partie**

1) **a)** La pente de la courbe $v = f(t)$ proposée par l'énoncé diminue au cours du temps : l'accélération diminue donc au cours du temps pour tendre vers zéro quand t tend vers l'infini.

b) La vitesse est initialement nulle ainsi que la résistance de l'air, la sphère n'est alors soumise qu'à son propre poids; la vitesse augmente ensuite, ainsi que la résistance de l'air dont l'effet s'oppose à celui du poids; lorsque le temps augmente, la vitesse augmente toujours, mais de plus en plus lentement, et la résistance de l'air tend alors vers le poids de la sphère.

SUJET 4

c) Nous avons précédemment souligné qu'à l'instant initial la sphère n'est soumise qu'à son propre poids car la résistance de l'air est nulle; d'après le principe fondamental de la dynamique, l'accélération initiale de la sphère est donc égale à l'accélération de la pesanteur. La valeur du coefficient directeur de la tangente à la courbe à l'instant initial est g .

2) a) Lorsque la sphère atteint sa vitesse limite, son accélération est nulle et, d'après le principe fondamental de la dynamique, la résultante des forces appliquées à la sphère est nulle : le module de la résistance de l'air est alors égal au module du poids de la sphère.

b) L'énergie mécanique de la sphère n'est pas constante en raison de la résistance de l'air qui est une force de frottement. La variation d'énergie mécanique entre deux instants est égale au travail de la résistance de l'air entre ces deux instants : comme cette force s'oppose au mouvement, son travail est résistant, donc négatif, et l'énergie mécanique diminue au cours du temps.

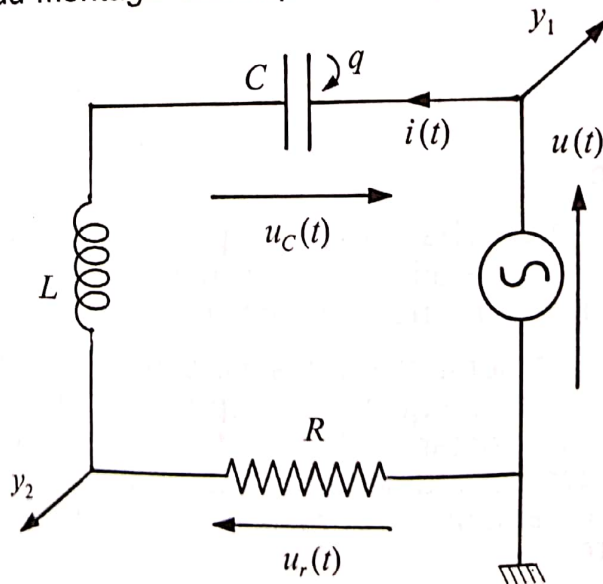
II) Seconde partie

Lorsqu'on lance la sphère vers le bas avec une vitesse supérieure à la vitesse limite précédemment atteinte, celle-ci est initialement soumise à son poids et à la résistance de l'air dont le module est supérieur à celui du poids : la sphère est donc soumise à deux forces dont la résultante est dirigée vers le haut; d'après le principe fondamental de la dynamique, l'accélération est dirigée vers le haut alors que la vitesse initiale est dirigée vers le bas : la vitesse de la sphère diminue donc au cours du temps. Cette diminution de la vitesse s'accompagne d'une diminution de la résistance de l'air jusqu'à tendre vers un état d'équilibre où celle-ci compense exactement le poids : on a alors atteint la vitesse limite.

Exercice 2

1) Premier montage

1) Le schéma du montage électrique est représenté ci-dessous :



2) a) Lorsque la résonance en intensité est atteinte, d'une part l'amplitude de la tension aux bornes de la résistance est maximale et d'autre part le déphasage entre cette tension et la tension délivrée par le générateur est nul.

b) L'oscillogramme permet de mesurer la période, donc la fréquence des signaux, en déterminant le nombre de carreaux correspondant à une période et connaissant la sensibilité de la voie horizontale de l'oscilloscope.

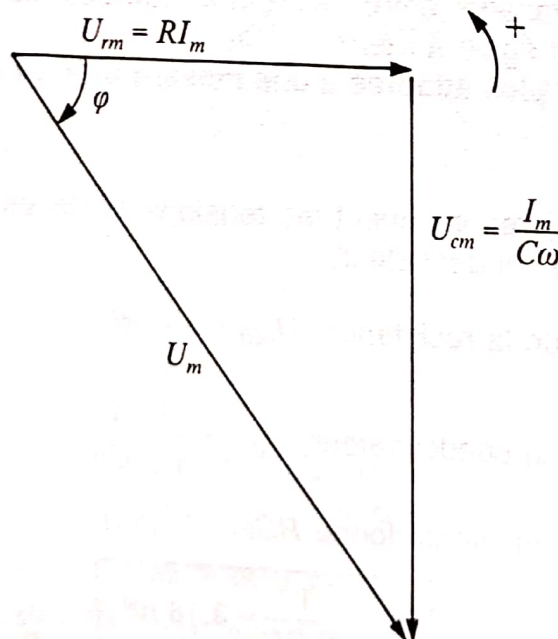
c) Nous savons qu'à la résonance en courant dans un circuit RLC série, la pulsation $\omega_0 = 2\pi f_0$ est telle que relation $LC\omega_0^2 = 1$ soit vérifiée ; alors :

$$C = \frac{1}{4\pi^2 L f_0^2} = 3,17 \mu\text{F}$$

II) Deuxième montage

1) a) Si le courant circulant dans le circuit est $i(t) = I_m \cos \omega t$, nous savons que la tension aux bornes du résistor est $u_r(t) = RI_m \cos \omega t$, que la tension aux bornes du condensateur est $u_c(t) = \frac{I_m}{C\omega} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$ et que la tension aux bornes du générateur est $u(t) = U_m \cos(\omega t + \phi)$. La construction de Fresnel permet de trouver l'amplitude de la tension $u(t)$ et son déphasage par rapport au courant :

$$U_m = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(C\omega)^2}} I_m \quad \text{et} \quad \tan \phi = -\frac{1}{RC\omega}$$



SUJET 4

L'amplitude U_m de la tension $u(t)$ aux bornes du générateur est donc supérieure à l'amplitude U_{rm} de la tension $u_r(t)$ aux bornes du résistor ; ceci permet d'identifier la tension aux bornes du générateur et la tension aux bornes du condensateur sur l'oscillogramme. La période des signaux correspond à 10 carreaux sur l'oscillogramme et le retard de $u(t)$ sur $u_r(t)$ est de 1,3 carreau soit un déphasage

$$\phi = -2\pi \times 0,13 = -0,82 \text{ rad} = -47^\circ.$$

Alors

$$C = -\frac{1}{2\pi R f \tan \phi} \quad \text{et} \quad C = 3,0 \mu\text{F}$$

qui est en accord avec le résultat donné par le premier montage.

b) Lorsque la fréquence est 4 kHz, le déphasage est $-0,05 \text{ rad} = -3^\circ$: les deux tensions sont presque en phase car le terme $1/C\omega$ est négligeable devant la résistance R .
Lorsque la fréquence est 10 Hz, le déphasage est $-1,52 \text{ rad} = -87^\circ$: les deux tensions sont presque en quadrature de phase car la résistance R est négligeable devant le terme $1/C\omega$.

c) Pour mesurer la capacité avec le plus de précision possible, il faut pouvoir en faire autant avec le déphasage ; comme les écarts entre les courbes ne peuvent être mesurés qu'à un dixième de carreau près, il faut que cet écart soit le plus grand possible devant un dixième de carreau ; l'écart est nécessairement compris entre zéro (les deux tensions sont alors presque en phase car le terme $1/C\omega$ est négligeable devant la résistance R) et 2,5 carreaux (les deux tensions sont alors presque en quadrature de phase car la résistance R est négligeable devant le terme $1/C\omega$) ; l'écart le plus satisfaisant est donc 1,25 carreau : le déphasage entre les deux courbes est alors $\pi/4$ et la résistance R est égale au terme $1/C\omega$.

La fréquence la plus adaptée à une mesure précise de la capacité est donc 200 Hz.

2) a) Les voltmètres indiquent les tensions efficaces aux bornes de la résistance et du condensateur.

— Aux bornes de la résistance, $U_{r\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} R I_m.$

— Aux bornes du condensateur, $U_{c\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{I_m}{C\omega}.$

— L'égalité des tensions donne $RC\omega = 1$, donc :

$$C = \frac{1}{2\pi R f_0} = 3,18 \mu\text{F}$$

Cette valeur confirme les précédentes ; la méthode consistant à déterminer la capacité du condensateur à partir de l'oscillogramme étant la moins précise, compte tenu des incertitudes de lecture sur le déphasage ϕ , on peut adopter **3,18 μF** comme valeur de la capacité C .

b) La valeur efficace de la tension délivrée par le générateur étant 5 V, la valeur maximale est $5\sqrt{2} = 7,1$ V ; l'échelle verticale de l'oscillogramme est donc de 1 V par carreau ; la valeur maximale de la tension aux bornes de la résistance est par conséquent de 5 V, soit une valeur efficace de 3,5 V, parfaitement compatible avec la tension lue sur le voltmètre.

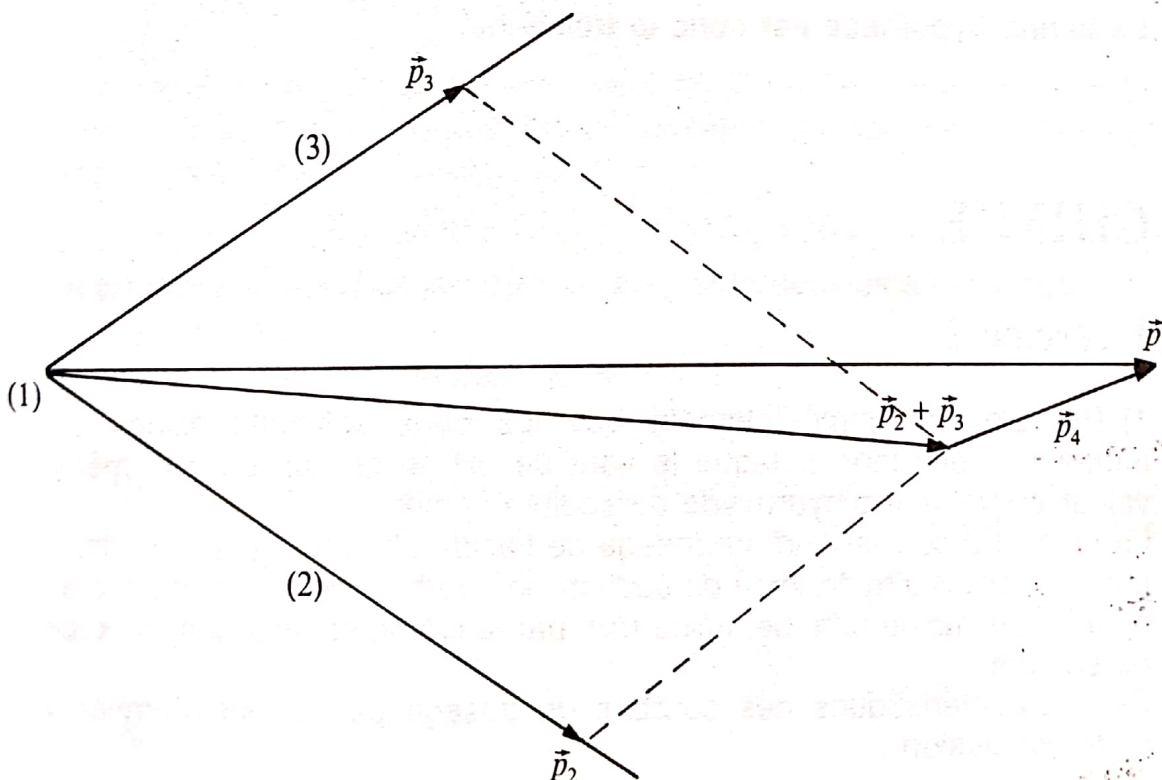
Comme $U_{rm}^2 + U_{cm}^2 = U_m^2$, on peut également retrouver $U_{\text{eff}} = 3,5$ V.

Exercice 3

1. L'énergie du proton incident est ε_1 telle que $\varepsilon_1^2 = p_1^2 c^2 + m^2 c^4$; numériquement, $\varepsilon_1 = 2\,209$ MeV.

L'énergie du proton-cible est naturellement $mc^2 = 938$ MeV.

L'énergie du système est $\varepsilon = \varepsilon_1 + mc^2 = 3\,147$ MeV.



2) Nous savons que la quantité de mouvement d'une particule chargée est proportionnelle à la charge et au rayon de courbure dans un champ magnétique donné.

Par hypothèse, les particules 2 et 3 portent la même charge que le proton, donc $\frac{p_1}{R_1} = \frac{p_2}{R_2} = \frac{p_3}{R_3}$; ainsi $p_2 = 1\,100$ MeV/c et $p_3 = 850$ MeV/c.

SUJET 4

On peut ainsi construire les trois vecteurs quantités de mouvement et remarquer que la somme des quantités de mouvement des particules chargées après le choc est différente de la quantité de mouvement du système avant le choc; il s'est donc formé une troisième particule neutre, et ce choc est inélastique.
On détermine graphiquement $p_4 = 420 \text{ MeV}/c$.

3) Déterminons l'énergie des trois particules à l'aide des données de l'énoncé, puis l'énergie totale correspondant à chaque hypothèse; la bonne hypothèse est naturellement celle qui respecte la conservation de l'énergie du système, aux incertitudes sur la détermination de p_4 près.

Hypothèse 1 :

$$\varepsilon_2 = 1446 \text{ MeV}, \quad \varepsilon_3 = 861 \text{ MeV}, \quad \varepsilon_4 = 1029 \text{ MeV}; \quad \varepsilon_t = 3336 \text{ MeV}.$$

Hypothèse 2 :

$$\varepsilon_2 = 1109 \text{ MeV}, \quad \varepsilon_3 = 1266 \text{ MeV}, \quad \varepsilon_4 = 1029 \text{ MeV}, \quad \varepsilon_t = 3403 \text{ MeV}.$$

Hypothèse 3 :

$$\varepsilon_2 = 1446 \text{ MeV}, \quad \varepsilon_3 = 1266 \text{ MeV}, \quad \varepsilon_4 = 441 \text{ MeV}, \quad \varepsilon_t = 3153 \text{ MeV}.$$

La bonne hypothèse est donc la troisième.

CHIMIE

Exercice 1

1) Remarquons immédiatement que les deux solutions acides ont même concentration puisque le saut de pH se produit pour la même valeur du volume d'hydroxyde de sodium versé.

La courbe 2 correspond au dosage de l'acide éthanóique, acide faible, par la solution d'hydroxyde de sodium; la courbe 1 correspond donc au dosage de l'acide nitrique, acide fort, par la même solution d'hydroxyde de sodium.

Deux caractéristiques des courbes de dosage permettent d'arriver à cette conclusion :

— la courbe de dosage d'un acide faible présente quatre parties distinctes alors que la courbe de dosage d'un acide fort ne présente que trois parties distinctes; dans le premier cas, la courbe présente une première partie où le pH croît assez nettement avec le volume d'hydroxyde de sodium versé : cette partie n'existe pas dans le second cas;

— la variation de pH au voisinage de l'équivalence est moins importante dans le cas d'un acide faible que dans le cas d'un acide fort.

2) Comme nous l'avons précédemment souligné, les deux solutions acides ont même concentration puisque le saut de pH se produit pour la même valeur du volume d'hydroxyde de sodium versé, soit $12,5 \text{ cm}^3$.

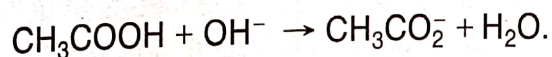
A l'équivalence, la quantité d'ions OH^- ajoutée est égale à la quantité d'acide initialement introduite dans le bécher et $c_a v_a = c_b v_b$, en reprenant les notations classiques du cours.

La concentration de l'hydroxyde de sodium étant $10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ et le volume initial d'acide dans le bécher étant 10 cm^3 , la concentration des deux solutions acides est $1,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$.

Nous savons que, à la demi-équivalence du dosage d'un acide faible par l'hydroxyde de sodium, le pH est égal au pK_a du couple acide éthanoïque/ion éthanoate; la courbe proposée par l'énoncé permet de mesurer $\text{pH} = \text{pK}_a = 4,8$ pour un volume de $6,25 \text{ cm}^3$, aux incertitudes de mesures près.

3) Le nombre d'ions NO_3^- contenus dans le bécher ne varie pas au cours du dosage car il s'agit d'ions indifférents provenant de la dissociation totale de l'acide nitrique en solution aqueuse, qui n'interviennent donc pas dans la réaction chimique se produisant lors du dosage; naturellement, la concentration de ces ions varie compte tenu du phénomène de dilution.

Le nombre d'ions CH_3CO_2^- contenus dans le bécher varie au cours du dosage: il augmente naturellement puisque la réaction d'équation-bilan se produisant lors du dosage est:



La première affirmation est donc exacte et la deuxième est erronée.

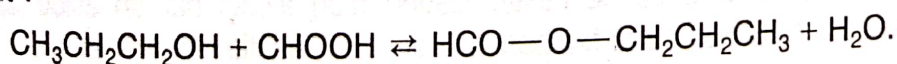
4) Les deux béchers contenaient initialement

$$10 \times 10^{-3} \times 1,25 \times 10^{-2} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ moles d'acide}$$

qui donne à l'équivalence autant de moles de nitrate de sodium ou d'éthanoate de sodium formant le composé solide résiduel après évaporation de l'eau. La masse de ce composé est donc $10,6 \text{ mg}$ lors du dosage de l'acide fort et $10,3 \text{ mg}$ dans le cas de l'acide faible; la différence entre ces deux masses n'est que de $0,3 \text{ mg}$, elle est impossible à déterminer avec une balance permettant des pesées au centigramme près.

Exercice 2

1) La réaction d'estérification du propanol-1 par l'acide méthanoïque s'écrit:



L'ester obtenu est le **méthanoate de propyle**.

SUJET 4

2) La masse de 20 cm^3 de propanol-1 est $20 \times 0,79 = 15,8 \text{ g}$ et la masse molaire du propanol-1 est 60 g : le mélange initial contient donc $0,263 \text{ mole}$ de propanol-1.
La masse de 10 cm^3 d'acide méthanoïque est $10 \times 1,22 = 12,2 \text{ g}$ et la masse molaire de l'acide méthanoïque est 46 g : le mélange initial contient donc $0,265 \text{ mole}$ d'acide méthanoïque.
Le mélange initial contient donc autant de moles de propanol-1 que de moles d'acide méthanoïque.

3) On effectue des prélèvements du mélange que l'on place dans autant de tubes à essais maintenus à la température de $60 \text{ }^\circ\text{C}$; aux instants choisis, on plonge le tube correspondant dans la glace pour que la vitesse d'estérification devienne pratiquement nulle; on peut alors prendre le temps de doser l'acide méthanoïque restant par une solution d'hydroxyde de sodium, par exemple, et déterminer ainsi la quantité d'ester formé.

Points clés à retenir

Mécanique

Le principe fondamental de la dynamique et le théorème de l'énergie cinétique, la détermination graphique de l'accélération connaissant l'évolution de la vitesse au cours du temps.

Électricité

La relation entre la capacité du condensateur, le coefficient d'auto-inductance de la bobine et la pulsation du générateur à la résonance en intensité.

Physique nucléaire

L'expression de l'énergie d'une particule relativiste et la détermination graphique de la quantité de mouvement d'une particule.

Solutions aqueuses

Les différences entre les courbes de dosage d'un acide fort et d'un acide faible par une solution d'hydroxyde de sodium.

Chimie organique

La bonne connaissance de l'estérification d'un alcool par un acide carboxylique et l'influence de la température sur une réaction chimique.

Conseils de méthode

Physique nucléaire

Se souvenir qu'il n'y a pas nécessairement conservation du nombre et de la nature des particules en mécanique relativiste.

Solutions aqueuses

Ne pas confondre les courbes de dosage!

5 - CRÉTEIL - PARIS - VERSAILLES

PHYSIQUE

Exercice 1 (4,5 points)

Mécanique (étude d'une particule chargée dans un champ électrique ou magnétique)

Exercice 2 (4 points)

Électricité (étude d'un dipôle *RLC* série en régime sinusoïdal)

Exercice 3 (4,5 points)

Physique nucléaire (niveaux d'énergie dans les atomes)

CHIMIE

Exercice 1 (2 points)

Solutions aqueuses (pK_a du couple acide éthanoïque/ion éthanoate)

Exercice 2 (5 points)

Solutions aqueuses (dosages acido-basiques)

ÉNONCÉ

PHYSIQUE

Exercice 1

Les électrons ne sont pas relativistes dans cet exercice :

— masse de l'électron : $m = 9,1 \times 10^{-31}$ kg;

— charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C.

1) Un faisceau monocinétique d'électrons est émis par un canon à électrons : les électrons quittent la cathode *C* avec une vitesse négligeable. Entre *C* et l'anode *A* ils sont accélérés par un champ électrique uniforme. On note *U* la différence de potentiel entre la cathode *C* et l'anode *A*.

$$U = V_A - V_C.$$

Ils sortent du canon à électrons par un petit orifice *O*, percé dans l'anode, avec une vitesse \vec{v}_0 (Fig. 1).

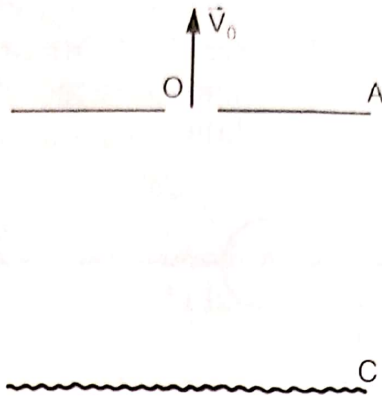


Figure 1

- a) Préciser le signe de U en le justifiant.
 - b) Établir l'expression de v_0 en fonction de e , m , U .
Calculer v_0 pour $|U| = 2,0 \times 10^2$ V.
- 2) Le canon à électrons est situé dans une ampoule contenant de l'hydrogène sous faible pression. Le faisceau est rendu visible par la luminescence bleue de l'hydrogène. L'ampoule est placée dans un champ magnétique uniforme \vec{B} .
Donner l'expression de la force \vec{F} qui s'exerce sur un électron de vitesse \vec{v} dans le champ magnétique \vec{B} ; modifie-t-elle par son action la valeur de la vitesse \vec{v} de l'électron?
- 3) Le faisceau d'électrons est dirigé dans une direction orthogonale à celle des lignes de champ magnétique. On admettra sans démonstration que, dans ce cas, la trajectoire d'un électron est plane et circulaire. Établir l'expression de son rayon et donner sa valeur.
Quelle est la nature du mouvement de l'électron?
Faire un schéma comportant \vec{v}_0 , \vec{B} , \vec{F} au point O .
Données : $|U| = 2,0 \times 10^2$ V ; $B = 1,0 \times 10^{-3}$ T.

Exercice 2

Une bobine d'auto-inductance L et de résistance interne négligeable est mise en série, entre M et P , avec un condensateur de capacité C et un conducteur ohmique de résistance R (Fig. 2). Le dipôle ainsi constitué est alimenté par un générateur de tension sinusoïdale dont la

SUJET 5

valeur efficace U , maintenue constante, est contrôlée avec un voltmètre V . L'intensité efficace I du courant dans le circuit ainsi constitué est mesurée par un ampèremètre A d'impédance négligeable à toutes les fréquences.

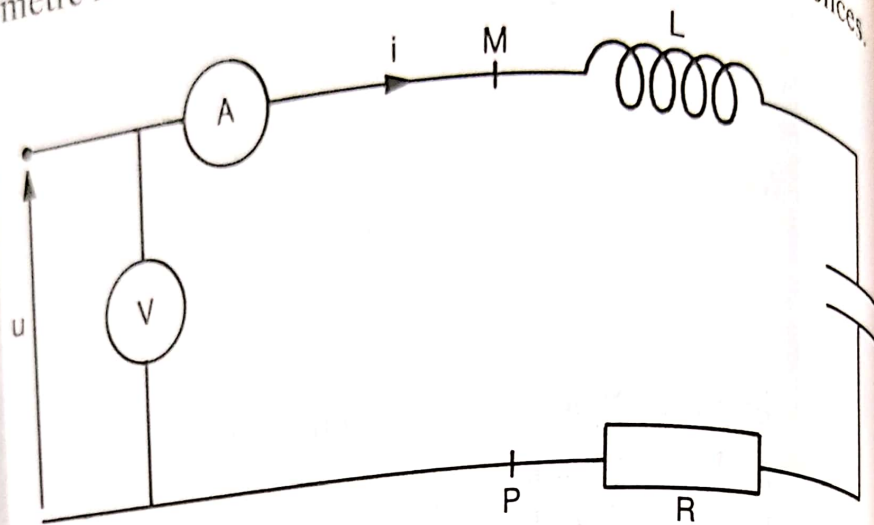


Figure 2

1) Rappeler sans démonstration l'expression de l'impédance du dipôle MP soumis à la tension de fréquence N . Définir le phénomène de résonance en intensité.

2) On fixe $U = 3 \text{ V}$ et on fait varier la fréquence N de 100 Hz à 1 000 Hz alors que $R = 100 \Omega$. On obtient les intensités suivantes :

N (Hz)	100	300	500	600	700	800	820	840	850	860	863
I (mA)	0,13	0,44	1,00	1,50	2,60	7,10	10,1	16,8	23,1	29,4	30,0
N (Hz)	870	880	890	900	920	940	1 000				
I (mA)	27,5	20,7	15,4	12,1	8,30	6,30	3,70				

a) Tracer la courbe $I = f(N)$ en se limitant au seul intervalle de fréquence [800 Hz, 1 000 Hz] (sur la feuille de papier millimétré fournie).

Échelles : en abscisses : 1 cm pour 10 Hz ; en ordonnées : 1 cm pour 2 mA.

b) Calculer I_0 intensité efficace théorique à la résonance. Donner la fréquence de résonance N_0 .

3) On désigne par N_1 et N_2 ($N_1 < N_2$) les fréquences délimitant la bande passante à 3 décibels : $I_1 = I_2$ sont les intensités efficaces correspondantes.

On rappelle que $I_1 = I_2 = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$.

a) Dans le cas précédent où $R = 100 \Omega$, déterminer, à l'aide de la courbe $I = f(N)$ la largeur relative de la bande passante :

$$\frac{N_2 - N_1}{N_0}$$

b) On rappelle la relation donnant la largeur relative de la bande passante en fonction de L , R et N_0 :

$$\frac{N_2 - N_1}{N_0} = \frac{R}{2\pi L N_0}$$

Déduire de ce qui précède un ordre de grandeur :

- du facteur de qualité Q ;
- de la valeur de L ;
- puis de la valeur de C .

Exercice 3

1) On rappelle que les énergies des niveaux de l'atome d'hydrogène sont données par la relation $\varepsilon_n = -\frac{\varepsilon_0}{n^2}$ où ε_0 désigne l'énergie d'ionisation de cet atome et où n est un entier positif.

a) Expliquer brièvement comment on interprète l'existence de raies dans un spectre d'émission atomique.

b) Montrer que les longueurs d'onde λ des radiations émises par l'atome d'hydrogène obéissent à la loi :

$$\frac{1}{\lambda} = R_1 \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

où m et p sont des entiers tels que $m > p$ et où R_1 est une constante, appelée constante de Rydberg de l'hydrogène.

SUJET 5

On exprimera R_1 en fonction de ϵ_0 , de la constante de Planck h et de la célérité de la lumière c , puis on calculera sa valeur en m^{-1} .

2) Le spectre de l'ion hélium He^+ comporte, entre autres, les raies dont les inverses des longueurs d'onde valent respectivement :

$$3,292 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$3,901 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$4,115 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$4,213 \times 10^7 \text{ m}^{-1}.$$

a) Vérifier numériquement que ces valeurs sont compatibles avec une relation de la forme :

$$\frac{1}{\lambda} = R_2 \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

où $p = 1$ et $m = 2, 3, 4, 5$ et où R_2 , si on l'exprime avec trois chiffres significatifs, est une constante.

On donnera, en m^{-1} , la valeur de R_2 , constante de Rydberg de l'ion He^+ .

Vérifier que $R_2 = 4R_1$.

b) L'ion lithium Li^{2+} peut émettre des raies dont les longueurs d'onde sont données par une loi du type précédent :

$$\frac{1}{\lambda} = R_3 \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

où R_3 , constante de Rydberg de l'ion Li^{2+} , vaut $9,86 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$.

Comparer R_3 à R_1 .

Sachant que les numéros atomiques des éléments hydrogène, hélium et lithium sont respectivement $Z = 1$, $Z = 2$, $Z = 3$, en déduire une relation simple existant entre la constante de Rydberg R et le numéro atomique Z de l'élément correspondant, pour les trois cas précédemment étudiés.

c) Déterminer le point commun entre l'atome H et les ions He^+ et Li^{2+} qui explique la ressemblance des spectres.

Données : $\epsilon_0 = 13,6 \text{ eV}$ $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
 $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

CHIMIE

Exercice 1

La solution étudiée est à 25 °C. Le produit ionique de l'eau à cette température est 10^{-14} .

Une solution d'éthanoate (acétate) de sodium de concentration molaire $c = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ a un pH égal à 8,9.

- 1) Calculer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans cette solution.
- 2) Déterminer le pK_a du couple acide-base présent dans la solution.

Exercice 2

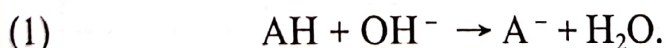
La longueur du texte de cet exercice tient au fait que de nombreuses indications sont données pour aider le travail des candidats.

Le but de cette étude expérimentale est de déterminer de deux façons différentes la masse d'acide acétylsalicylique contenue dans un comprimé d'aspirine. Il n'est pas nécessaire dans ce problème de connaître la formule de ce composé.

Remarque : Les méthodes 1 (question 1) et 2 (question 2) sont indépendantes.

1) Première méthode

On fait d'abord un dosage de l'acide acétylsalicylique par une solution diluée d'hydroxyde de sodium. Dans les conditions de l'expérience réalisée, l'acide acétylsalicylique se comporte comme un acide de formule AH. La réaction ayant lieu lors de ce dosage est traduite par l'équation-bilan 1 :



Pour cela, on écrase un comprimé d'aspirine ordinaire dans un mortier, on introduit la poudre obtenue dans une fiole jaugée de 500 ml; on rince le mortier avec de l'eau distillée; on introduit l'eau de rinçage dans la fiole, on agite de façon à dissoudre complètement la poudre et on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.

SUJET 5

On prélève ensuite 200 ml de la solution obtenue et on suit l'évolution du pH lors de l'addition progressive d'une solution diluée d'hydroxyde de sodium de concentration $1,00 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. On obtient alors le tableau de résultats suivants, où V est le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé exprimé en ml.

V	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	9,0	10,0
pH	3,1	3,3	3,5	3,7	4,1	4,4	4,7
V	10,3	10,5	10,7	10,9	11,0	11,1	11,2
pH	5,0	5,2	5,7	6,6	7,1	8,6	9,3
V	11,5	11,7	12,0	13,0	14,0	16,0	
pH	9,9	10,1	10,3	10,6	10,8	11,0	

On trace ensuite le graphe de la fonction $V \mapsto \text{pH} = f(V)$ (Fig. 1).

- Faire le schéma annoté (nom du matériel, nature des solutions, etc.) de l'ensemble du dispositif de dosage.
- Déterminer le volume équivalent, en utilisant la courbe jointe, à rendre avec la copie (Fig. 1).
- Quels indicateurs colorés, parmi ceux cités ci-dessous, aurait-on pu employer, en l'absence de pH-mètre, pour déterminer ce volume équivalent? Justifier brièvement la réponse.

Indicateur	Couleur de la forme acide	Zone de virage	Couleur de la forme basique
Hélianthine	Rouge	3,1-4,4	Jaune
Rouge de méthyle	Rouge	4,2-6,2	Jaune
Bleu de bromothymol	Jaune	6,0-7,6	Bleu
Phénolphthaléine	Incolore	8,2-10	Rose

(Feuille à rendre avec la copie)

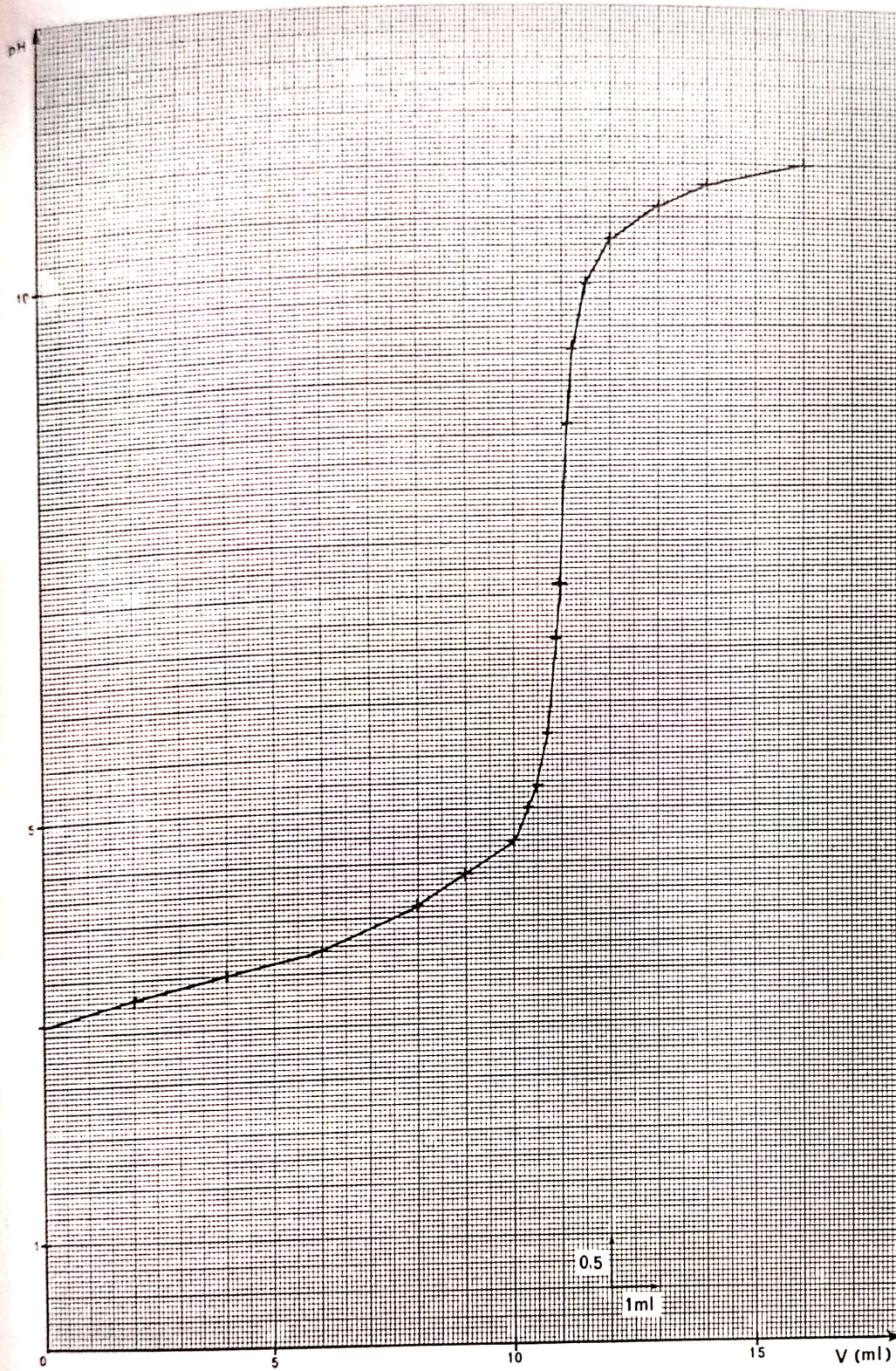


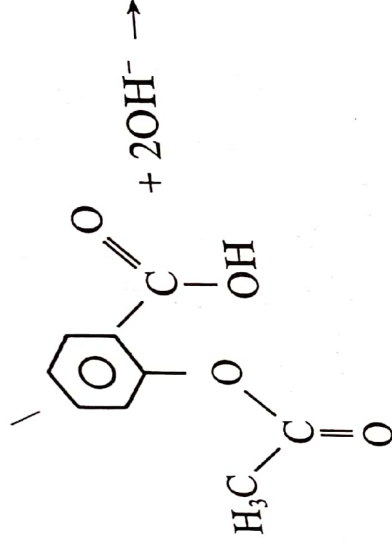
Figure 1

SUJET 5

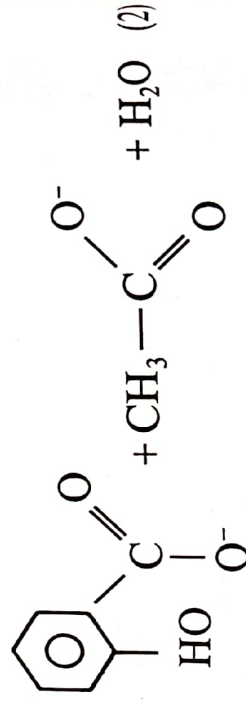
d) En utilisant l'équation-bilan 1, calculer le nombre de moles puis la masse d'acide acétylsalicylique contenus dans un comprimé d'aspirine.
Donnée : masse molaire de l'acide acétylsalicylique : $180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
Justifier la dénomination « aspirine 500 » inscrite sur la boîte.

2) Deuxième méthode

On peut aussi faire réagir une solution concentrée d'hydroxyde de sodium sur l'acide acétylsalicylique. La formule simplifiée AH utilisée précédemment ne suffit plus pour traduire l'équation-bilan, qui s'écrira comme suit :



(Acide acétylsalicylique)



équation-bilan 2

En présence d'un excès d'hydroxyde de sodium, la réaction est totale.

Dans un erlenmeyer de 100 ml, on mélange un comprimé d'aspirine avec exactement 3,5 ml (mesurés à

l'aide d'une pipette de 5 ml graduée au 1/10 ml) d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $2,00 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ et on ajoute quelques ml d'eau distillée.

On porte ce mélange réactionnel à ébullition lente pendant environ 10 min (aucun des réactifs n'est volatil) puis on laisse refroidir.

On recueille le liquide obtenu après refroidissement, on l'introduit dans un bécher, on rince l'erlenmeyer avec de l'eau distillée, on introduit l'eau de rinçage dans le bécher.

On peut alors doser l'excès d'hydroxyde de sodium à l'aide d'un monoacide fort en présence de quelques gouttes d'un indicateur coloré judicieusement choisi. On ajoute lentement l'acide fort de concentration $1,00 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ et on constate que le virage de l'indicateur a lieu lorsqu'on a versé 14,8 ml de cet acide.

a) Calculer la quantité a (exprimée en moles) d'hydroxyde de sodium placée dans l'erlenmeyer avec le comprimé d'aspirine.

b) Écrire l'équation-bilan de la réaction ayant lieu lors du dosage de l'excès d'hydroxyde de sodium par le monoacide fort utilisé. (L'excès d'hydroxyde de sodium est la quantité qui n'a pas réagi avec l'acide acétylsalicylique.)

c) Calculer la quantité b (exprimée en moles) d'hydroxyde de sodium en excès dosée par l'acide fort.

d) En utilisant l'équation-bilan 2, vérifier que la quantité c (exprimée en moles) d'acide acétylsalicylique contenue dans un comprimé d'aspirine est donnée par la relation

$$c = \frac{a - b}{2}.$$

e) A partir des résultats expérimentaux précédents, calculer c puis la masse d'acide acétylsalicylique. Comparer avec le résultat obtenu au 1) d).

Donnée : masse molaire de l'acide acétylsalicylique : $180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

*Lire l'énoncé***Mécanique**

Cet exercice s'intéresse au mouvement rectiligne accéléré d'un électron dans un champ électrique puis au mouvement circulaire dans un champ magnétique.

Électricité

On s'intéresse à la résonance en intensité dans un circuit *RLC* série; le tracé de la courbe donnant l'intensité efficace en fonction de la fréquence du signal délivré par le générateur permet de déterminer la fréquence de résonance, la bande passante, le facteur de qualité, la valeur de l'inductance et celle de la capacité du condensateur.

Physique nucléaire

On se propose d'étudier quelques propriétés des spectres d'émission de l'atome d'hydrogène et des ions He^+ et Li^{2+} , ne possédant, comme l'atome d'hydrogène, qu'un électron.

Solutions aqueuses

On se propose de déterminer la constante d'acidité du couple acide éthanoïque/ion éthanoate en mesurant le pH d'une solution aqueuse d'éthanoate de sodium.

Solutions aqueuses

Il s'agit de déterminer la masse d'acide acétylsalicylique contenue dans un comprimé d'aspirine ordinaire et de justifier la dénomination « aspirine 500 »: les deux méthodes employées reposent sur les dosages acido-basiques.

CORRIGÉ

PHYSIQUE

Exercice 1

1) a) Le champ électrique devant accélérer les électrons, particules chargées négativement, il est dirigé de l'anode vers la cathode; le champ électrique étant toujours dans le sens des potentiels décroissants, l'anode est portée à un potentiel supérieur à celui de la cathode et la différence de potentiel U est positive.

b) Appliquons le théorème de l'énergie cinétique à un électron entre la cathode et l'anode.

En négligeant la vitesse de départ de l'électron devant v_0 , et son poids devant la force électrostatique, il vient $\frac{1}{2} m v_0^2 = eU$; la vitesse v_0 a donc pour expression :

$$v_0 = \sqrt{2 \frac{e}{m} U}$$

Numériquement, $v_0 = 8,4 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ce qui confirme que l'électron n'est pas relativiste.

2) La force s'exerçant sur un électron de vitesse \vec{v} dans un champ magnétique \vec{B} est $\vec{F} = -e\vec{v} \wedge \vec{B}$.

La puissance $\vec{F} \cdot \vec{v}$ de cette force est nulle puisque \vec{F} est toujours orthogonale à la vitesse \vec{v} ; d'après le théorème de l'énergie cinétique, la force de Lorentz ne peut modifier la norme de la vitesse, mais seulement sa direction.

3) Appliquons le principe fondamental de la dynamique à l'électron uniquement soumis à la force de Lorentz : $m\vec{a} = -e\vec{v} \wedge \vec{B}$.

Si l'on suppose que le mouvement de l'électron est circulaire, l'accélération s'écrit

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{u} + \frac{v^2}{R} \vec{n}$$

dans la base de Frenet, R étant le rayon de la trajectoire.

Puisque la charge de l'électron est négative, $-e\vec{v} \wedge \vec{B} = evB\vec{n}$: on retrouve le fait déjà démontré que la vitesse v est uniforme et

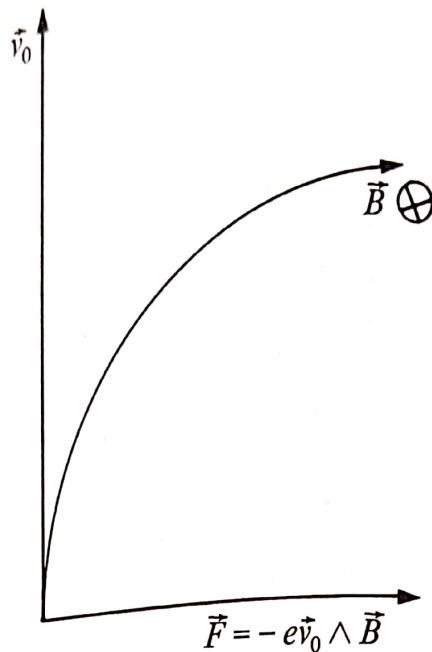
$m \frac{v_0^2}{R} = ev_0 B$; le mouvement de l'électron est circulaire et uniforme, son

rayon est :

$$R = \frac{m v_0}{e B} = \frac{1}{B} \sqrt{2 \frac{m}{e} U} = 4,77 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

SUJET 5

Le schéma demandé est représenté ci-dessous :



Exercice 2

1) L'impédance du dipôle MP soumis à la tension de pulsation ω est :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

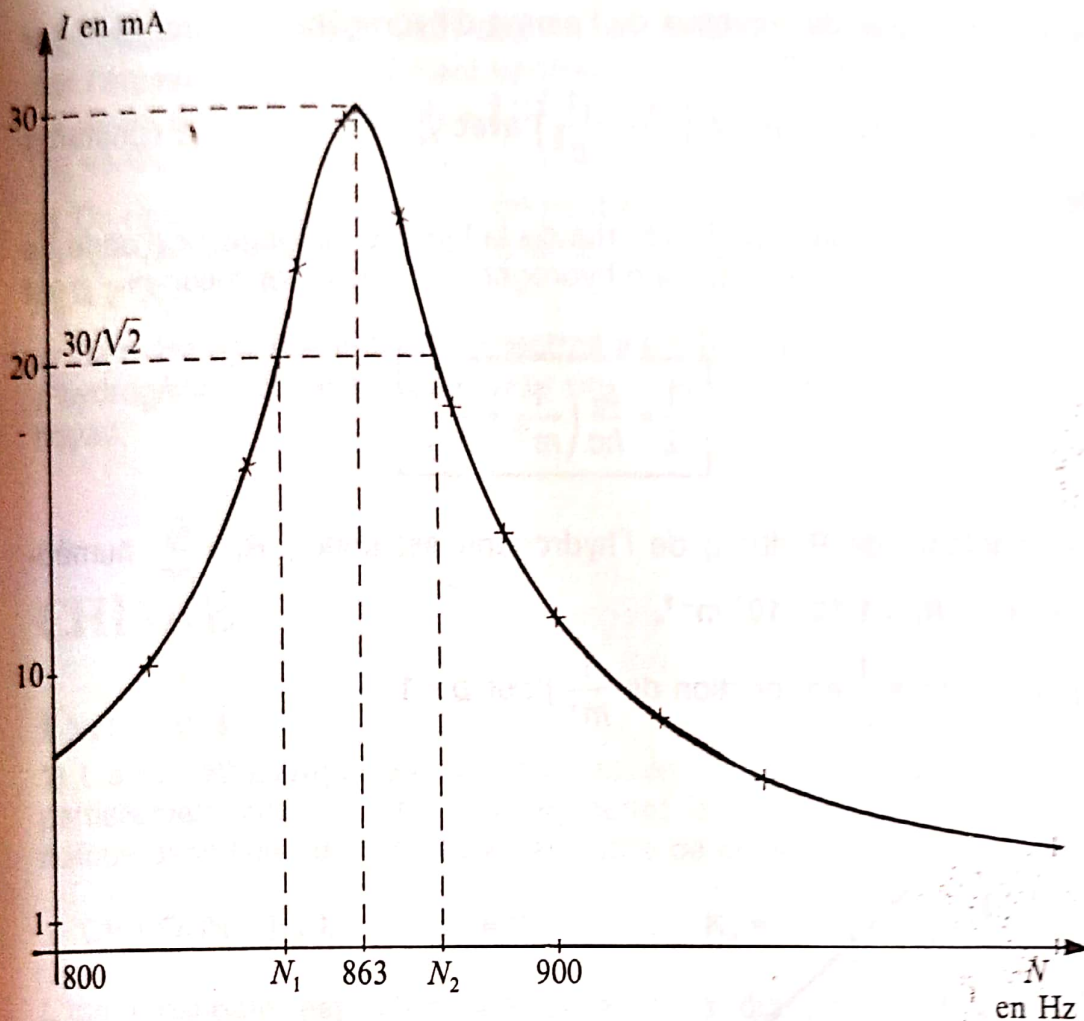
La valeur efficace de l'intensité est fonction de la pulsation ω et passe par un maximum quand la pulsation imposée par le générateur est en accord avec la pulsation des oscillations propres $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ du circuit LC : il y a alors résonance en intensité.

2) a) Traçons la courbe donnant l'intensité efficace en fonction de la fréquence (voir ci-contre).

b) A la résonance en intensité, l'impédance du circuit se réduit à la résistance R et l'intensité efficace théorique est égale au rapport de la valeur efficace de la tension délivrée par le générateur, c'est-à-dire U mesurée par le voltmètre, sur à la résistance R , soit $I_0 = \frac{U}{R} = 30 \text{ mA}$.

D'après le tableau de mesures fourni par l'énoncé, la fréquence de résonance est la fréquence correspondant à une intensité efficace de 30 mA et a pour valeur numérique $N_0 = 863 \text{ Hz}$.

3) a) La bande passante à -3 dB du dipôle est l'ensemble des fréquences telles que l'intensité efficace correspondante soit supérieure



à la valeur maximale de l'intensité efficace divisée par $\sqrt{2}$, soit 21,2 mA. La courbe précédente permet de déterminer $N_1 = 848$ Hz et $N_2 = 879$ Hz; la largeur de la bande passante est $\Delta N = 31$ Hz et la largeur relative est $\Delta N/N_0 = 3,6 \cdot 10^{-2}$.

b) Le facteur de qualité Q est l'inverse de la largeur relative de la bande passante; numériquement, $Q = 27,8$.

Puisque $Q = \frac{2\pi L N_0}{R}$, $L = \frac{QR}{2\pi N_0}$; numériquement, $L = 0,51$ H.

A la résonance en intensité existe la relation $2\pi N_0 = 1/\sqrt{LC}$, donc $C = \frac{1}{4\pi^2 L N_0^2}$; numériquement, $C = 66$ nF.

Exercice 3

1) a) L'émission ou l'absorption d'énergie sous forme de rayonnement par un atome est quantifiée car l'atome ne peut exister que dans certains états d'énergie bien définis, caractérisés par un niveau d'énergie : un photon de fréquence $\nu_{m,p}$ est émis lorsque l'atome effectue une transition entre deux niveaux d'énergie ε_n et ε_p .

SUJET 5

b) Les énergies des niveaux de l'atome d'hydrogène sont données par la relation $\epsilon_n = -\epsilon_0/n^2$.

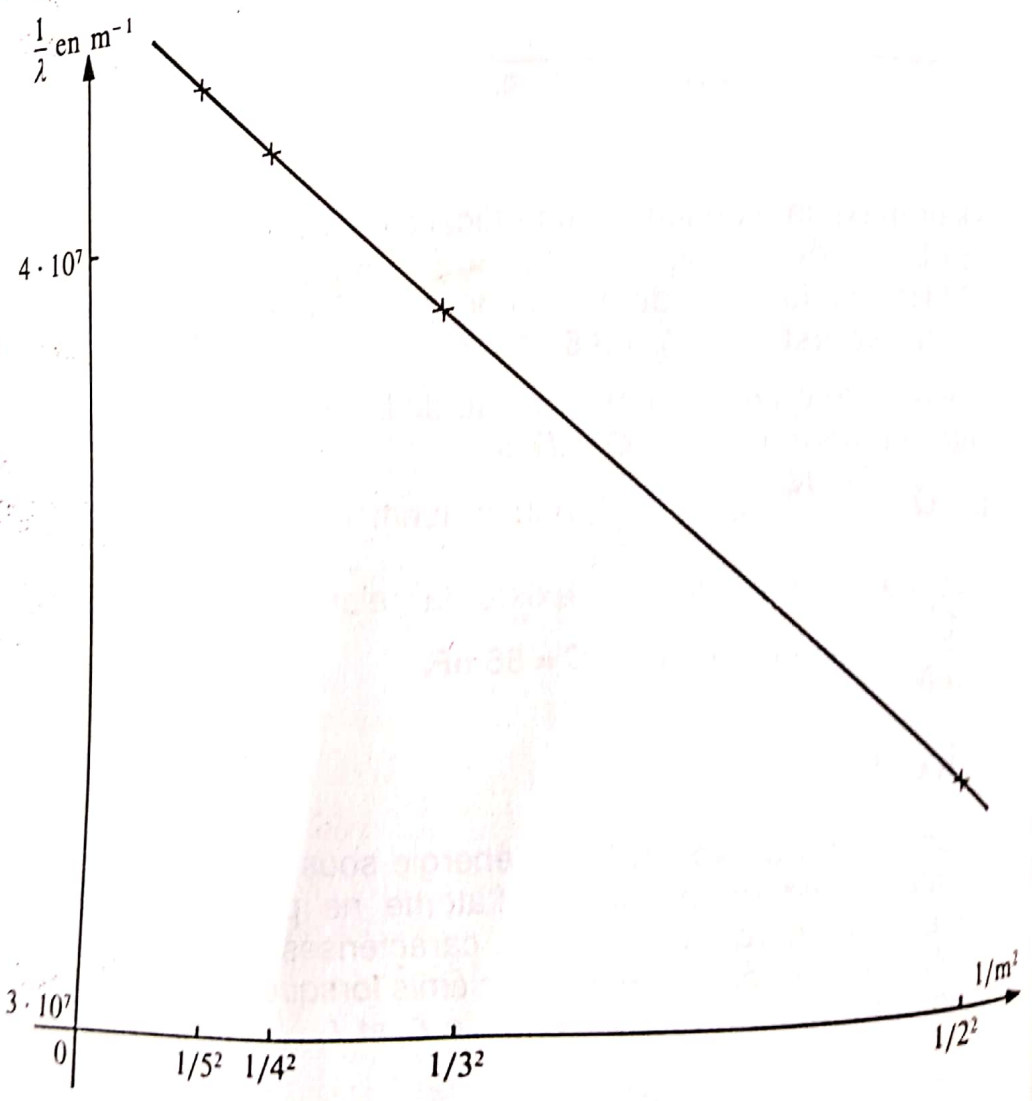
Donc $h\nu_{m,p} = \epsilon_m - \epsilon_p = -\epsilon_0\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{p^2}\right)$ avec $m > p$, h étant la constante de Planck.

Comme $\nu = c/\lambda$ où c est la célérité de la lumière, la longueur d'onde de la radiation émise par l'atome d'hydrogène lors de la transition $m - p$ est telle que :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\epsilon_0}{hc} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{p^2} \right)$$

La constante de Rydberg de l'hydrogène est donc : $R_1 = \frac{\epsilon_0}{hc}$; numériquement, $R_1 = 1,10 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$.

2) a) Traçons $\frac{1}{\lambda}$ en fonction de $\frac{1}{m^2}$ pour $p = 1$:



Les quatre points sont bien alignés sur une droite : la loi proposée par l'énoncé est effectivement vérifiée.

La pente de la droite est $R_2 = 4,39 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$.

On vérifie bien que $R_2 = 4R_1$.

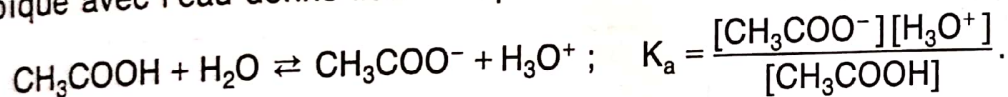
b) On remarque que $R_3 = 9R_1$; on peut en déduire que, pour un élément de numéro atomique Z , la constante de Rydberg correspondante est $R_Z = Z^2 R_1$.

c) La ressemblance entre les spectres s'explique par le fait que l'atome d'hydrogène et les ions considérés ont tous un seul électron autour du noyau.

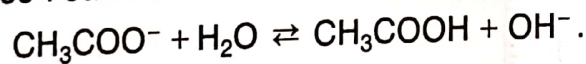
CHIMIE

Exercice 1

1) L'acide éthanoïque est un acide faible, c'est-à-dire qu'il n'est que partiellement ionisé en solution aqueuse ; la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau donne lieu à l'équilibre de constante K_a :



L'ion éthanoate est donc une base faible qui ne réagit que très partiellement avec l'eau suivant la réaction :



L'énoncé nous donnant la valeur du pH de la solution, $\text{pH} = 8,9$, nous pouvons immédiatement en déduire la concentration des ions H_3O^+ et OH^- :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,3 \cdot 10^{-9} \text{ mol} \cdot \ell^{-1} \quad \text{et} \quad [\text{OH}^-] = 7,9 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \ell^{-1},$$

le produit ionique de l'eau étant supposé égal à 10^{-14} dans les conditions de l'expérience ; on constate naturellement que, étant donnée la valeur du pH de la solution, la concentration des ions H_3O^+ peut être négligée devant la concentration des ions OH^- dans les équations du problème.

L'électroneutralité de la solution s'écrit :

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{Na}^+],$$

donc
$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{Na}^+] - [\text{OH}^-]$$

d'après la remarque ci-dessus.

Les ions Na^+ étant des ions indifférents,

$$[\text{Na}^+] = c = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}.$$

La conservation de l'espèce s'écrit :

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{CH}_3\text{COOH}] = c = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}.$$

SUJET 5

Les concentrations des ions éthanoates et des molécules d'acide éthanoïque sont donc :

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 7,9 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$$

et

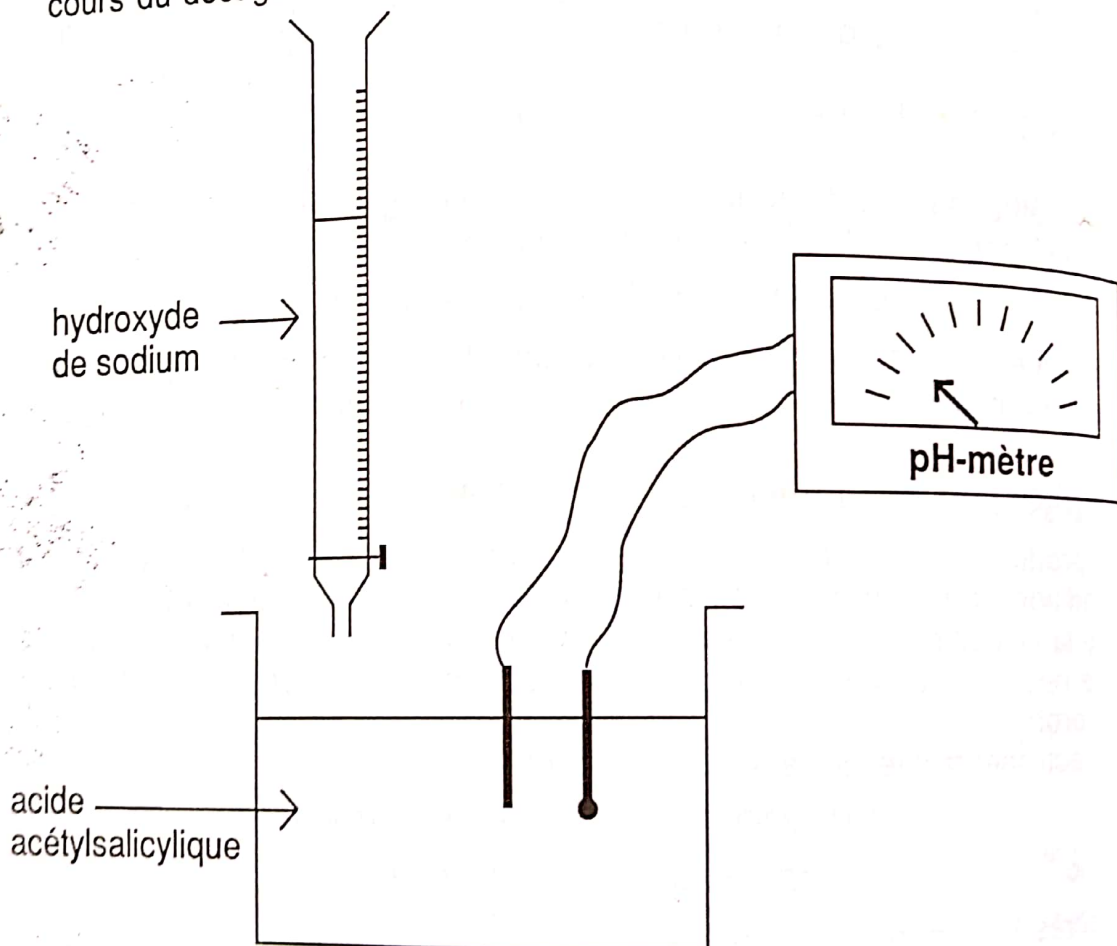
2) Les résultats précédents et la définition de la constante d'acidité du couple acide méthanoïque/ion éthanoate permet de calculer sa valeur numérique :

$$K_a = 1,58 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \ell^{-1} \quad \text{et} \quad \text{p}K_a = 4,8.$$

Exercice 2

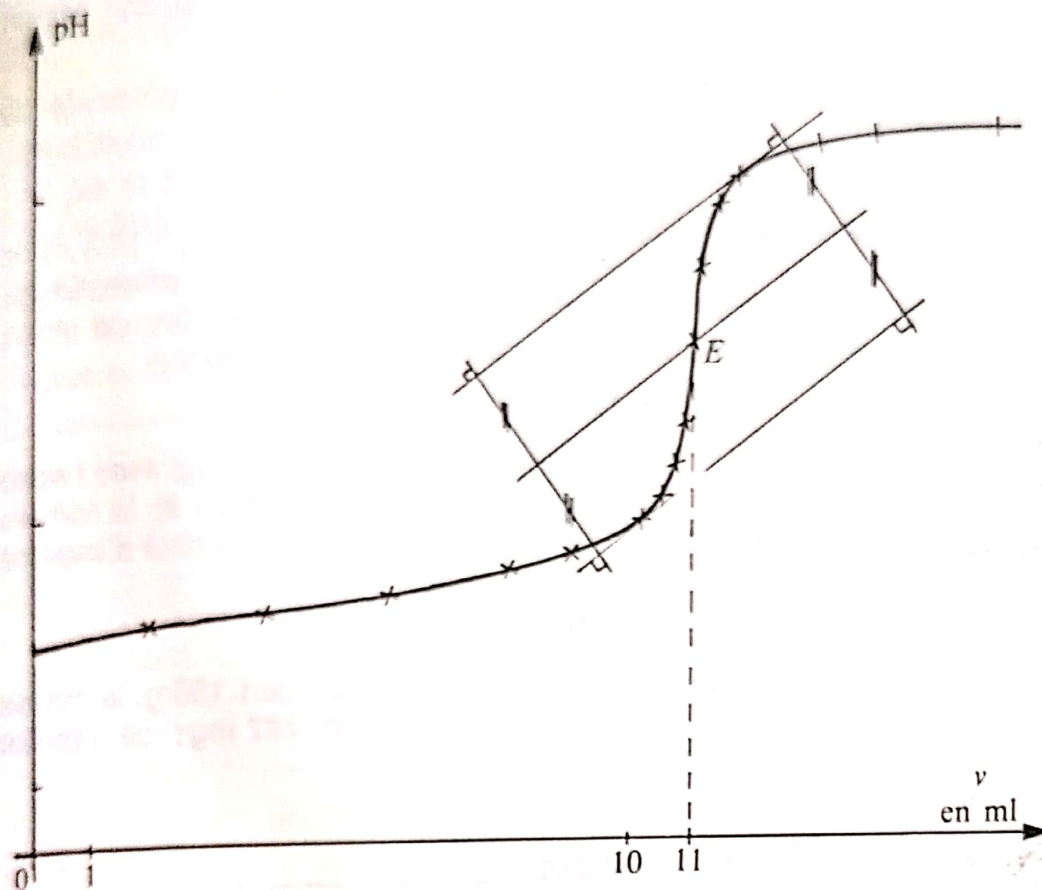
1) Première méthode

a) Les 200 ml de la solution acide à doser sont placés dans un bécher et la solution d'hydroxyde de sodium dans une burette jaugée de 20 ml, par exemple ; une électrode permet alors de suivre l'évolution du pH au cours du dosage.



b) Traçons l'évolution du pH de la solution en fonction du volume v d'hydroxyde de sodium ajouté (voir ci-contre).

Cette courbe nous permet de déterminer le volume équivalent par la méthode des tangentes : on obtient $v_e = 11,0 \text{ ml}$.



c) Le pH de la solution à l'équivalence est compris entre 7,1 et 8,6 compte tenu de l'incertitude sur la position verticale du point équivalent : on peut donc employer le bleu de bromothymol ou la phénolphthaléine pour déterminer le volume équivalent.

d) A l'équivalence existe la relation $c_a v_a = v_e c_b$, avec $v_a = 200$ ml, $v_e = 11,0$ ml et $c_b = 1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$; la concentration de la solution acide est $c_a = 5,50 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$.

Un litre de solution contient $5,50 \cdot 10^{-3}$ mole d'acide acétylsalicylique de masse molaire 180 g, soit 990 mg d'acide; les 500 ml de départ contenaient donc 495 mg d'acide; cette masse d'acide provenant d'un comprimé d'aspirine, la masse d'acide acétylsalicylique contenue dans un comprimé d'aspirine ordinaire est **495 mg**. La dénomination « aspirine 500 » signifie donc qu'un comprimé d'aspirine contient 500 mg d'acide acétylsalicylique, ce qui correspond au résultat du dosage aux incertitudes de mesures près.

2) Deuxième méthode

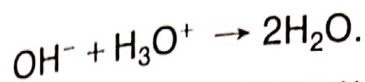
a) On mélange un comprimé d'aspirine avec 3,5 ml d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $2,00 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$; le nombre de moles d'hydroxyde de sodium correspondant est $3,5 \cdot 10^{-3} \times 2,00$, soit $a = 7,0 \cdot 10^{-3}$ mole.

Une partie de l'hydroxyde de sodium ajouté réagit avec l'acide acétylsalicylique à raison d'une mole d'acide pour deux moles d'ions OH^- ;

SUJET 5

l'excès d'hydroxyde de sodium est alors déterminé par dosage par un monoacide fort.

b) La réaction ayant lieu lors du dosage de l'excès d'hydroxyde de sodium est



c) A l'équivalence existe la relation $c_a v_a = v_e c_b$, avec $v_a = 14,8$ ml et $c_a = 1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$; le nombre de moles de solution acide ajoutée à l'équivalence est $1,48 \cdot 10^{-3}$ mole et est égal au nombre de moles d'hydroxyde de sodium initialement présent dans la solution :

$$b = 1,48 \cdot 10^{-3} \text{ mole}.$$

d) Le nombre de moles d'hydroxyde de sodium ayant réagi avec l'acide acétylsalicylique est donc $(a - b)$; d'après la remarque du a), le nombre de moles d'acide acétylsalicylique contenu dans un comprimé d'aspirine est $c = (a - b)/2$, soit numériquement

$$c = 2,76 \cdot 10^{-3} \text{ mole}.$$

e) La masse molaire de l'acide acétylsalicylique étant 180 g, la masse de cet acide contenu dans un comprimé est **497 mg**; ce résultat confirme celui de la première méthode.

Points clés à retenir

Mécanique

Le théorème de l'énergie cinétique, le principe fondamental de la dynamique et le mouvement circulaire d'un électron dans un champ magnétique.

Électricité

Les grandeurs caractéristiques d'une résonance en intensité, bande passante et facteur de qualité; l'exploitation de la courbe donnant les variations de l'intensité efficace dans le circuit en fonction de la fréquence.

Physique nucléaire

La loi donnant les longueurs d'onde des raies d'émission et sa vérification expérimentale, la ressemblance entre les spectres d'atomes ou d'ions ayant une structure électronique semblable.

Solutions aqueuses

Les définitions classiques du cours : pH, produit ionique de l'eau, électroneutralité, conservation de la matière et constante d'acidité d'un couple acide/base, et les approximations que permettent certaines valeurs numériques.

Les dosages acido-basiques et l'emploi des indicateurs colorés; les méthodes expérimentales de détermination de la masse d'acide acétylsalicylique dans un comprimé d'aspirine pouvant être utilisés dans d'autres circonstances.

Conseils de méthode

Mécanique

Ne pas se tromper dans le signe de la différence de potentiel U qui doit être une tension accélératrice pour une particule négative.

Solutions aqueuses

Tenir compte des approximations que permettent certaines valeurs numériques et ne pas oublier la présence des ions indifférents Na^+ .

6 - AMÉRIQUE DU NORD

PHYSIQUE

Exercice 1 (5 points)

Électricité (détermination de la résistance et de l'inductance d'une bobine).

Exercice 2 (4 points)

Physique nucléaire (réactions nucléaires se produisant dans le Soleil).

Exercice 3 (4 points)

Mécanique (mouvement d'un satellite géostationnaire).

CHIMIE

Exercice 1 (4 points)

Solutions aqueuses (dosages acido-basiques).

Exercice 2 (3 points)

Chimie organique (réactions de polymérisation).

ÉNONCÉ

PHYSIQUE

Exercice 1

Au laboratoire on dispose du matériel suivant :

- un générateur de tension continue ;
- un générateur de signaux basse fréquence (G.B.F.) ;
- un ampèremètre ;
- un voltmètre ;
- un multimètre ;
- un oscillographe bicourbe ;
- une résistance $R = 30 \Omega$;
- un condensateur $C = 10 \mu\text{F}$.

On désire déterminer les caractéristiques (résistance r , inductance L) d'une bobine sans noyau provenant d'un téléviseur.

1) 1^{re} méthode

On étudie la variation de l'impédance de la bobine en fonction de la fréquence en régime sinusoïdal.

a) Proposer un montage permettant de mesurer directement la tension efficace aux bornes de la bobine et l'intensité efficace qui la traverse.

b) On obtient le tableau de mesure suivant :

f en Hz	300	500	700	900	1 000	1 100	1 200
U en V	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99
I en mA	103,2	101,3	97,9	93,7	91,8	89,6	87,6

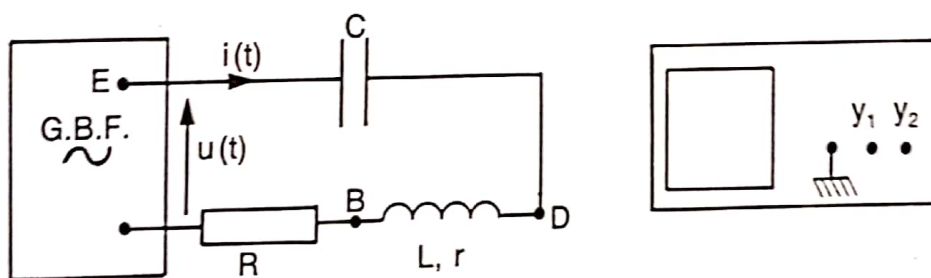
— Donner sans démonstration l'expression de l'impédance Z en fonction de la pulsation ω .

— Choisir et réaliser sur papier millimétré une représentation graphique appropriée permettant de vérifier simplement l'expression précédente.

— En déduire une valeur de r et de L .

2) 2^e méthode

On réalise le montage suivant comportant une résistance $R = 30 \Omega$ et un condensateur de capacité $C = 10 \mu\text{F}$.



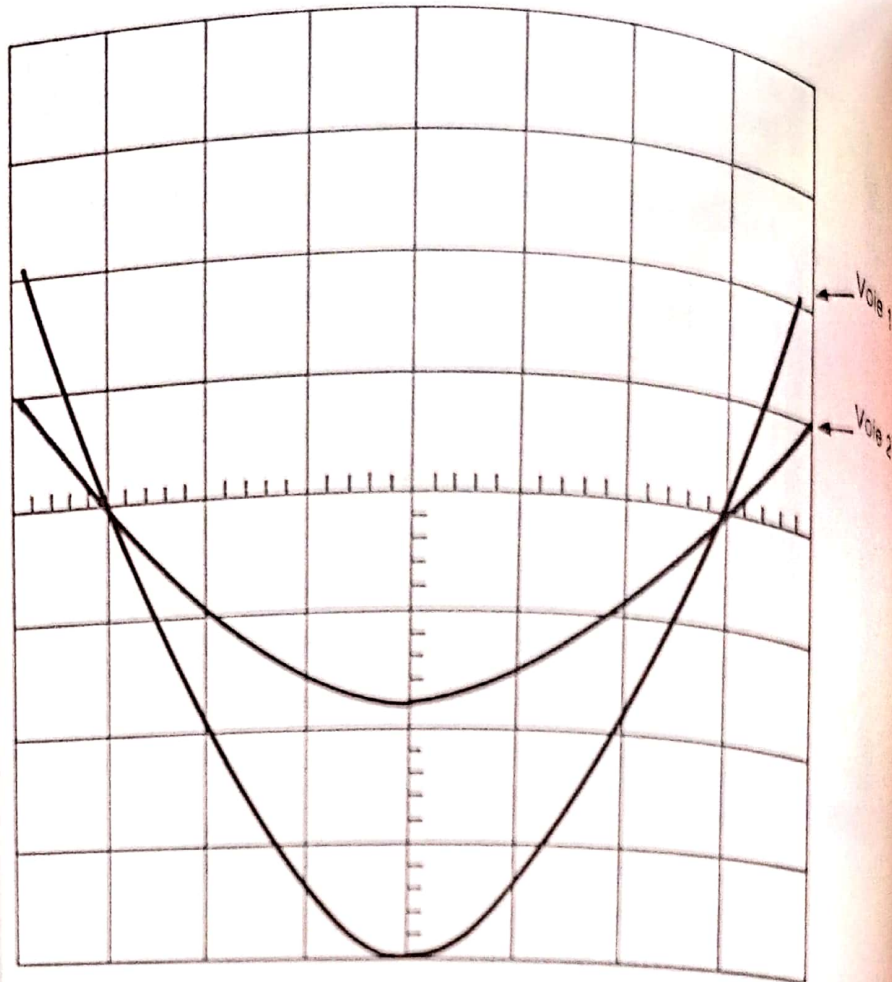
Le générateur de signaux basse fréquence (G. B. F.) fournit une tension sinusoïdale de fréquence variable.

a) Faire le schéma du montage permettant de visualiser en fonction du temps sur la voie 1 la tension $u(t)$ à la sortie du G. B. F. et sur la voie 2 l'intensité $i(t)$ qui traverse le circuit.

b) Pour une certaine fréquence on obtient les courbes suivantes :

Réglages de l'oscillographe :

- sensibilité verticale : 2 V/carreau sur chaque voie ;
- sensibilité horizontale : 100 μs /carreau.



Déduire des courbes observées :

- la valeur maximale U_{\max} de $u(t)$;
- l'intensité maximale I_{\max} de $i(t)$;
- la fréquence f du courant;
- l'impédance du circuit RLC ;
- la résistance r de la bobine;
- l'inductance L de celle-ci.

Pourquoi a-t-on choisi cette fréquence particulière?

Exercice 2

Extrait du tableau de la classification périodique des éléments.

H							He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne

Données :

Équivalences $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$
(u : unité de masse atomique);

$$1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg.}$$

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Masse du proton : $m_p = 1,00728 \text{ u}$.

Masse du neutron : $m_n = 1,00866 \text{ u}$.

Masse de l'électron : $m_e = 5,5 \times 10^{-4} \text{ u}$.

Masse du noyau d'hélium : $m({}^4_2\text{He}) = 4,00150 \text{ u}$.

Selon Bethe et Critchfield (1938) l'une des hypothèses possibles pour expliquer l'énergie fournie par le Soleil est d'envisager la succession suivante de réactions nucléaires :

- (1) ${}_1^1\text{H} + {}_1^1\text{H} + {}_{-1}^0e^- \rightarrow x$
- (2) $x + {}_1^1\text{H} \rightarrow y$
- (3) $y + {}_2^4\text{He} \rightarrow z$
- (4) $z + {}_{-1}^0e^- \rightarrow w$
- (5) $w + {}_1^1\text{H} \rightarrow 2{}_2^4\text{He}$.

x, y, z, w représentent des nucléides.

1) Quelles sont les lois utilisées pour équilibrer l'équation-bilan d'une réaction nucléaire? Équilibrer les cinq réactions nucléaires précédentes. Donner les nucléides x, y, z, w sous la forme ${}_Z^AX$.

2) Par quelle réaction globale peut-on remplacer l'ensemble des réactions (1), (2), (3), (4) et (5). Nommer et définir ce type de réaction?

3) On s'intéresse maintenant au nucléide ${}_2^4\text{He}$ résultant des réactions nucléaires précédentes.

a) Calculer le défaut de masse du noyau d'hélium.

b) En déduire l'énergie de liaison par nucléon de ce noyau (en MeV/nucléon).

SUJET 6

Exercice 3

On étudie le mouvement d'un satellite terrestre dans le repère géocentrique. Le satellite décrit une orbite circulaire dans le plan équatorial de la Terre.

- 1) Montrer que la vitesse V_s de ce satellite est constante.
- 2) Exprimer littéralement la vitesse V_s du satellite en fonction de g_0 , R_T , h .
 g_0 : intensité de la pesanteur au niveau du sol.
 R_T : rayon terrestre.
 h : altitude.
- 3) Le satellite est en fait géostationnaire.

a) Qu'est-ce qu'un satellite géostationnaire?

b) Calculer littéralement puis numériquement le rayon de l'orbite de ce satellite géostationnaire en fonction de g_0 , R_T , ω_T (ω_T : vitesse angulaire de rotation de la Terre autour de l'axe des pôles).

Données : $g_0 = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$;

$$R_T = 6\,370 \text{ km};$$

$$\omega_T = 7,29 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}.$$

c) Citer une utilisation de ce type de satellite?

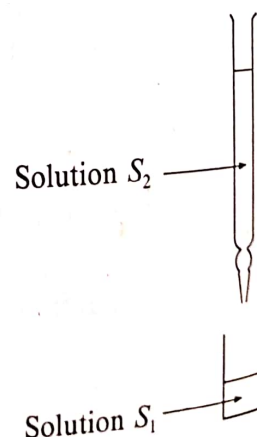
CHIMIE

Exercice 1

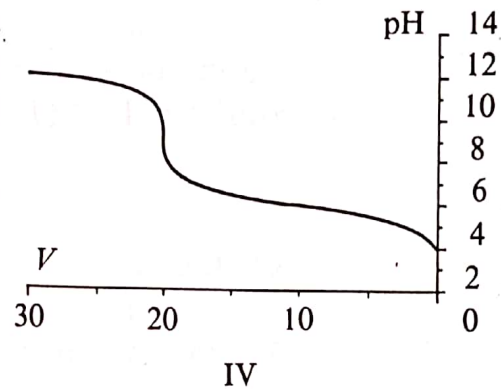
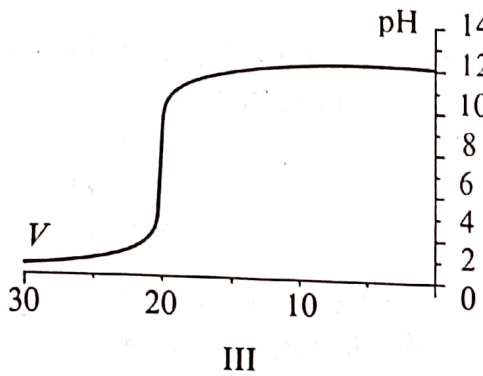
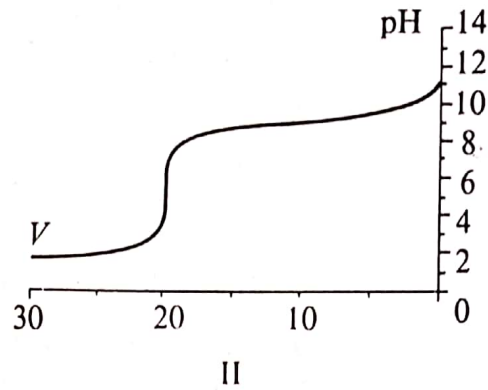
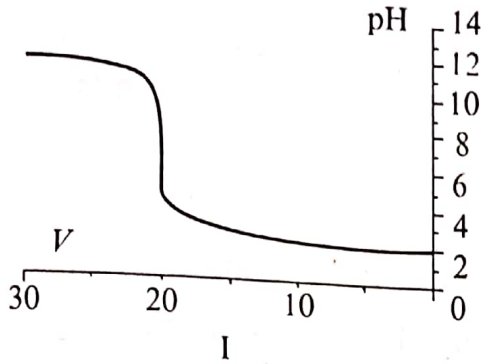
On fait agir une solution S_2 (acide fort ou base forte) sur une solution S_1 (base ou acide quelconque).

Dans tous les cas le volume et la concentration de la solution S_1 utilisée sont les mêmes.

Les courbes ci-contre représentent la variation de pH de la solution obtenue en fonction du volume de la solution S_2 ajoutée.



PHYSIQUE-CHIMIE CE



1) Montrer que les solutions ajoutées (S_2) ont toutes la même concentration.

2) Reproduire le tableau ci-dessous sur votre feuille.

	I	II	III	IV
S_1				
S_2				

Le compléter en précisant dans chaque case s'il s'agit d'un acide fort, d'un acide faible, d'une base forte ou d'une base faible.

Donner deux arguments qui justifient votre réponse.

3) Soit une solution S_1 d'acide éthanóique de concentration $10^{-1} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ et de volume $V_1 = 20 \text{ cm}^3$. Son pH est 2,9. S_2 est une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $10^{-1} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$.

- a) Calculer le pK_a de l'acide.
 b) On appelle V le volume de la solution S_2 versée.
 Donner l'allure de la courbe $pH = f(V)$ (on la notera C_1).

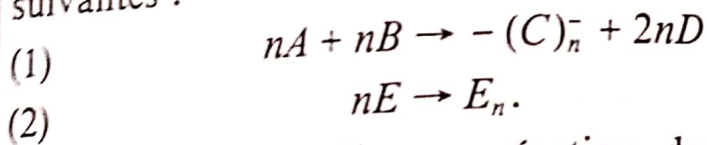
Échelles :

- abscisses : 1 cm représente $2,5 \text{ cm}^3$;
- ordonnées : 1 cm représente 1 unité de pH.

- c) On reprend 20 cm^3 d'acide éthanoïque de concentration $10^{-1} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ (solution S_1) mais on utilise une solution S_2 d'hydroxyde de sodium de concentration $5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$.
 Sur le même système d'axes qu'au b), donner l'allure de la courbe $pH = f(V)$. (On la notera C_2 .)

Exercice 2

Les polymérisations peuvent en général être représentées schématiquement par l'une ou l'autre des deux équations suivantes :



1) Comment s'appelle une réaction du type (1), une réaction du type (2)?

2) Donner la formule semi-développée de chacun des corps suivants :

- a) éthylène (éthène);
- b) monochloroéthène (chlorure de vinyle);
- c) hexanediamine-1,6 (hexane méthylène diamine);
- d) acide hexane dioïque (acide adipique).

3) Les composés du 2) peuvent donner des réactions du type (1) ou du type (2).

a) Pour chaque cas :

- Écrire l'équation-bilan en donnant la formule semi-développée du motif du polymère obtenu, et la nature du composé D éventuellement formé.

- Indiquer le nom du polymère obtenu.

b) L'un de ces polymères appartient à la famille des polyamides. Préciser lequel en justifiant votre réponse.

*Lire l'énoncé***Électricité**

Le but de l'exercice est la détermination de la résistance et de l'inductance d'une bobine par deux méthodes différentes : une méthode graphique dans la première partie, en se plaçant à la résonance en intensité d'un circuit *RLC* série dans la seconde.

Physique nucléaire

Cet exercice étudie les principales caractéristiques des réactions nucléaires au travers d'une suite de réactions pouvant expliquer l'origine de l'énergie fournie par le Soleil.

Mécanique

L'exercice est très proche du cours : on envisage le mouvement circulaire d'un satellite géostationnaire et l'on cherche à déterminer sa vitesse et le rayon de sa trajectoire.

Solutions aqueuses

On étudie, dans cet exercice, certaines caractéristiques des dosages acido-basiques et, en particulier, les différences entre le dosage d'un acide fort et d'un acide faible par une base forte, entre le dosage d'une base forte et d'une base faible par un acide fort.

Chimie organique

Il s'agit de rappeler les différents types de réactions de polymérisation et d'en donner des exemples.

CORRIGÉ**PHYSIQUE****Exercice 1**

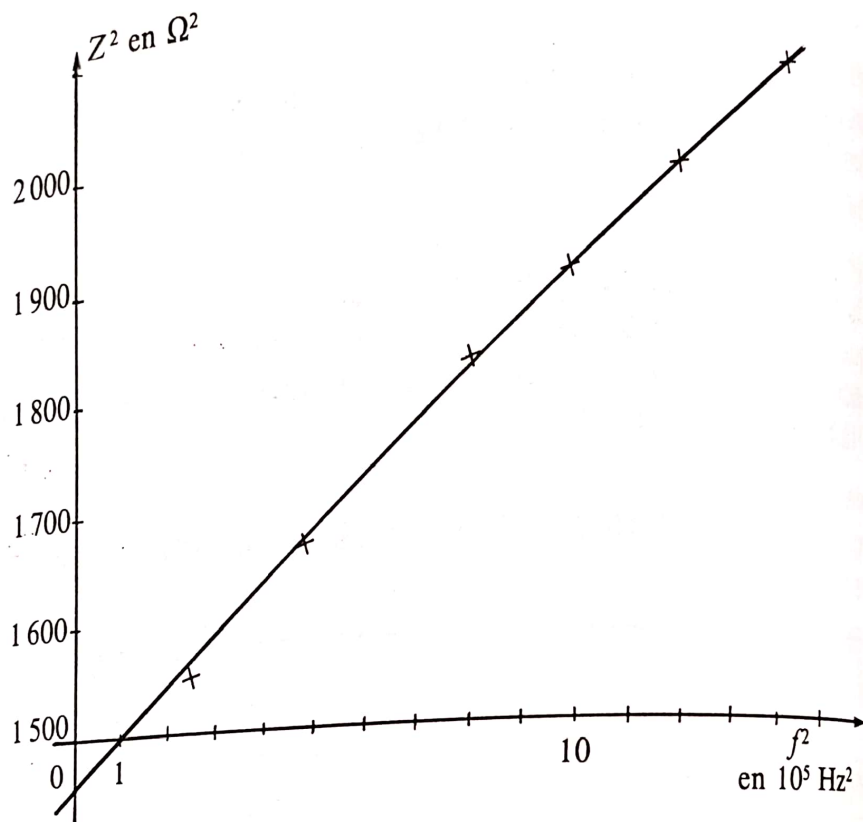
1) a) On branche la bobine aux bornes du générateur de signaux basse fréquence, éventuellement avec une résistance de protection ; afin de mesurer l'intensité efficace qui traverse la bobine, on branche un ampèremètre en série ; afin de mesurer la tension efficace aux bornes de la bobine, on branche un voltmètre en parallèle à ses bornes.

b) La bobine étant équivalente à une résistance r et à une inductance pure L montées en série, l'impédance de la bobine est :

$$Z = \sqrt{r^2 + (L\omega)^2}$$

SUJET 6

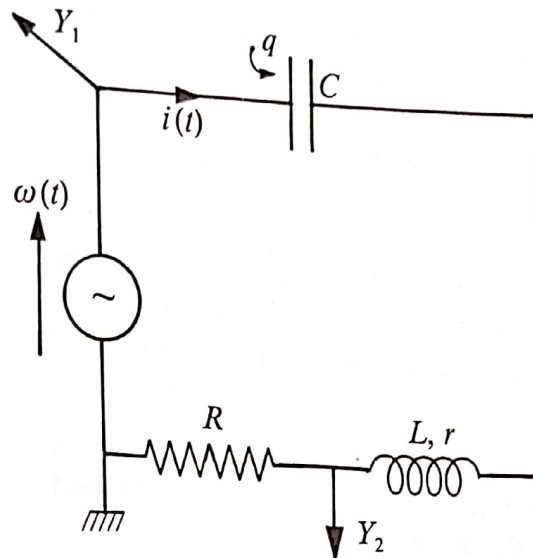
On peut vérifier simplement l'expression précédente en traçant le carré de l'impédance en fonction du carré de la fréquence; il s'agit d'une relation linéaire : sa représentation graphique est donc une droite de pente $4\pi^2 L^2$ et d'ordonnée à l'origine r^2 .
Le tableau de mesures proposé par l'énoncé permet de déterminer l'impédance en faisant le rapport de la tension efficace au courant efficace; on trace alors Z^2 en fonction de f^2 et les points expérimentaux s'alignent presque parfaitement sur une droite de pente $4,3 \cdot 10^{-4}$ et d'ordonnée à l'origine 1455.
La résistance de la bobine est $r = 38 \Omega$ et son inductance est $L = 3,3 \text{ mH}$.



2) a) Le montage permettant de visualiser la tension aux bornes du générateur et l'intensité qui traverse le circuit est schématisé ci-contre. Connaissant les réglages de l'oscilloscope et mesurant le nombre de carreaux correspondant à la valeur maximale des tensions, 4 carreaux pour la voie 1 et 1,7 carreau pour la voie 2, on obtient

$$U_{\max} = 8 \text{ V} \quad \text{et} \quad R I_{\max} = 3,4 \text{ V}, \quad \text{soit} \quad I_{\max} = 0,11 \text{ A}.$$

L'oscillogramme montre que 5,6 carreaux correspondent à une demi-période du signal; comme la sensibilité horizontale est de $100 \mu\text{s}$ par carreau, la période du signal est $1,1 \text{ ms}$ et $f = 900 \text{ Hz}$.
L'impédance du circuit est égale au rapport de la valeur maximale de $u(t)$ à la valeur maximale de $i(t)$ soit 71Ω ; l'oscillogramme montre que



le courant $i(t)$ et la tension $u(t)$ sont en phase : on est donc à la résonance en courant et l'impédance du circuit se réduit à sa résistance $R + r$ donc $r = 41 \Omega$.

Nous savons qu'alors la relation $LC\omega^2 = 4\pi^2LCf^2 = 1$ est vérifiée, donc $L = 3,2 \text{ mH}$.

Les résultats donnés par les deux méthodes sont donc parfaitement cohérents.

On choisit de se placer à la résonance en intensité car, d'une part, il est particulièrement simple de vérifier à l'oscilloscope que la tension $u(t)$ et le courant $i(t)$ sont en phase et, d'autre part, l'impédance de la portion de circuit se réduit à sa résistance et il existe la relation $LC\omega^2 = 1$.

Exercice 2

1) Les réactions nucléaires obéissent aux deux lois suivantes, permettant de les équilibrer :

— conservation de la charge : la somme des nombres de charge des nucléides formés est égale à la somme des nombres de charge des nucléides détruits. Le nombre de charge d'un nucléide est Z ;

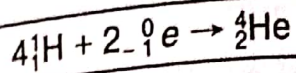
— conservation du nombre de nucléons : la somme des nombres de masse des nucléides formés est égale à la somme des nombres de masse des nucléides détruits. Le nombre de masse d'un nucléide est A . Les nucléides étant caractérisés par le nombre de leurs protons, $Z = 1$ correspond à H, $Z = 2$ à He, $Z = 3$ à Li et $Z = 4$ à Be.

On peut alors équilibrer les réactions proposées par l'énoncé et nommer les nucléides :

- (1) ${}_1^1\text{H} + {}_1^1\text{H} + {}_{-1}^0\text{e} \rightarrow {}_2^2\text{He}$
- (2) ${}_2^3\text{He} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_3^4\text{Li}$
- (3) ${}_2^3\text{He} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_4^7\text{Be}$
- (4) ${}_4^7\text{Be} + {}_{-1}^0\text{e} \rightarrow {}_3^7\text{Li}$
- (5) ${}_3^7\text{Li} + {}_1^1\text{H} \rightarrow 2{}_2^4\text{He}$

SUJET 6

2) L'ensemble des cinq réactions peut être remplacé par la réaction globale :



Il s'agit d'une réaction de fusion au cours de laquelle des nucléides légers peuvent donner un nucléide plus lourd et plus stable, ce qui entraîne la libération d'une grande quantité d'énergie.

3) a) La masse du nucléide ${}^4_2\text{He}$ est 4,001 50 u et la masse des protons et neutrons le constituant est 4,031 88 u : le défaut de masse du noyau d'hélium est donc **0,030 38 u**.

b) L'énergie de liaison du noyau est donc 28,30 MeV et l'énergie de liaison par nucléon **7,07 MeV/nucléon**.

Exercice 3

1) Appliquons le principe fondamental de la dynamique au satellite, uniquement soumis à l'attraction gravitationnelle de la Terre, dans le référentiel géocentrique ; si l'accélération du satellite est \vec{a} et le mouvement circulaire de rayon r ,

$$m\vec{a} = m\left(\frac{dv_s}{dt} \vec{t} + \frac{v_s^2}{r} \vec{n}\right) = G \frac{mM_T}{r^2} \vec{n},$$

en utilisant la base de Frenet.

La nullité de la composante de l'accélération suivant le vecteur tangent \vec{t} montre que le mouvement circulaire se fait nécessairement à vitesse uniforme.

2) Grâce au principe fondamental de la dynamique, et par projection sur la normale à la trajectoire, on obtient :

$$m \frac{v_s^2}{r} = G \frac{mM_T}{r^2} = G \frac{mM_T}{R_T^2} \frac{R_T^2}{r^2} = mg_0 \frac{R_T^2}{r^2}$$

où g_0 est l'accélération de la pesanteur au niveau du sol, donc $v_s^2 = g_0 \frac{R_T^2}{r}$.

Si h est l'altitude du satellite, $r = R_T + h$ et :

$$v_s = \sqrt{g_0 \frac{R_T^2}{R_T + h}}$$

3) a) Un satellite géostationnaire est immobile par rapport à un observateur terrestre ; son sens de rotation autour de l'axe des pôles doit donc être le même que celui de la Terre et sa vitesse angulaire est ω_T dans le référentiel géocentrique.

b) Puisque la vitesse du satellite est constante et la période du mouvement $2\pi/\omega_T$, $2\pi r = 2\pi v_s / \omega_T$, et $v_s = \omega_T r$.

Le rayon de l'orbite est donc :

$$r = \left(g_0 \frac{R_T^2}{\omega_T^2} \right)^{1/3} = 42\,140 \text{ km}$$

c) Les satellites géostationnaires sont utilisés dans le domaine des télécommunications pour correspondre entre deux continents, ou pour les observations météorologiques d'une région donnée, par exemple.

CHIMIE

Exercice 1

1) Puisque, d'une part, le volume et la concentration de la solution S_1 , et que, d'autre part, le volume de la solution S_2 versé à l'équivalence, sont les mêmes dans tous les cas, d'après les courbes proposées par l'énoncé, nous pouvons affirmer que les solutions S_2 ont toutes la même concentration.

2) Les courbes 1 et 4 correspondent au dosage d'un acide par une base forte alors que les courbes 2 et 3 correspondent au dosage d'une base par un acide fort.

La courbe 1 est celle du dosage d'un acide fort et la courbe 4 est celle du dosage d'un acide faible.

Deux arguments justifient cette réponse :

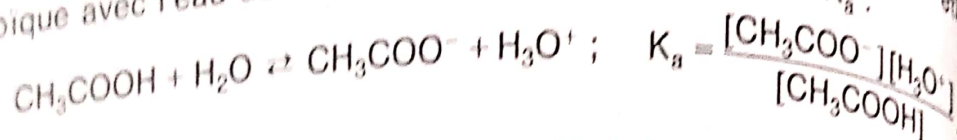
— La courbe de dosage d'un acide faible présente quatre parties distinctes alors que la courbe de dosage d'un acide fort n'en présente que trois ; dans le cas 4, la courbe présente une première partie où le pH croît assez nettement avec le volume de base forte versé : cette partie n'existe pas dans le premier cas.

— La variation de pH au voisinage de l'équivalence est moins importante dans le cas d'un acide faible que dans le cas d'un acide fort. De même, la courbe 2 est celle du dosage d'une base faible et la courbe 3 est celle du dosage d'une base forte.

SUJET 6

	I	II	III	IV
S ₁	Acide fort	Base faible	Base forte	Acide faible
S ₂	Base forte	Acide fort	Acide fort	Base forte

3) a) L'acide éthanoïque est un acide faible, c'est-à-dire qu'il n'est que partiellement ionisé en solution aqueuse; la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau donne lieu à l'équilibre de constante K_a :



L'énoncé nous donnant la valeur du pH de la solution, pH = 2,9, nous pouvons immédiatement en déduire la concentration des ions H₃O⁺ et OH⁻ :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \ell^{-1} \quad \text{et} \quad [\text{OH}^-] = 7,94 \cdot 10^{-12} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$$

le produit ionique de l'eau étant supposé égal à 10⁻¹⁴ dans les conditions de l'expérience; on constate naturellement que, étant donnée la valeur du pH de la solution, la concentration des ions OH⁻ peut être négligée devant la concentration des ions H₃O⁺ dans les équations du problème.

L'électroneutralité de la solution s'écrit :

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+], \quad \text{donc} \quad [\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

d'après la remarque ci-dessus.

La conservation de l'espèce s'écrit :

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{CH}_3\text{COOH}] = c = 0,1 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$$

Les concentrations des ions éthanoates et des molécules d'acide éthanoïque sont donc :

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$$

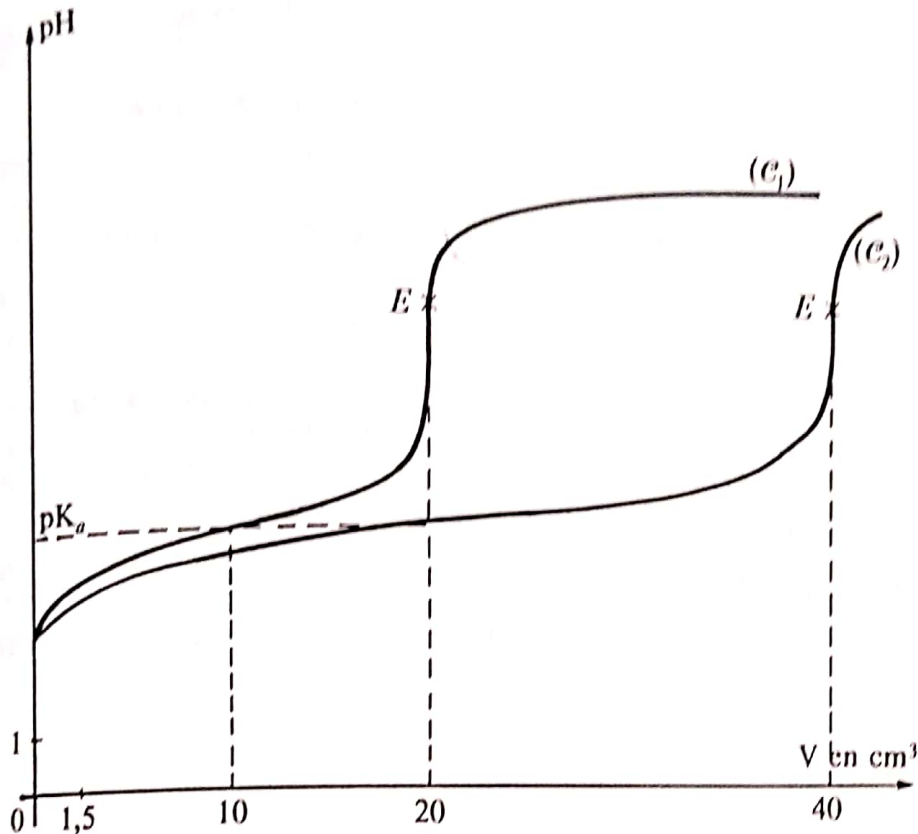
et

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 9,87 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$$

Les résultats précédents et la définition de la constante d'acidité du couple acide éthanoïque/ion éthanoate permettent de calculer sa valeur numérique :

$$K_a = 1,61 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \ell^{-1} \quad \text{et} \quad \text{p}K_a = 4,79.$$

b) L'allure de la courbe est la même que celle de la courbe 4; le volume d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence est de 20 cm³ et le pH vaut pK_a à la demi-équivalence. L'allure de la courbe pH = f(V) est représentée ci-contre :



c) La solution d'hydroxyde de sodium étant deux fois moins concentrée que la précédente, le volume équivalent est 40 cm^3 et la courbe est dilatée d'un facteur deux par rapport à la précédente.

Exercice 2

1) Une réaction de type (1) est une réaction de polycondensation au cours de laquelle un grand nombre de molécules s'unissent par des liaisons qui se forment lors de réactions entre deux groupes portés par des molécules identiques ou de deux types différents; les réactions de polycondensation s'accompagnent souvent de l'élimination de molécules d'eau ou de chlorure d'hydrogène.

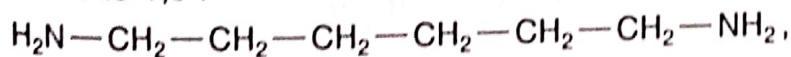
Une réaction de type (2) est une réaction de polyaddition au cours de laquelle le polymère est obtenu par addition les unes aux autres d'un grand nombre de molécules identiques.

2) Les formules semi-développées demandées sont :

a) éthylène : $\text{CH}_2=\text{CH}_2$,

b) monochloroéthène : $\text{CH}_2=\text{CHCl}$,

c) hexanediamine 1,6 :

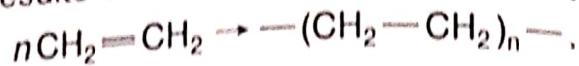


d) acide hexanedioïque : $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$.

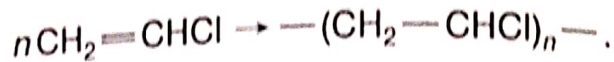
SUJET 6

3) a) Les deux premiers composés donnent des réactions de polyaddition.

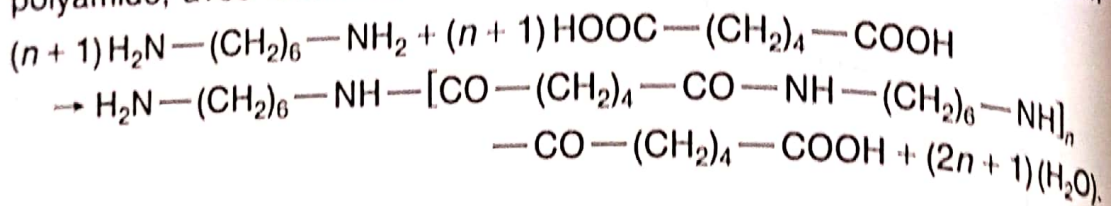
Le polyéthylène résulte de la polymérisation de l'éthylène :



Le polychlorure de vinyle résulte de la polymérisation du monochloroéthène :



b) Les deux derniers composés réagissent l'un sur l'autre par une réaction de polycondensation pour donner le nylon 6-6, qui est un polyamide, avec élimination d'eau :



Points clés à retenir

Électricité

La méthode graphique de détermination de la résistance et de l'inductance d'une bobine, les propriétés d'un circuit *RLC* série à la résonance en intensité.

Physique nucléaire

L'équilibre des réactions nucléaires.

Mécanique

Le principe fondamental de la dynamique, les caractéristiques principales du mouvement circulaire des satellites géostationnaires.

Solutions aqueuses

Les définitions classiques du cours : pH, produit ionique de l'eau, électroneutralité, conservation de la matière et constante d'acidité d'un couple acide/base, les approximations que permettent certaines valeurs numériques et les dosages acido-basiques.

Chimie organique

La bonne connaissance des réactions du cours : polyaddition et polycondensation.

Conseils de méthode

Électricité

Ne pas oublier qu'en physique, une relation qui se vérifie graphiquement de manière simple est presque toujours une relation linéaire qui permet des extrapolations aisées; donc, ne pas tracer dans cet exercice la courbe donnant les variations de l'impédance en fonction de la fréquence, mais les variations du carré de l'impédance en fonction du carré de la fréquence.

Solutions aqueuses

Tenir compte des approximations que permettent certaines valeurs numériques.

PHYSIQUE

Exercice 1 (6 points)

Électricité (détermination de la capacité d'un condensateur).

Exercice 2 (4 points)

Mécanique (mouvement d'un satellite).

Exercice 3 (3 points)

Physique nucléaire (spectre d'absorption de l'ion He^+).

CHIMIE

Exercice 1 (3,5 points)

Solutions aqueuses (dosages acido-basiques).

Exercice 2 (3,5 points)

Chimie organique (hydratation d'un alcène et oxydation d'un alcool).

ÉNONCÉ

PHYSIQUE

Exercice 1

Liste du matériel disponible : multimètre, voltmètre, ampèremètre, oscillographe électronique, générateur de fonctions basse fréquence, générateur de courant, chronomètre, interrupteurs, conducteur ohmique de résistance inconnue, bobine de coefficient d'inductance inconnu et de résistance négligeable, fils de connexion.

1) Comment mesurer la résistance R d'un conducteur ohmique?

2) On cherche à déterminer la capacité C d'un condensateur. Pour cela, on le relie à un générateur de courant fournissant une intensité constante de valeur I réglable.

a) Faire le schéma complet d'un montage permettant de :

- mesurer l'intensité du courant de charge du condensateur ;
- mesurer la tension électrique entre ses armatures ;
- effectuer une décharge très rapide du condensateur.

b) On mesure, à plusieurs reprises, la durée Δt de la charge du condensateur (à chaque fois celui-ci est initialement déchargé), la tension U_f entre ses armatures en fin de charge, et l'intensité du courant de charge. Indiquer l'ordre des manipulations à effectuer.

c) On obtient le tableau suivant. Compléter les deux dernières lignes (Q_f est la valeur de la charge finale du condensateur et C_{mes} la valeur de la capacité déduite de la mesure).

Préciser les relations utilisées :

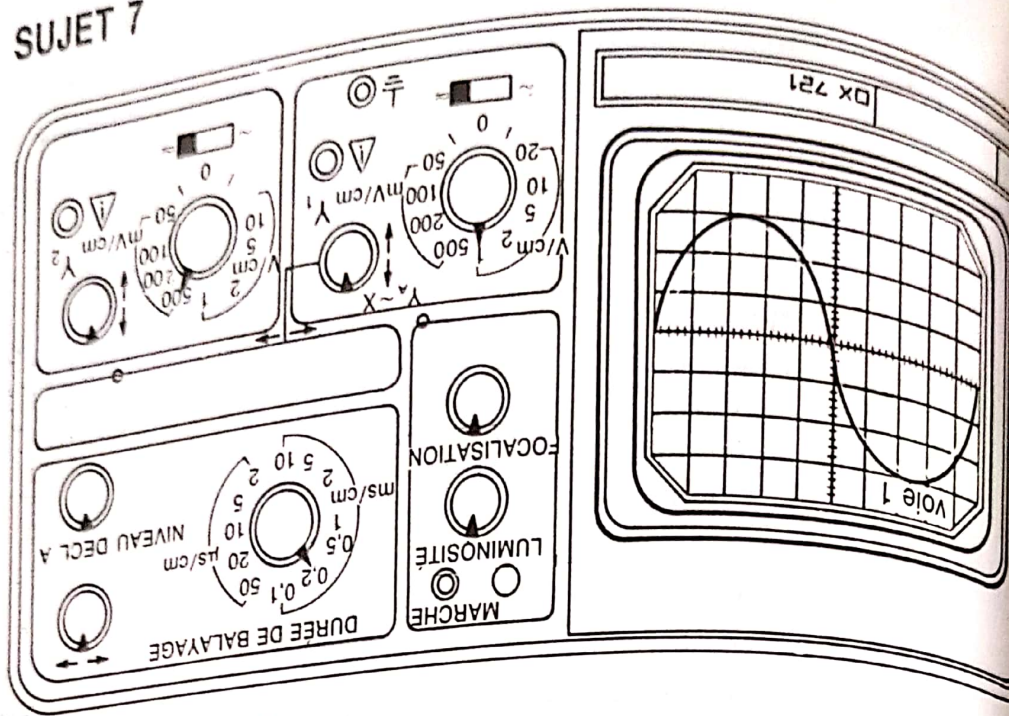
$$Q_f = \dots\dots\dots \quad C_{mes} = \dots\dots\dots$$

U_f (V)	20,1	40,1	47,9	30,0
Δt (s)	10,0	5,0	8,0	30,0
I (μ A)	1,0	4,0	3,0	0,5
Q_f				
C_{mes}				

3) On réalise un circuit RLC série, alimenté par un générateur de tension sinusoïdale basse fréquence. On utilise un condensateur de capacité $0,5 \mu\text{F}$. Après mesure, on constate que la résistance du conducteur ohmique est $R = 10 \Omega$ et que celle de la bobine est négligeable.

a) Donner le schéma d'un montage permettant de visualiser sur le même oscillographe bicourbe, les tensions $u_G(t)$ et $u_R(t)$ aux bornes du générateur et du conducteur ohmique.

b) Sur la feuille 4 bis (reproduite page suivante), on a représenté la façade de cet oscillographe.



En déduire :

- la fréquence N imposée par le générateur,
- la différence de phase entre la tension aux bornes du générateur et l'intensité du courant dans le circuit,
- les valeurs maximales, notées respectivement U_{Gm} et U_{Rm} des tensions $u_G(t)$ et $u_R(t)$,
- l'impédance Z du circuit.

Exercice 2

On considère le mouvement d'un satellite S , pouvant être assimilé à un point matériel de masse m . S est en orbite autour d'une planète P de masse M , ayant une répartition de masse à symétrie sphérique.

Le référentiel utilisé est constitué du centre O de la planète et de 3 directions fixes par rapport aux étoiles.

On considère que ce référentiel est galiléen.

L'orbite de S est un cercle de centre O , de rayon r .

1) Montrer que le mouvement de S est uniforme.
Établir l'expression de sa vitesse v en fonction de M , r et de G qui est la constante de la gravitation.

2) Établir l'expression de la période T du satellite en fonction de G , M , r .

En déduire l'expression du rapport $A = \frac{r^3}{T^2}$.

3) Application : dans le tableau suivant, on a indiqué dans chaque colonne le nom d'une planète du système solaire, le nom d'un de ses satellites ayant une orbite circulaire, la valeur de r puis celle de T pour le satellite considéré.

P	Terre	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune
S	Lune	Phobos	Europe	Téthys	Obéron	Triton
r ($\times 10^3$ km)	384	9,35	671	295	586	355
T (heures)	655	7,65	85,2	45,3	323	141

a) Calculer la valeur du rapport A pour chaque planète.

b) Utiliser le résultat de la question 2) pour déterminer, pour chaque planète, la valeur du rapport M/M_0 où M_0 représente la masse de la Terre.

Exercice 3

Les niveaux d'énergie quantifiés de l'ion He^+ sont donnés par l'expression $E_n = -\frac{54,4}{n^2}$ où n est un entier supérieur ou égal à 1, et E_n exprimé en eV.

1) Quelles sont les énergies des trois niveaux les plus stables de cet ion ?

2) L'ion He^+ dans son état fondamental, reçoit de l'énergie apportée par une radiation lumineuse monochromatique. Dire, en justifiant votre réponse, si, dans chacun des trois cas suivants, la radiation est absorbée ou pas :

$$\lambda = 25,67 \text{ nm}$$

$$\lambda' = 62 \text{ nm}$$

$$\lambda'' = 20,7 \text{ nm}$$

$\lambda, \lambda', \lambda''$ représentent les longueurs d'onde dans le vide des radiations.

SUJET 7

Données :

Constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

Célérité des ondes lumineuses dans le vide :

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Charge électrique élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$;
 $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

CHIMIE

Exercice 1

On prépare 1 litre de solution S d'éthanoate de sodium à partir de 8,2 g de solide cristallisé hydraté auquel on attribue la formule $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}, n\text{H}_2\text{O}$. On se propose de déterminer le nombre entier n .

On prélève 10 ml de cette solution auxquels on ajoute progressivement une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène de concentration molaire volumique $c = 10^{-1} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ et on enregistre l'évolution du pH.

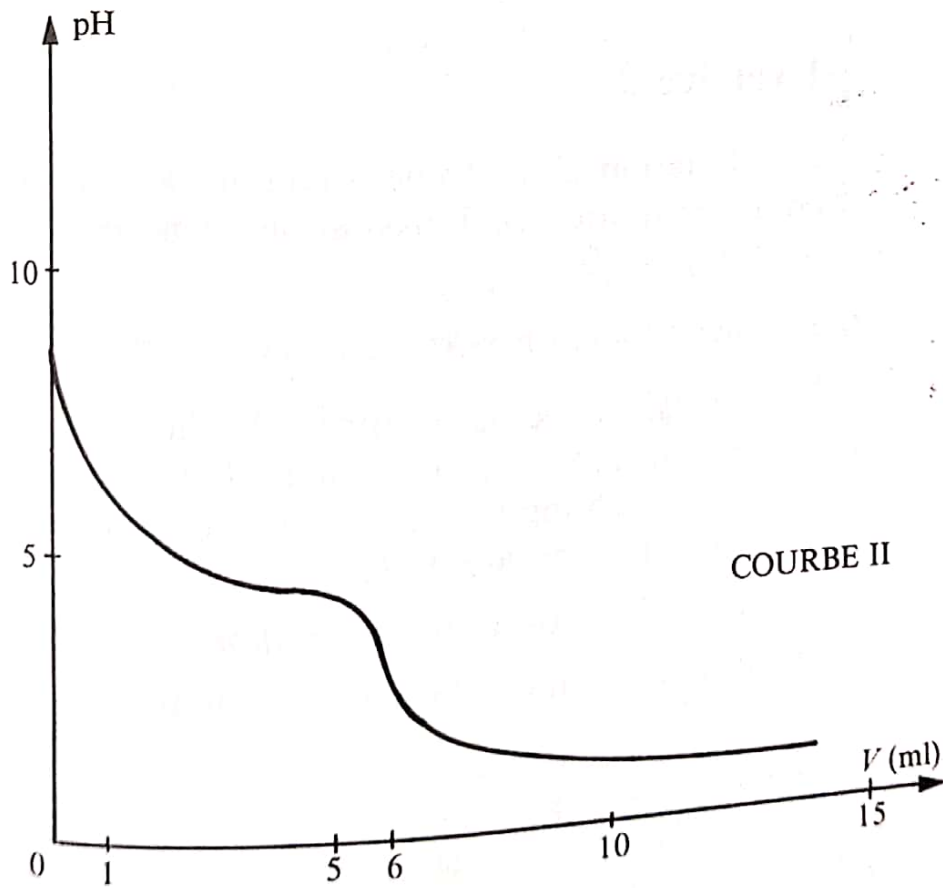
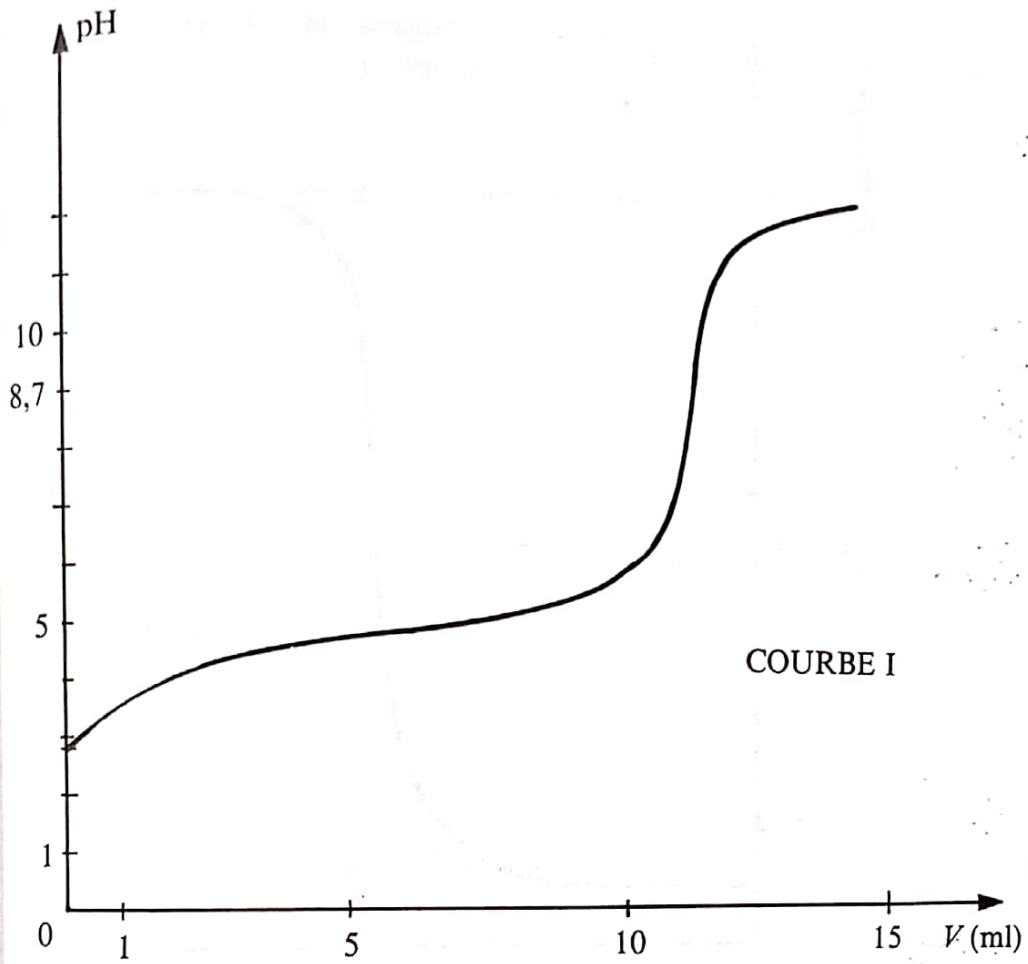
1) Décrire brièvement la manipulation effectuée en précisant le nom des ustensiles utilisés.

2) Parmi les courbes figurant en annexe (voir ci-contre et page suivante), laquelle correspond à l'expérience réalisée? Dire pourquoi les autres ne correspondent pas.

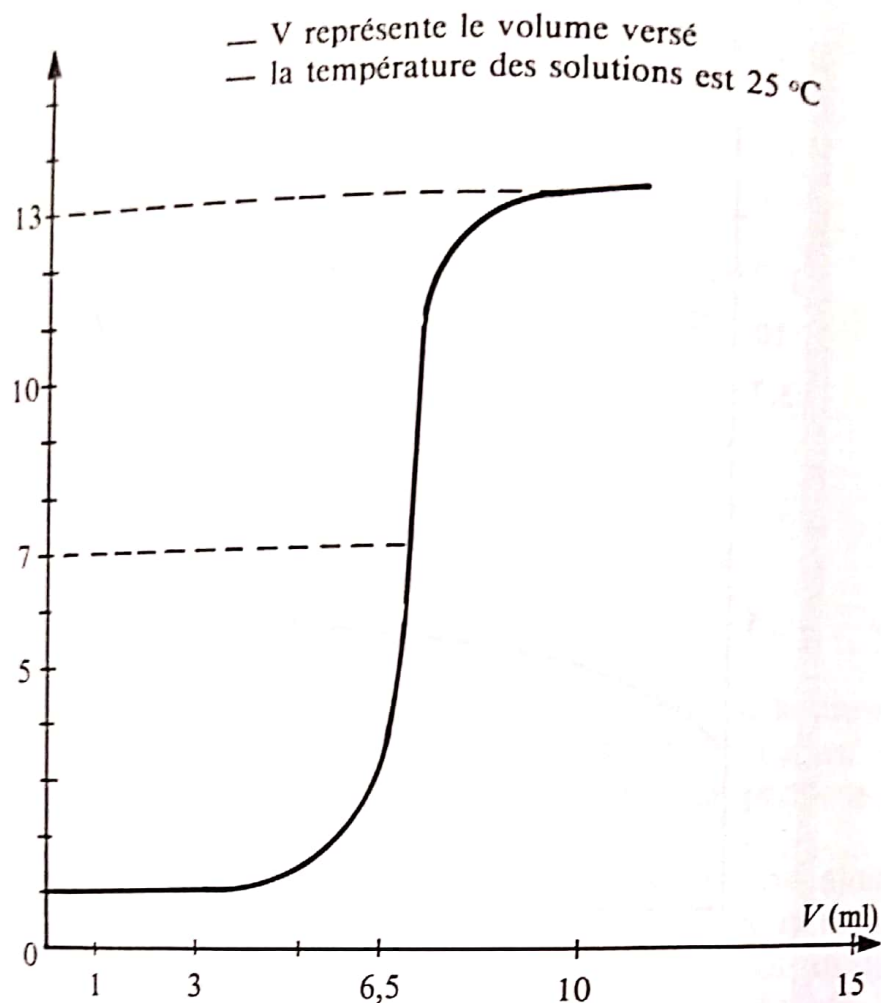
3) Quelle est la concentration molaire volumique de la solution S ?

4) En déduire la valeur de n .

Données : masses molaires atomiques (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)
 $\text{C} : 12; \text{H} : 1; \text{O} : 16; \text{Na} = 23$.



SUJET 7



Exercice 2

L'hydratation d'un alcène *A* conduit à la formation d'un composé unique *B*. L'oxydation ménagée de *B* produit un composé *D*.

- 1) Quelle fonction porte le composé *B*?
- 2) *D* réagit avec la dinitro-2,4 phényl hydrazine en formant un précipité jaune, mais *D* ne réagit pas avec la liqueur de Fehling ni avec une solution aqueuse acidifiée de permanganate de potassium.
 - a) Quelle fonction porte le composé *D*?
 - b) En déduire une information plus précise sur la structure de *B*.
- 3) La densité de vapeur de *B* par rapport à l'air est environ 2,55. Quelle est la formule brute de *B*? Quelle est sa formule semi-développée?

4) Quelle est la formule semi-développée de A ? Donner le nom des composés A , B et D .

Données : masses molaires atomiques (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) :
 $\text{C} : 12; \text{H} : 1; \text{O} : 16.$

Lire l'énoncé

Electricité

Le but principal de l'exercice est la détermination de la capacité d'un condensateur par l'étude de sa charge à courant constant.

Mécanique

L'exercice est très proche du cours : on envisage le mouvement circulaire d'un satellite autour d'une planète, et on déduit le rapport de la masse de la planète à la masse de la Terre de la connaissance du rayon et de la période du satellite.

Physique nucléaire

Cet exercice étudie les niveaux d'énergie de l'ion He^+ , puis s'intéresse à la possibilité d'absorption de radiations données.

Solutions aqueuses

Dans cet exercice, on cherche à déterminer la formule exacte d'un sel hydraté, l'annodate de sodium, à l'aide d'un dosage acido-basique par une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène.

Chimie organique

Il s'agit de déterminer la formule semi-développée d'un alcène : pour cela, on hydrate l'alcène en alcool dont on détermine la classe en l'oxydant puis la formule brute en mesurant sa densité par rapport à l'air.

CORRIGÉ

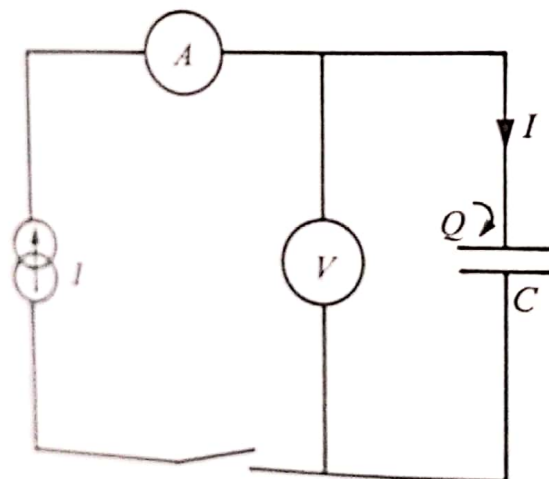
PHYSIQUE

Exercice 1

1) La mesure de la résistance d'un conducteur ohmique peut se faire de la manière suivante : on branche en série, aux bornes du générateur, le conducteur ohmique et un ampèremètre et on place un voltmètre aux bornes du conducteur ohmique ; on détermine ainsi la valeur efficace du courant traversant le conducteur ohmique et la valeur efficace de la tension à ses bornes.

Une autre méthode consiste à utiliser le multimètre qui peut généralement fonctionner en ohmmètre. Il suffit alors de le brancher aux bornes de la résistance à vide. Le principe reste identique à celui de la première méthode ; le multimètre, qui contient une pile, sert de générateur de tension continue étalonné, mesure l'intensité résultante, et dispose d'une échelle directement graduée en ohms. Cette méthode est en général moins précise, mais plus rapide que la précédente.

2) a) Le montage doit comprendre, en série, le générateur de courant, le condensateur, un ampèremètre pour déterminer l'intensité du courant et un interrupteur permettant d'effectuer une décharge très rapide du condensateur ; on place un voltmètre aux bornes du condensateur pour connaître la valeur de la tension à ses bornes.



b) Le condensateur est chargé par un courant I constant et initialement déchargé : sa charge est donc proportionnelle au temps. On ferme l'interrupteur à l'instant où l'on déclenche le chronomètre et on suit l'évolution de la tension au cours du temps ; on relève la valeur du courant de charge lue à l'ampèremètre ; on arrête le chronomètre au bout d'un temps Δt et on relève alors la valeur de la tension U_1 aux bornes du condensateur lue au voltmètre.

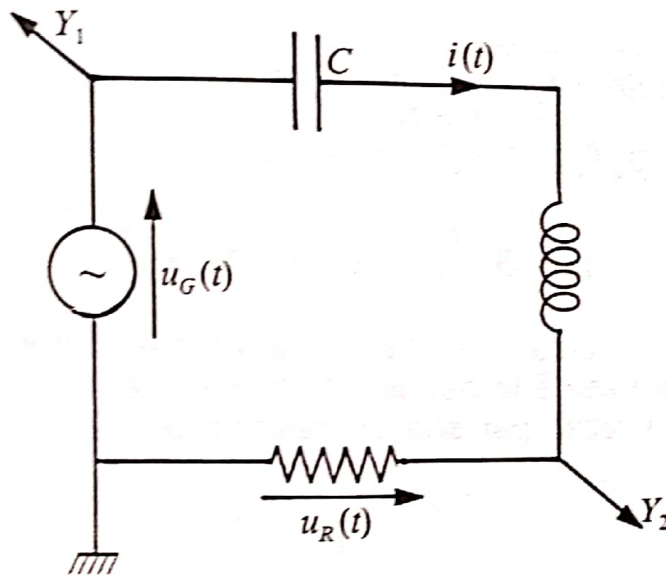
c) La multiplication du courant de charge par le temps Δt donne la charge du condensateur Q_1 au bout de ce temps Δt , puis le rapport à la tension U_1 donne la valeur de la capacité C du condensateur.

Le tableau de mesures complet est représenté ci-dessous :

U_g (V)	20,1	40,1	47,9	30,0
Δt (s)	10,0	5,0	8,0	30,0
I (μ A)	1,0	4,0	3,0	0,5
Q (μ C)	10	20	24	15
C_{mes} (10^{-7} F)	4,97	4,99	5,01	5,00

La valeur de la capacité du condensateur est donc $C = 5,0 \cdot 10^{-7}$ F.

3) a) Le schéma du montage permettant de visualiser sur le même oscillographe les tensions aux bornes du générateur et du conducteur ohmique est représenté ci-dessous :



b) La période des signaux correspond à huit carreaux sur l'oscillogramme; la sensibilité horizontale étant 0,5 ms/carreau, la période des signaux est 4 ms et leur fréquence 250 Hz.

La différence de phase entre les tensions correspond à un carreau sur l'oscillogramme; comme huit carreaux correspondent à 2π , la différence de phase entre les tensions est $\pi/4$.

La valeur maximale de la tension aux bornes du générateur est ZI_m où Z est l'impédance du circuit RLC série et la valeur maximale de la tension aux bornes du conducteur ohmique est RI_m . Puisque l'impédance du circuit est supérieure à R , la tension U_{Gm} est supérieure à la tension U_{Rm} ; la sensibilité verticale étant 500 mV/carreau, la valeur maximale de la tension aux bornes du générateur est $U_{Gm} = 1,5$ V et la valeur maximale de la tension aux bornes du conducteur ohmique est $U_{Rm} = 1$ V.

SUJET 7

La résistance du conducteur ohmique étant 10Ω , la valeur maximale du courant est 100 mA ; l'impédance du circuit est égale au rapport de la valeur maximale de la tension aux bornes du générateur à la valeur maximale du courant, soit $Z = 15 \Omega$.

Exercice 2

1) Appliquons le principe fondamental de la dynamique au satellite, uniquement soumis à l'attraction gravitationnelle de la planète, dans le référentiel planétocentrique; si l'accélération du satellite est \vec{a} et le mouvement circulaire de rayon r ,

$$m\vec{a} = m\left(\frac{dv}{dt}\vec{t} + \frac{v^2}{r}\vec{n}\right) = G\frac{mM}{r^2}\vec{n},$$

en utilisant la base de Frenet.

La nullité de la composante de l'accélération suivant le vecteur tangent \vec{t} montre que le mouvement circulaire se fait nécessairement à vitesse uniforme.

La projection du principe fondamental de la dynamique sur la normale à la trajectoire donne $m\frac{v^2}{r} = G\frac{mM}{r^2}$,

donc
$$v^2 = G\frac{M}{r}, \quad \text{et} \quad v = \sqrt{G\frac{M}{r}}.$$

2) Le mouvement circulaire se faisant à vitesse uniforme, la circonférence du cercle est liée à la période du mouvement par $2\pi r = vT$; donc, en remplaçant la vitesse par son expression précédemment établie :

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{GM}}\sqrt{r^3},$$

et :

$$A = \frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$$

3) a) La valeur du rapport A pour chaque planète est :

$A = 1,32 \cdot 10^{11} \text{ km}^3/\text{h}^2$ pour la Terre,

$A = 1,40 \cdot 10^{10} \text{ km}^3/\text{h}^2$ pour Mars,

$A = 4,16 \cdot 10^{13} \text{ km}^3/\text{h}^2$ pour Jupiter,

$A = 1,25 \cdot 10^{13} \text{ km}^3/\text{h}^2$ pour Saturne,

$A = 1,93 \cdot 10^{12} \text{ km}^3/\text{h}^2$ pour Uranus,

$A = 2,25 \cdot 10^{12} \text{ km}^3/\text{h}^2$ pour Neptune.

b) Le rapport de la valeur de A correspondant à la planète sur la valeur de A correspondant à la Terre est égal à la valeur du rapport de la masse de la planète envisagée sur la masse de la Terre; on obtient donc :

0,11 pour Mars, 315 pour Jupiter, 94,7 pour Saturne, 14,6 pour Uranus et 17,0 pour Neptune.

Exercice 3

- 1) Les énergies des trois niveaux les plus stables de l'ion He^+ correspondent aux valeurs les plus négatives, c'est-à-dire à $n=1$, $n=2$ et $n=3$; numériquement : $\epsilon_1 = -54,4 \text{ eV}$, $\epsilon_2 = -13,6 \text{ eV}$ et $\epsilon_3 = -6,0 \text{ eV}$.
- 2) Une radiation est absorbée si l'énergie $h\nu = hc/\lambda$ du photon correspondant est égale à la différence d'énergie entre l'état fondamental et un état excité n ; donc :

$$\frac{hc}{\lambda} = \epsilon_n - \epsilon_1 = -\epsilon_1 \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \quad \text{et} \quad n = \left(1 + \frac{hc}{\lambda \epsilon_1}\right)^{-1/2}$$

Déterminons la valeur numérique de n sans oublier d'exprimer ϵ_1 en joules; pour que la radiation envisagée soit effectivement absorbée, cette valeur numérique doit être entière.

- Lorsque $\lambda = 25,67 \text{ nm}$, $n = 3$: la radiation est absorbée.
- Lorsque $\lambda = 62 \text{ nm}$, $n = 1,26$: la radiation n'est pas absorbée.
- Lorsque $\lambda = 20,7 \text{ nm}$, il n'existe pas de valeur de n , entière ou non, satisfaisante : la radiation n'est pas absorbée.

CHIMIE

Exercice 1

- 1) On prélève 10 ml de la solution d'éthanoate de sodium, à l'aide d'une pipette jaugée de 10 ml, que l'on place dans un bécher; la solution de chlorure d'hydrogène est placée dans une burette et l'évolution du pH au cours du dosage est suivie par une électrode reliée au pH-mètre.
- 2) La solution d'éthanoate de sodium est une solution de base faible et, au cours du dosage par une solution d'acide fort, le pH ne peut que diminuer : la courbe correspondante est donc la courbe 2.
- 3) Le volume d'acide versé à l'équivalence est 6 ml, d'après la courbe proposée par l'énoncé; nous savons qu'alors existe la relation $c_a v_a = c_b v_b$; la concentration de la solution S est donc $6 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$.
- 4) Un litre de solution S contient $6 \cdot 10^{-2}$ mole d'éthanoate de sodium. La masse molaire de l'éthanoate de sodium est, en grammes, $82 + 18n$; comme un litre de solution S est préparé à partir de 8,2 g de solide, le

SUJET 7

nombre de moles d'éthanoate de sodium correspondant est $8,2/(82 + 18n) = 6 \cdot 10^{-2}$, donc $n = 3,0$.

Compte tenu des incertitudes de mesure sur la détermination du volume équivalent et n devant être entier, $n = 3$.

Exercice 2

1) L'hydratation d'un alcène conduit à un composé B qui est un alcool saturé : le groupe hydroxyle $-OH$ est le groupe caractéristique des alcools.

2) a) L'oxydation ménagée d'un alcool conduit, lorsqu'elle est possible, à un aldéhyde ou une cétone ; ceci est confirmé par le test positif à la dinitro-2-4 phényl hydrazine.

Le composé D ne réagissant pas avec la liqueur de Fehling, il s'agit d'une **cétone** ; une cétone n'étant pas oxydable par une oxydation ménagée, il n'y a pas de réaction entre le composé D et la solution aqueuse acidifiée de permanganate de potassium.

Une cétone comporte le groupe carbonyle $C=O$, le carbone fonctionnel étant lié à deux autres atomes de carbone.

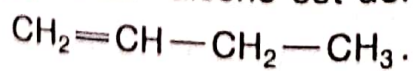
b) Puisque son oxydation ménagée conduit à une cétone, le composé B est un **alcool secondaire**.

3) La masse d'une mole d'air est 29 g et la densité de la vapeur d'alcool par rapport à l'air est 2,55 : la masse molaire de l'alcool est donc 74 g. La formule brute d'un alcool saturé étant $C_nH_{2n+2}O$, sa masse molaire exprimée en grammes est $14n + 18$ et $n = 4$: la formule brute de B est donc $C_4H_{10}O$.

La formule semi-développée est $CH_3-CHOH-CH_2-CH_3$: il s'agit du **butanol-2** dont l'oxydation conduit à la **butanone** (composé D).

4) Nous savons que, d'après la règle de Markovnikov, l'addition d'un composé $H-A$ sur la double liaison d'un alcène conduit de façon préférentielle à la fixation du groupe A sur l'atome de carbone le plus substitué, l'atome d'hydrogène se fixant alors sur l'atome de carbone le plus hydrogéné.

La formule semi-développée de l'alcène est donc



Il s'agit du **butène-1**.

*Points clés à retenir***Electricité**

La charge d'un condensateur à courant constant et la détermination des caractéristiques d'un circuit *RLC* série à partir d'un oscillogramme.

Mécanique

Le principe fondamental de la dynamique, les caractéristiques principales du mouvement circulaire des satellites.

Physique nucléaire

La quantification des niveaux d'énergie de l'ion He^+ et les postulats de Bohr.

Solutions aqueuses

Les dosages acido-basiques et la méthode de détermination d'une formule brute.

Chimie organique

La bonne connaissance des réactions du cours : hydratation des alcènes, règle de Markovnikov et oxydation des alcools.

*Conseils de méthode***Mécanique**

Il n'est pas nécessaire d'exprimer r en mètres et T en secondes pour donner les valeurs numériques de A puisque l'on fait ensuite un rapport de ces grandeurs.

Physique nucléaire

Se souvenir que n doit être entier pour que la radiation soit absorbée.

Solutions aqueuses

Ne pas oublier que n doit être entier !

Chimie organique

Se souvenir de la règle de Markovnikov lors de l'hydratation d'un alcène.

8 - ÉTRANGER GROUPE 1

PHYSIQUE

Exercice 1 (5 points)

Mécanique (mouvement d'un solide accroché à un ressort).

Exercice 2 (3 points)

Électricité (étude d'un circuit RLC série).

Exercice 3 (5 points)

Physique nucléaire (désintégration du césium).

CHIMIE

Exercice 1 (3,5 points)

Solutions aqueuses (étude d'une solution d'acide chlorhydrique).

Exercice 2 (3,5 points)

Chimie organique (polymérisation du chlorure de vinyle).

ÉNONCÉ

PHYSIQUE

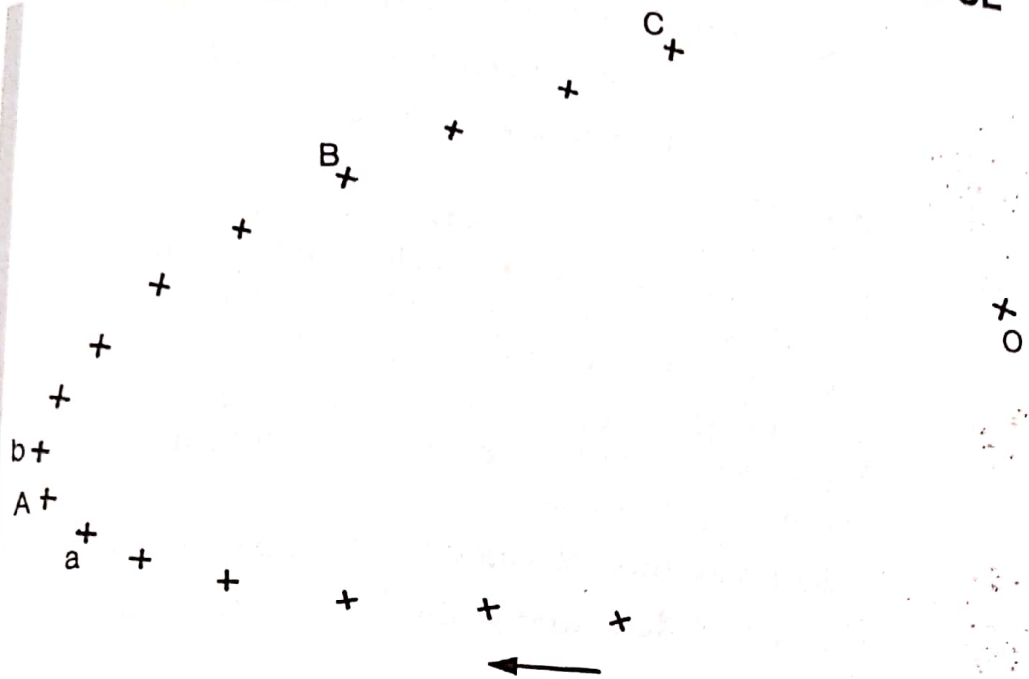
Exercice 1

Le document ci-joint, représenté ci-contre, à rendre avec la copie, représente la trajectoire du centre d'inertie d'un mobile auto-porteur, placé sur une table horizontale. La trajectoire est enregistrée dans les conditions suivantes : Le mobile est relié à un élastique attaché à un point fixe O du plan d'enregistrement.

Cet élastique est tendu pendant une partie de l'enregistrement.

L'intervalle de temps qui sépare deux points de cet enregistrement vaut $\Delta t = 2 \times 10^{-2}$ s.

1) On se propose de représenter, en prenant A comme origine, la variation $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ du vecteur vitesse. Pour cela on assimilera la trajectoire à deux segments aA et Ab le long desquels la vitesse sera considérée comme constante.



a) Donner les caractéristiques des vecteurs vitesses, \vec{v}_1 entre a et A et \vec{v}_2 entre A et b .

Échelle : $0,5 \text{ cm} \Leftrightarrow 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

b) Construire la variation $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ en prenant A comme origine.

c) Que peut-on dire de la direction de $\Delta\vec{v}$?

d) Justifier la propriété observée.

2) En B l'élastique casse.

a) Montrer que l'observation de l'enregistrement peut confirmer cette rupture.

b) Calculer la vitesse du centre d'inertie du mobile en C .

Exercice 2

On pourra, dans les calculs, utiliser l'approximation $32\pi = 100$.

1) Un dipôle, constitué par un conducteur ohmique de résistance $R = 75 \Omega$ monté en série avec une bobine d'inductance $L = 0,32 \text{ H}$ de résistance négligeable, est soumis à une tension sinusoïdale de valeur efficace $U = 25 \text{ V}$ et de fréquence $f = 50 \text{ Hz}$.

SUJET 8

- a) Calculer l'impédance du dipôle.
- b) En déduire la valeur de l'intensité efficace du courant.
- c) Construire le diagramme de Fresnel du montage.

2) On ajoute, en série avec le dipôle précédent, un condensateur. L'ensemble étant soumis à la même tension que précédemment, on constate que la valeur efficace du courant n'a pas varié.

- a) Justifier cet apparent paradoxe : on construira, pour répondre à cette question, le diagramme de Fresnel de ce nouveau montage.
- b) En déduire la valeur de la capacité C du condensateur.
- c) Cependant une grandeur a varié, laquelle ?

Exercice 3

Dans une expérience de TP qui dure une heure, une étudiante utilise une source radioactive de césium 137, de période $T = 30$ ans.

L'activité initiale de cette source, au moment de sa fabrication était : $A_0 = 3,7 \times 10^5$ désintégrations par seconde (becquerels).

- 1) Calculer l'activité A_1 de la source au moment du TP, sachant qu'il s'est écoulé 4 ans depuis la fabrication de cette source.

L'activité évolue-t-elle au cours d'une manipulation de 1 heure ?

Combien de désintégrations se produisent en moyenne en une heure ?

- 2) Le césium 137 est émetteur de particules β^- . On admettra que chaque désintégration β^- est accompagnée de l'émission d'un photon γ d'énergie 0,662 MeV. Écrire l'équation-bilan de la réaction nucléaire.

- 3) En manipulant près de la source, l'étudiante absorbe une petite fraction du rayonnement γ . En supposant cette fraction égale à 10 %, calculer l'énergie absorbée par l'étudiante en 1 heure. L'étudiante a une masse de 50 kg. Calculer la dose absorbée a en grays. $1 \text{ gray} = 1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

4) Pour obtenir la dose biologiquement équivalente b , il faut introduire un facteur correctif : le coefficient EBR (Efficacité Biologique Relative). Pour cette source, le coefficient EBR vaut 0,8.
 $b = a \times 0,8$, a en grays (Gy) et b en sieverts (Sv). Comparer b à la dose annuelle moyenne c due à la radioactivité naturelle. Conclure.
 c varie de 1 à 5 $\text{mSv} \cdot \text{an}^{-1}$.

Données : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$,

iode	:	I, Z = 53
xénon	:	Xe, Z = 54
césium	:	Cs, Z = 55
baryum	:	Ba, Z = 56
lanthane	:	La, Z = 57.

CHIMIE

Exercice 1

1) Une solution d'acide chlorhydrique a un pH de 1,7. Quelle est la concentration molaire c_1 de cette solution ?

2) On mélange un volume $V_1 = 15 \text{ cm}^3$ d'acide chlorhydrique de concentration c_1 avec :

— soit un volume $V_2 = 15 \text{ cm}^3$ d'une solution de chlorure de sodium de concentration molaire $c_2 = 0,02 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$. Le pH du mélange est 2;

— soit un même volume $V_3 = V_2$ d'une solution d'éthanoate de sodium de même concentration molaire $c_3 = c_2$. Le pH du mélange est 3,4.

a) Lorsqu'on ajoute dans l'acide chlorhydrique la solution de chlorure de sodium, le pH varie. Y a-t-il eu réaction ? Si oui, laquelle ? Si non, pourquoi ? Vous justifierez votre réponse à partir du résultat expérimental.

b) Lorsqu'on ajoute à l'acide chlorhydrique de l'éthanoate de sodium à la place du chlorure de sodium, dans

les mêmes conditions expérimentales, la variation de pH n'est pas la même.

Y a-t-il eu réaction? Si oui, laquelle? Si non, pourquoi? Vous justifierez votre réponse à l'aide de calculs simples et donnerez, le cas échéant, l'équation de la réaction.

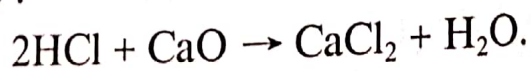
Exercice 2

1) a) Donner un procédé de préparation industrielle du chlorure de vinyle : méthode, équation de réaction.

b) Quel corps obtient-on par polymérisation du chlorure de vinyle? Est-ce une polycondensation ou une polyaddition?

2) a) En 1984, à Paris et en banlieue, on a récupéré $2,04 \times 10^6$ tonnes d'ordures dont $1,71 \times 10^6$ tonnes ont été incinérées. Ces ordures brûlées contenaient, en masse, 7,28 % de matières plastiques dont 22,5 % de polychlorure de vinyle. Quelle masse de polychlorure de vinyle a donc été brûlée?

b) Au cours de la combustion, le chlore contenu dans le polychlorure de vinyle se retrouve en partie sous forme de gaz chlorhydrique : pour une tonne de polychlorure de vinyle brûlé on obtient 0,292 tonnes de gaz chlorhydrique. On doit ensuite éliminer ce gaz en le faisant passer sur de la chaux solide. L'équation de la réaction qui a lieu est :



Quelle masse minimale de chaux solide faut-il pour éliminer tout le gaz chlorhydrique qui est formé?

$$\begin{aligned} M_{\text{H}} &= 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, & M_{\text{O}} &= 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, \\ M_{\text{C}} &= 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, & M_{\text{Cl}} &= 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, \\ M_{\text{Ca}} &= 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}. \end{aligned}$$

Le énoncé**Mécanique**

On envisage le mouvement d'un mobile auto-porteur sur une table horizontale et l'on cherche à déterminer sa vitesse et son accélération à l'aide d'un enregistrement des positions successives de son centre de gravité.

Electricité

Le but de l'exercice est l'étude d'un circuit *RLC* série : calcul de l'impédance du circuit, de l'intensité efficace et construction du diagramme de Fresnel du montage.

Physique nucléaire

Cet exercice étudie la désintégration du césium lors d'une expérience de travaux pratiques et s'intéresse plus particulièrement à l'énergie émise lors de cette désintégration ; le but est de déterminer la dose reçue par l'expérimentateur et de la comparer à celle provenant de la radioactivité naturelle.

Solutions aqueuses

On étudie l'action d'une solution de chlorure de sodium ou d'une solution d'éthanoate de sodium sur une solution d'acide chlorhydrique, et l'on cherche à savoir si la variation de pH observée provient uniquement de la dilution ou d'une éventuelle réaction chimique.

Chimie organique

Cet exercice débute par une question de cours sur la préparation industrielle et la polymérisation du chlorure de vinyle ; vient ensuite une application numérique sur la quantité de chaux nécessaire à l'élimination du gaz chlorhydrique formé lors de la combustion du polychlorure de vinyle contenu dans les ordures récupérées annuellement en région parisienne.

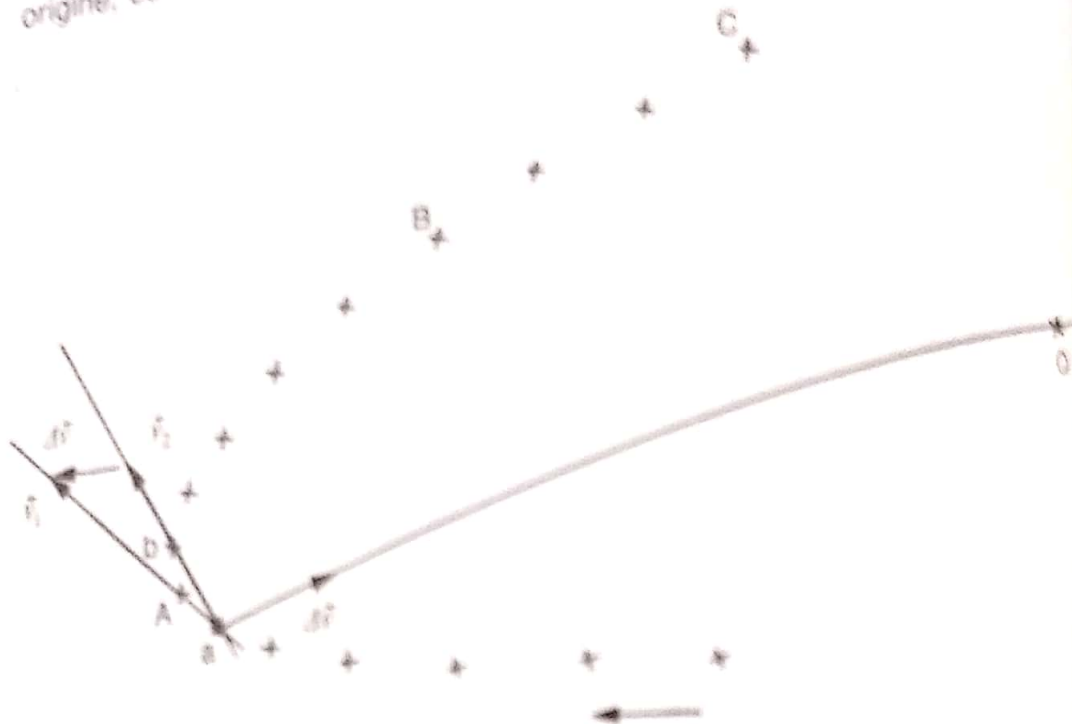
CORRIGÉ**PHYSIQUE****Exercice 1**

1) a) On assimile la trajectoire à deux segments *aA* et *Ab* le long desquels la vitesse est considérée comme constante : \vec{v}_1 est donc portée par le segment *aA* et sa norme est $aA/\Delta t$, de même \vec{v}_2 est portée par le segment *Ab* et sa norme est $Ab/\Delta t$; sur le schéma fourni par l'énoncé, on mesure $aA = 4 \text{ mm}$ et $Ab = 3,5 \text{ mm}$, donc

$$v_1 = 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{et} \quad v_2 = 3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

SUJET 8

b) On construit alors les vecteurs vitesses et $\Delta \vec{v}$ en prenant A comme origine, comme l'indique le schéma ci-dessous :



c) On peut alors constater que $\Delta \vec{v}$ est, aux incertitudes de mesures près, colinéaire au vecteur \vec{AO} , ces incertitudes sont essentiellement dues aux mesures des segments aA et Ab qui ne peuvent se faire qu'à 0,5 mm près, soit une erreur relative supérieure à 5 %.

d) Cette propriété est en parfait accord avec le principe fondamental de la dynamique appliqué au mobile : celui-ci est soumis à son poids, à la réaction du support et à la tension de l'élastique, si l'on suppose que le mobile se déplace sans frottement sur la table horizontale, la réaction du support compense exactement le poids, la seule force horizontale est donc la tension du ressort et, d'après le principe fondamental de la dynamique, la tension du ressort est colinéaire à l'accélération du mobile ; cette tension étant colinéaire à \vec{AO} et l'accélération assimilable à $\Delta v/\Delta t$, le résultat théorique est en parfait accord avec l'expérience.

2) a) L'observation de l'enregistrement confirme la rupture en B car le mouvement est ensuite rectiligne uniforme ; en effet, les quatre derniers points sont alignés et équidistants.

b) Ces points sont équidistants de 9 mm et la vitesse du centre d'inertie est donc de $9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Exercice 2

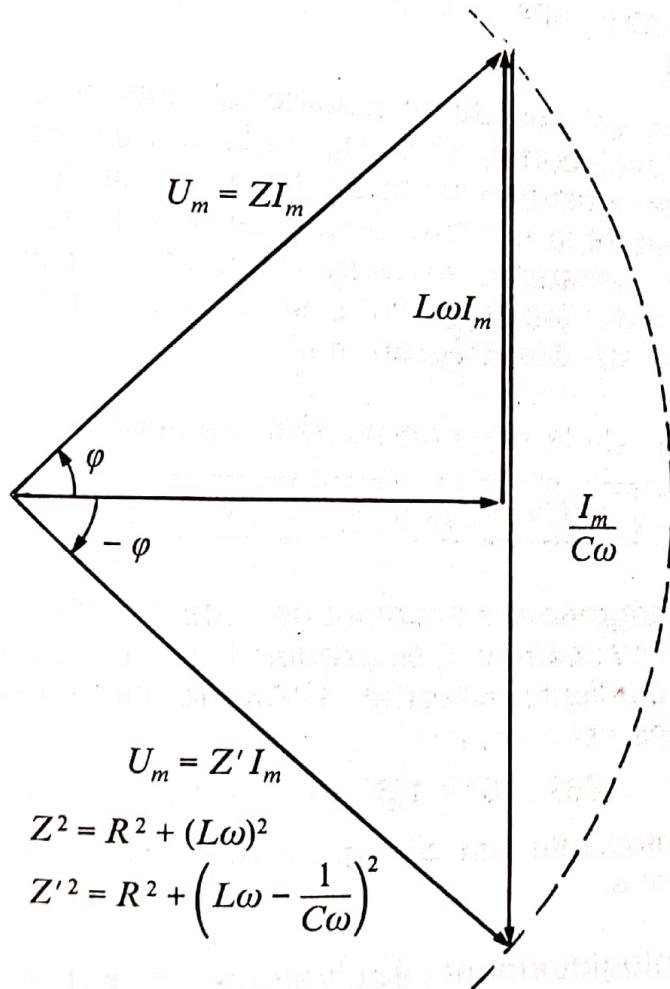
1) a) L'impédance du dipôle RL série est :

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} = 125 \Omega$$

b) L'intensité efficace du courant est égale au rapport de la tension efficace aux bornes du dipôle à l'impédance de ce dipôle; on obtient ainsi une intensité efficace de **200 mA**.

c) Le diagramme de Fresnel est représenté ci-dessous avec celui correspondant à la question suivante.

2) a) La valeur efficace du courant n'ayant pas varié, l'impédance du dipôle n'a pas varié : cet « apparent paradoxe » peut aisément s'expliquer par le diagramme de Fresnel représenté ci-dessous :



b) L'impédance du dipôle RLC série est $\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$; pour que

SUJET 8

cette impédance garde la même valeur que précédemment, il faut que

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{C\omega}, \text{ soit :}$$

$$C = \frac{1}{2L\omega^2} = \frac{1}{8\pi^2 Lf^2} = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ F}$$

c) Le diagramme de Fresnel montre que le déphasage entre le courant et la tension aux bornes du dipôle est changé en son opposé lorsque l'on rajoute le condensateur.

Exercice 3

1) L'activité $A(t)$ de la source radioactive varie, en fonction du temps, suivant la loi $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$ où λ est lié à la période T du césium par $\lambda = \ln 2/T$.

Au bout de quatre ans, l'activité $A_1 = A_0 e^{-\lambda \cdot 4 \cdot 365} = 0,91 A_0$, soit $A_1 = 3,37 \cdot 10^8 \text{ Bq}$.

Comme une heure est une durée négligeable devant la période, temps caractéristique d'évolution de l'activité de la source, on peut considérer que l'activité reste constante au cours d'une manipulation d'une heure. L'activité représentant le nombre moyen de désintégration par seconde et étant supposée constante au cours d'une manipulation d'une heure, le nombre moyen de désintégrations se produisant en une heure est $3600 A_1$, soit $1,21 \cdot 10^9$ désintégrations.

2) L'équation-bilan de la réaction nucléaire s'écrit :



3) Chaque désintégration s'accompagne de l'émission d'un photon d'énergie 0,662 MeV ; comme il se produit $1,21 \cdot 10^9$ désintégrations par heure et que l'étudiante absorbe 10 % de cette énergie, la dose absorbée en joules est :

$$1,21 \cdot 10^9 \times 0,662 \cdot 10^6 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times 0,10 = 1,29 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

La masse de l'étudiante est 50 kg, la dose absorbée en grays est $a = 2,57 \cdot 10^{-7} \text{ grays}$.

4) La dose biologiquement équivalente b est $b = 0,8a$, soit $b = 2,06 \cdot 10^{-7} \text{ Sv}$.

Cette dose est tout à fait négligeable devant la dose annuelle moyenne c due à la radioactivité naturelle ; pour obtenir une dose équivalente à c l'expérience devrait durer une année ! La dose reçue serait alors de 1,8 mSv/an.

CHEMIE

Exercice 1

L'énoncé nous donnant la valeur du pH de la solution, $\text{pH} = 1,7$, nous pouvons immédiatement en déduire la concentration des ions H_3O^+ et

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1} \quad \text{et} \quad [\text{OH}^-] = 5,0 \cdot 10^{-13} \text{ mol} \cdot \ell^{-1},$$

le produit ionique de l'eau étant supposé égal à 10^{-14} dans les conditions de l'expérience; on constate naturellement que, étant donnée la valeur du pH de la solution, la concentration des ions OH^- peut être négligée devant la concentration des ions H_3O^+ dans les équations du problème.

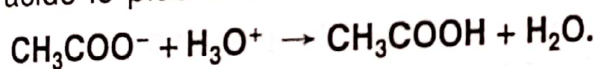
L'électroneutralité de la solution s'écrit : $[\text{Cl}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$ donc $[\text{Cl}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$ d'après la remarque ci-dessus.

Comme Cl^- étant un ion indifférent, la concentration de cette solution est $c_0 = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$.

a) Lorsqu'on ajoute la solution de chlorure de sodium dans l'acide chlorhydrique, on ajoute des ions indifférents : il n'y a donc pas de réaction chimique et le pH ne varie qu'à cause des phénomènes de dilution.

La concentration en ions H_3O^+ est $2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ avant le mélange et $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ après le mélange : cette division par deux n'est bien due qu'au doublement du volume de la solution.

b) Lorsqu'on ajoute la solution d'éthanoate de sodium dans l'acide chlorhydrique, il se produit une réaction chimique, la base la plus forte réagissant sur l'acide le plus fort :



La concentration en ions H_3O^+ est $4,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ après mélange des solutions et réaction chimique; cette importante diminution s'explique par la réaction chimique ci-dessus.

Exercice 2

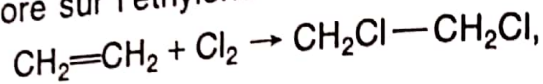
a) Le chlorure de vinyle $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ est un gaz dans les conditions habituelles.

Sa préparation industrielle s'effectue principalement à partir de l'éthylène et comporte deux étapes : la chloration de l'éthylène et le craquage du dichloro-1,2 éthane.

SUJET 8

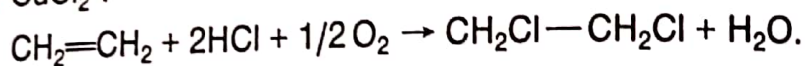
— Chloration de l'éthylène : deux procédés sont exploités : la chloration directe avec du dichlore et l'oxychloration par un mélange de chlorure d'hydrogène et de dioxygène ; les deux procédés conduisent au dichloro-1,2 éthane.

La chloration directe : la chloration directe de l'éthylène correspond à l'addition du dichlore sur l'éthylène :



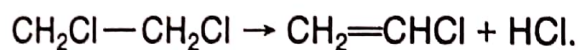
elle s'effectue en présence de chlorure de fer (III) FeCl_3 en milieu liquide, à une température comprise entre 50°C et 90°C et sous une pression de 3 à 5 fois la pression atmosphérique.

L'oxychloration : l'oxychloration de l'éthylène s'effectue vers 180°C , sous une pression de 15 à 20 fois la pression atmosphérique et en présence de catalyseurs : le chlorure de cuivre (I) CuCl et le chlorure de cuivre (II) CuCl_2 :



Dans les deux procédés, une distillation fractionnée fournit du dichloro-1,2 éthane quasiment pur ; le dichloro-1,2 éthane est un liquide utilisé à plus de 90 % dans la fabrication du chlorure de vinyle.

— Craquage du dichloro-1,2 éthane : chauffé à $500-550^\circ\text{C}$, sous une pression de 25 à 30 fois la pression atmosphérique, le dichloro-1,2 éthane subit une réaction de craquage, d'équation-bilan :



Le chlorure de vinyle ainsi obtenu est séparé du mélange par distillation, alors que le chlorure d'hydrogène gazeux est récupéré et utilisé à nouveau pour l'oxychloration de l'éthylène.

b) Le chlorure de vinyle donne le polychlorure de vinyle, par une réaction de polyaddition.

2) a) La masse de polychlorure de vinyle brûlée est, en tonnes,

$$1,71 \cdot 10^6 \times 7,28 \cdot 10^{-2} \times 22,5 \cdot 10^{-2} = 2,80 \cdot 10^4 \text{ t}.$$

b) D'après l'équation de la réaction, une mole de chaux est nécessaire à l'élimination de deux moles de gaz chlorhydrique si la réaction est effectivement totale ; la combustion de $2,80 \cdot 10^4$ tonnes de polychlorure de vinyle donne $8,18 \cdot 10^3$ tonnes de gaz chlorhydrique de masse molaire 36,5 g, soit $2,24 \cdot 10^8$ moles. Le nombre minimal de moles de chaux nécessaires est $1,12 \cdot 10^8$ moles ; la masse molaire de la chaux étant 56 g, la masse minimale de chaux nécessaire à l'élimination du gaz chlorhydrique est $6,27 \cdot 10^3$ t.

*Points clés à retenir***Mécanique**

Le principe fondamental de la dynamique, la détermination graphique de la vitesse et de l'accélération à partir d'un enregistrement, les caractéristiques d'un mouvement rectiligne uniforme correspondant à celui du centre d'inertie d'un système pseudo-isolé.

Électricité

La construction du diagramme de Fresnel et la résolution du « paradoxe » proposé par l'énoncé.

Physique nucléaire

Les définitions du cours et les différents systèmes d'unités.

Solutions aqueuses

Les définitions classiques du cours : pH, produit ionique de l'eau, électroneutralité, conservation de la matière et phénomènes de dilution.

Chimie organique

La très bonne connaissance du cours de chimie organique : préparation industrielle du chlorure de vinyle et réactions de polyaddition.

*Conseils de méthode***Mécanique**

Veiller à donner un résultat Δv en accord avec le principe fondamental de la dynamique en invoquant l'incertitude relative importante sur les vecteurs vitesses.

Électricité

Comprendre qu'il existe une infinité de dipôle *RLC* série ayant la même impédance mais correspondant à des déphasages différents.

Physique nucléaire

Il faut noter l'importance des temps caractéristiques de chaque phénomène ; l'expérience dure une heure alors que le césium n'évolue notablement que sur quelques années : on peut donc considérer que l'activité n'évolue pas au cours d'une séance de travaux pratiques.

Solutions aqueuses

Ne pas oublier les phénomènes de dilution.

PHYSIQUE**Exercice 1 (4,5 points)**Mécanique (oscillations d'une masse
accrochée à un ressort)**Exercice 2 (4,5 points)**Champ magnétique (champ magnétique créé par un solénoïde,
induction électromagnétique)**Exercice 3 (4 points)**

Électricité (charge d'un condensateur)

CHIMIE**Exercice 1 (3,5 points)**

Chimie organique (oxydation des alcools)

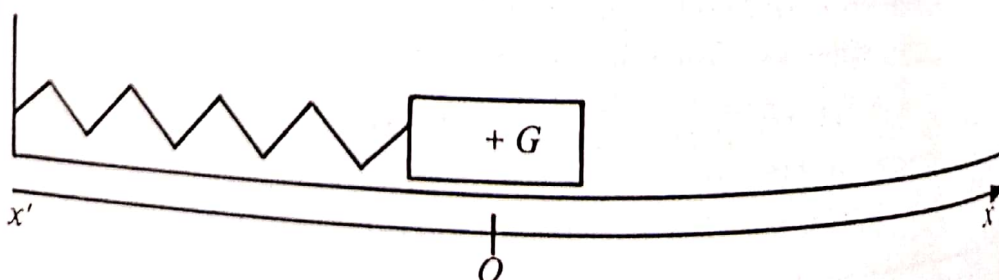
Exercice 2 (3,5 points)

Cinétique chimique (cinétique d'une réaction d'estérification)

ÉNONCÉ**PHYSIQUE****Exercice 1**

Un solide S de masse m est accroché à un ressort de coefficient de raideur k à spires non jointives. Il peut glisser sans frottement sur un plan horizontal. Le centre de masse G de S est repéré sur un axe horizontal $x'Ox$ dont l'origine correspond à la position de repos de S (voir figure 1).

Figure 1



Le ressort est allongé d'une longueur x_0 et le solide S est lâché à l'instant $t = 0$. Un dispositif permet d'enregistrer la variation de l'abscisse x en fonction du temps (voir figure 2).

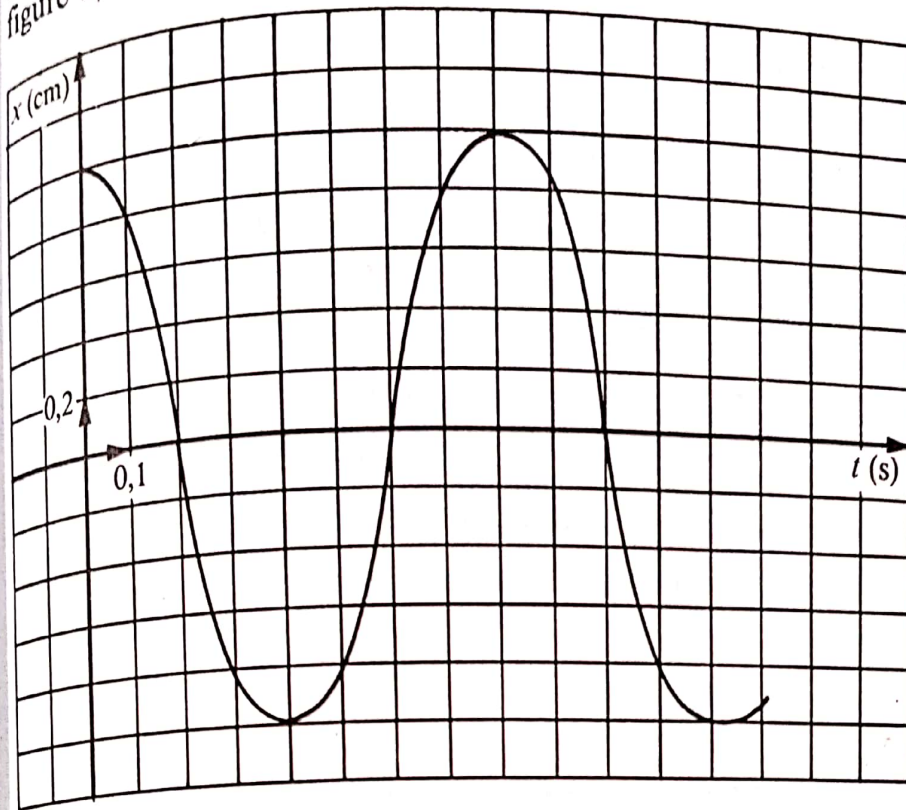


Figure 2

1) Déterminer, à partir du graphique, les conditions initiales du mouvement ainsi que le sens du déplacement du mobile lorsqu'il passe pour la première fois par l'origine. Quelle est la période T et la pulsation ω du mouvement ?

2) Étude du mouvement du solide

a) Faire le bilan des forces agissant sur le solide : on fera un schéma soigné du système étudié en indiquant l'orientation des forces et leur point d'application.

b) Établir l'équation différentielle du mouvement du solide. Quelle relation existe-t-il entre ω , m et k ?

c) L'équation horaire du mouvement est $x(t) = x_0 \cos(\omega t)$. Montrer qu'elle vérifie l'équation différentielle du mouvement ainsi que les conditions initiales.

SUJET 9

3) Donner l'expression de l'énergie potentielle élastique du ressort à un instant quelconque en fonction de k , x_0 , ω et t . Sachant que l'énergie potentielle élastique du ressort à l'instant $t = 0$ est égale à $3,7 \times 10^{-3}$ J, déterminer la valeur de k . Quelle est la valeur de la masse m ?

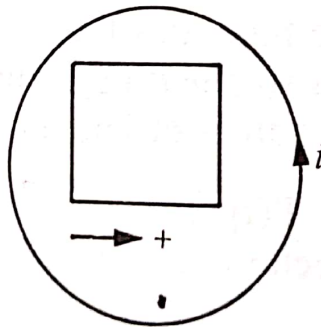
Exercice 2

Dans tout l'exercice on négligera le champ magnétique terrestre et l'on prendra pour perméabilité magnétique du vide $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ u.S.I.

1) Un fil conducteur est enroulé à spires jointives sur un cylindre isolant, l'ensemble constitue un solénoïde long de 80 cm comportant 800 spires. Donner les caractéristiques du champ magnétique \vec{B} apparaissant à l'intérieur du solénoïde quand le fil conducteur est parcouru par un courant $I = 0,32$ A; sur un schéma on fera apparaître le sens du courant I et le champ \vec{B} .

2) Au centre du solénoïde précédent et perpendiculairement à son axe on place le plan d'une petite bobine plate carrée de côté $a = 4$ cm, comportant $N_1 = 200$ spires et constituant un circuit fermé. Le solénoïde est alors parcouru entre $t = 0$ et $t = 5$ s par un courant $i = 0,32(1 - 0,2t)$, avec t exprimé en secondes et i en ampères.

a) Donner en fonction du temps l'expression du flux traversant la petite bobine carrée, en prenant comme sens positif celui indiqué sur la figure ci-dessous représentant une coupe des 2 bobines.



b) Quel phénomène apparaît alors dans cette bobine carrée? Pourquoi y apparaît-il? Expliquer.

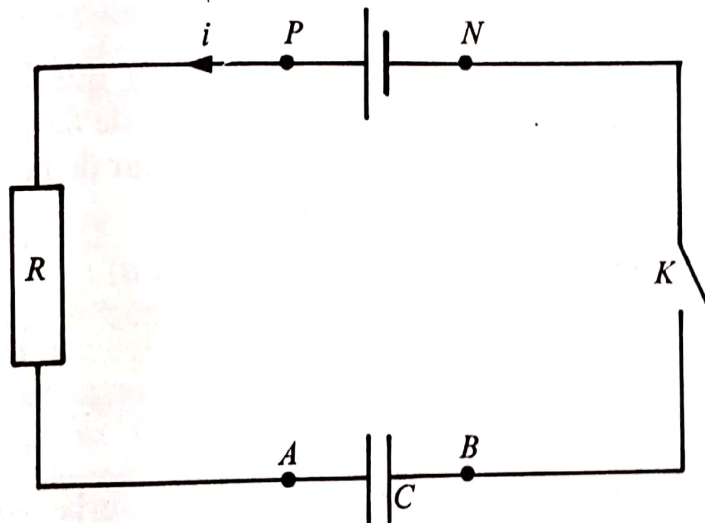
c) Calculer l'intensité du courant i_1 circulant dans la bobine carrée dont la résistance vaut $r = 0,5 \Omega$.

d) Sur une figure analogue à la précédente, représenter le sens de i_1 et montrer que le sens trouvé est bien en accord avec la loi de Lenz que l'on énoncera.

Exercice 3

Pour charger un condensateur de capacité $C = 1 \mu\text{F}$, on réalise un circuit série orienté dans le sens indiqué sur la figure et comprenant :

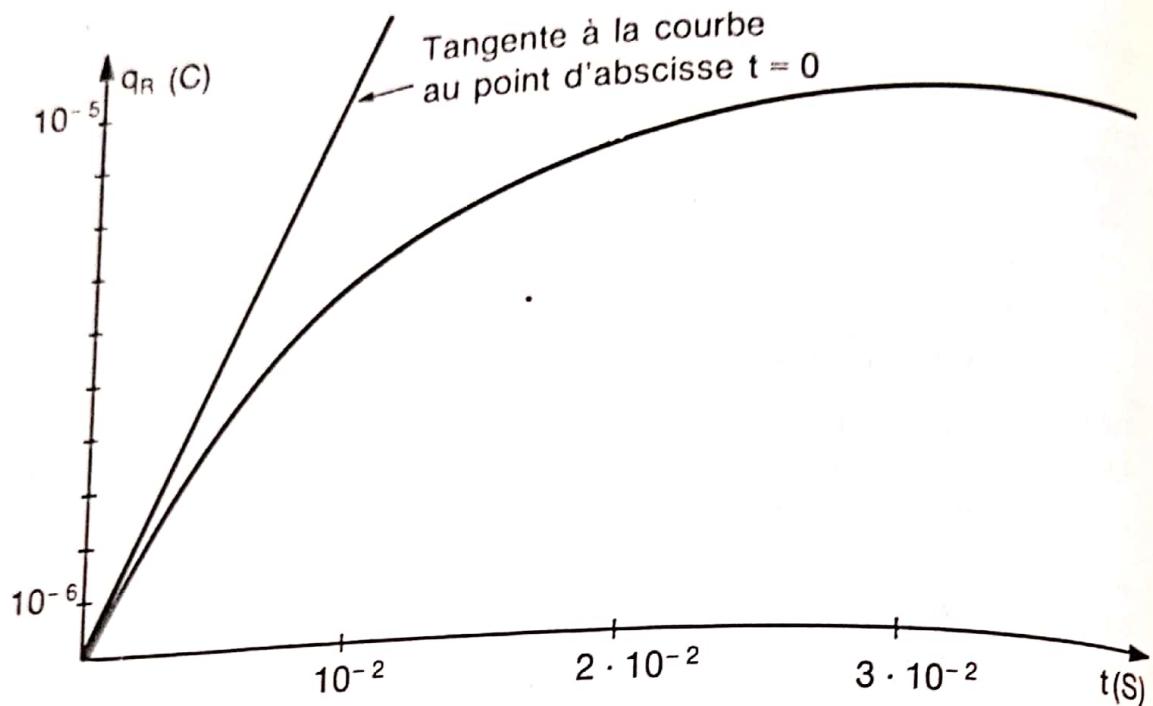
- Un générateur, de résistance interne nulle, délivrant une tension constante $U_{PN} = E$.
- Un conducteur ohmique de résistance R .
- Le condensateur initialement déchargé.
- Un interrupteur K .



A l'instant choisi comme origine des temps ($t = 0$) on ferme K . Les variations de la charge $q = q_A$ de l'armature A du condensateur sont données par la courbe ci-jointe (voir page suivante) (la tangente à cette courbe à l'instant $t = 0$ a également été tracée).

1) Vers quelle valeur tend U_{AB} quand $t \rightarrow \infty$? En déduire, en s'aidant de la courbe, la valeur numérique de E .

SUJET 9



2) Montrer que l'intensité i_0 du courant à $t = 0$ (début de la charge) vaut $i_0 = \frac{E}{R}$.

3) a) Pourquoi peut-on affirmer que l'intensité du courant dans le circuit, à un instant de date t quelconque, est donnée par le coefficient directeur de la tangente au point de la courbe d'abscisse t ?

b) En utilisant la remarque du a) :
Déterminer la valeur numérique de i_0 . En déduire la valeur numérique de R .

Justifier, en s'aidant du graphique, l'évolution de i en fonction du temps.

4) Déterminer à partir de la courbe les valeurs numériques de u_{AB} , u_{AP} , i , à l'instant de date $t = 10^{-2}$ s. En déduire l'énergie stockée dans le condensateur à cet instant.

CHIMIE

Exercice 1

Un aldéhyde C_1 et une cétone C_2 comportant le même nombre d'atomes de carbone sont isomères.

1) Donner le groupement fonctionnel correspondant à chacun de ces deux isomères.

2) Décrire une expérience simple permettant de les différencier.

3) C_1 et C_2 sont respectivement préparés à partir de deux alcools A_1 et A_2 de même formule brute $C_4H_{10}O$ et dont la chaîne carbonée n'est pas ramifiée. Donner les formules développées et le nom de A_1 , A_2 et C_1 .
Préciser la classe de A_1 et A_2 .

4) Dans cette question, les équations-bilan ne sont pas demandées.

On dispose des réactifs suivants (purs ou en solution aqueuse) :

$K_2Cr_2O_7$ acidifié; $KMnO_4$ acidifié; HCl ;

$NaOH$; CH_3COCl ; C_2H_5OH .

a) Comment préparer l'aldéhyde C_1 à partir de A_1 ?

b) Trouver une suite de réactions possibles pour passer de l'aldéhyde C_1 à un ester dont la formule brute est $C_6H_{12}O_2$. Quel est le nom de l'ester ?

Exercice 2

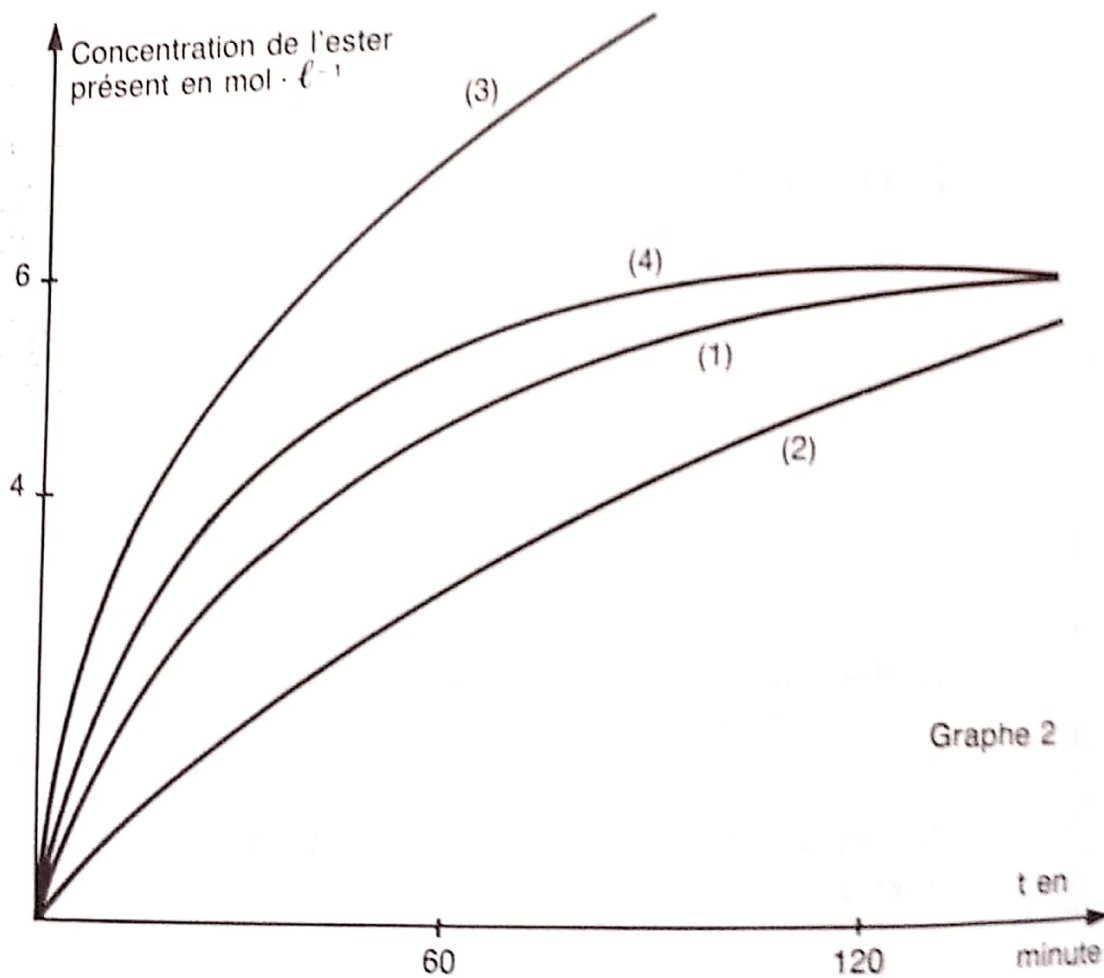
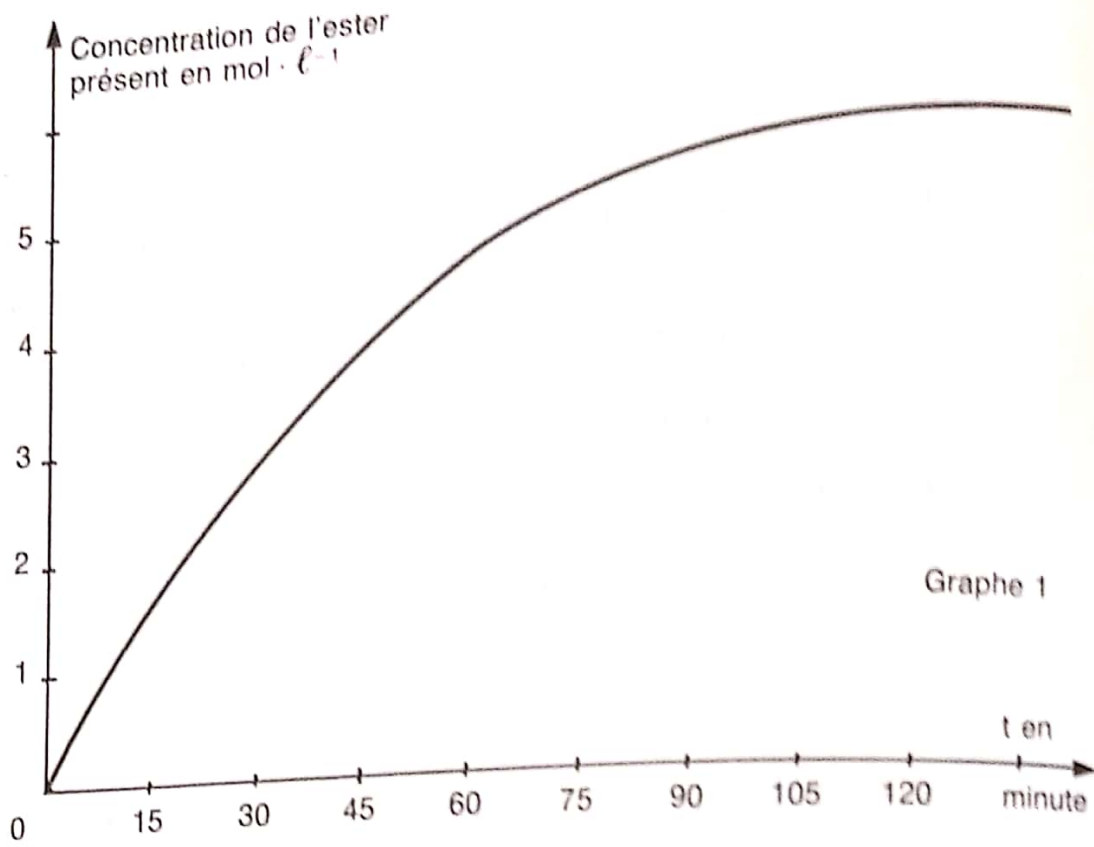
Pour étudier la cinétique d'une estérification, on réalise un mélange équimolaire d'acide éthanoïque et d'éthanol que l'on répartit ensuite en fractions égales dans des tubes scellés. On place ces tubes dans une étuve maintenue à température constante $\Phi_1 = 60\text{ }^\circ\text{C}$, et à différents instants successifs (t) on retire l'un des tubes de l'étuve, le ramène à température ambiante et dose l'acide qu'il contient par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration connue.

1) Pourquoi fait-on le dosage de l'acide restant dans le tube à température ambiante et non à $\Phi_1 = 60\text{ }^\circ\text{C}$? Précisez le facteur cinétique qui entre en jeu.

2) Les différents dosages successifs permettent de tracer le *graphe 1* (document à rendre).

(Voir courbes page suivante.)

SUJET 9



Définissez et évaluez la vitesse instantanée de formation de l'ester à $t_1 = 15$ minutes et à $t_2 = 90$ minutes; les 2 résultats trouvés vous semblent-ils en accord avec l'un des facteurs de la cinétique? Précisez lequel. Expliquez en quelques lignes l'influence de ce facteur.

3) Si au mélange initial acide-alcool on avait ajouté des ions H_3O^+ , l'allure de la courbe précédente aurait été modifiée.

Sur le graphe 2, la courbe précédemment étudiée apparaît (courbe 1), l'une des 3 autres courbes représente l'évolution de la réaction en présence d'ions H_3O^+ .

a) Indiquez le numéro de la courbe qui vous semble être la bonne.

b) Justifiez votre réponse.

Lire l'énoncé

Oscillations mécaniques

On envisage le mouvement d'un solide accroché à un ressort et se déplaçant sans frottement sur un axe horizontal : on détermine l'équation différentielle du mouvement et l'on vérifie que la solution proposée par l'énoncé vérifie cette équation et les conditions initiales déterminées graphiquement.

Champ magnétique

On s'intéresse d'abord au champ magnétique créé par un courant à l'intérieur du solénoïde; on place ensuite une petite bobine carrée au centre du solénoïde parcouru par un courant variable : la bobine, traversée par un flux magnétique variable dans le temps est alors le siège du phénomène d'induction électromagnétique que l'on se propose d'étudier.

Condensateur

La courbe donne l'évolution graphique de la charge d'un condensateur par un générateur de force électromotrice constante à travers une résistance et demande d'en déduire les principales caractéristiques du circuit.

Chimie organique

On étudie certaines réactions mettant en jeu un aldéhyde et une cétone déterminés en début d'exercice : obtention par oxydation des alcools, puis passage de l'aldéhyde à un ester par action de réactifs proposés.

Cinétique chimique

Il s'agit d'étudier différents facteurs cinétiques d'une réaction d'estérification, température, concentration des réactifs et catalyseur, puis de déterminer graphiquement la vitesse instantanée de formation de l'ester à partir de la courbe donnant l'évolution de sa concentration en fonction du temps.

PHYSIQUE

Exercice 1

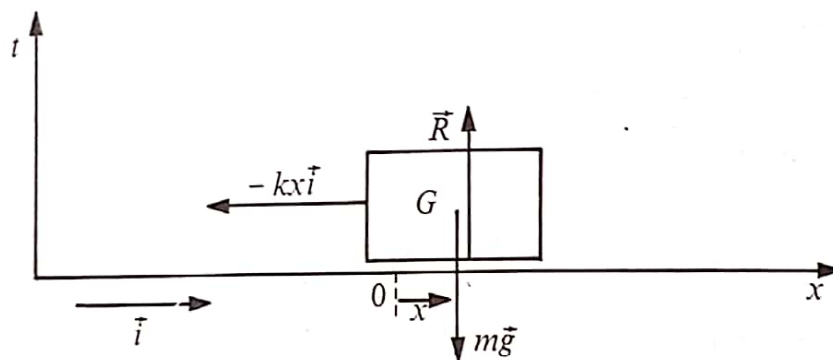
1. Le graphique proposé par l'énoncé montre que l'allongement initial est $x_0 = 1 \text{ cm}$ et qu'il est alors maximum, c'est-à-dire que la vitesse initiale est nulle.

Lorsque le mobile passe pour la première fois par l'origine, la pente de la courbe $x(t)$ proposée par la figure 2 est négative : la vitesse a donc une valeur algébrique négative et le mobile se déplace de la droite vers la gauche.

Ce même graphique montre que la période du mouvement du mobile est $T = 0,8 \text{ s}$; la pulsation est $\omega = 2\pi / T = 7,9 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$.

2) a) Les forces agissant sur le solide sont : le poids $m\vec{g}$ vertical descendant appliqué au centre de gravité G , l'action du ressort $-kx\vec{i}$ horizontale où \vec{i} est le vecteur unitaire de l'axe Ox et x l'allongement à l'instant t , l'action du plan équivalente à une force unique \vec{R} verticale ascendante, car le mobile glisse sans frottement, appliquée en un point de la surface de contact.

Ce bilan permet de faire le schéma ci-dessous, indiquant l'orientation et le point d'application des différentes forces agissant sur le système :



b) Puisque le mobile est astreint à se déplacer sur l'axe Ox , son accélération est $x''\vec{i}$ et le principe fondamental de la dynamique appliqué au mobile s'écrit :

$$mx''\vec{i} = -kx\vec{i} + m\vec{g} + \vec{R}.$$

Projetons cette équation sur l'axe vertical ascendant Oy puis sur l'axe horizontal Ox ; il vient, sur Oy , $R = mg$, la réaction du plan compense exactement le poids, et sur Ox , l'équation différentielle du mouvement :

$$mx'' = -kx.$$

Il s'agit de l'équation différentielle d'un mouvement oscillatoire de pulsation ω telle que $\omega^2 = k/m$.

d) On suppose enfin que l'équation horaire du mouvement est $x(t) = x_0 \cos \omega t$: il s'agit là de l'équation d'un mouvement oscillatoire de pulsation ω ; ce mouvement a bien une amplitude maximale à l'instant initial et le mobile commence effectivement à se déplacer vers la gauche puisque $x'(t) = -\omega x_0 \sin \omega t$ est négatif pour $0 < t < T/2$; cette équation horaire est solution de notre problème.

3) L'énergie potentielle élastique du ressort est $\mathcal{E}_p = \frac{1}{2} kx^2$ si l'allongement est x ; donc :

$$\mathcal{E}_p(t) = \frac{1}{2} kx_0^2 \cos^2 \omega t$$

A l'instant initial, l'énergie potentielle est $\mathcal{E}_p(0) = \frac{1}{2} kx_0^2$, ce qui permet de déterminer numériquement la constante de raideur du ressort puis la masse du mobile :

$$k = 74,0 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \quad \text{et} \quad m = 1,2 \text{ kg.}$$

Exercice 2

1) A l'intérieur du solénoïde, le champ magnétique est dirigé suivant l'axe de révolution du cylindre, d'après la règle du bonhomme d'Ampère, par exemple.

Son intensité est $B = \mu_0 ni$ où n représente le nombre de spires par unité de longueur.

Dans notre exemple, $n = 1000 \text{ spires} \cdot \text{m}^{-1}$ et $B = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ T}$.

2) a) Compte tenu du choix du sens positif de parcours indiqué par l'énoncé, la normale \vec{n} à la petite bobine carrée est colinéaire au champ magnétique créé par le solénoïde : le flux traversant chaque spire de cette bobine est $a^2 \vec{B} \cdot \vec{n} = a^2 B$.

Ainsi, la petite bobine comprenant N_1 spires :

$$\phi(t) = \mu_0 n N_1 a^2 i(t)$$

b) Puisque le courant i parcourant le solénoïde est variable dans le temps, la petite bobine carrée est traversée par un flux magnétique variable et est le siège du phénomène d'induction électromagnétique : il apparaît alors une force électromotrice induite qui fait circuler un courant d'induction i_1 dans cette petite bobine.

SUJET 9

e) La force électromotrice apparaissant dans le circuit a pour expression

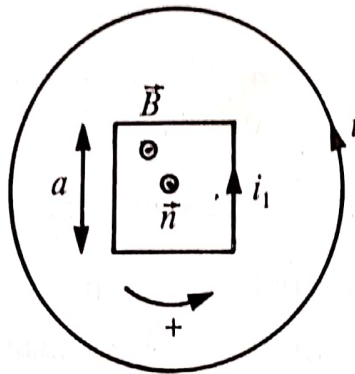
$$e = - \frac{d\phi}{dt} = - \mu_0 n N_1 a^2 \frac{di}{dt} = 64 \cdot 10^{-2} \mu_0 n N_1 a^2,$$

d'après l'expression du courant i en fonction du temps. Cette force électromotrice étant positive et constante, elle fait effectivement circuler un courant induit constant dans le sens positif arbitrairement choisi. La résistance de la petite bobine étant r , l'intensité du courant induit est :

$$i_1 = 64 \cdot 10^{-2} \frac{\mu_0 n N_1 a^2}{r}$$

On obtient numériquement $i_1 = 5,1 \cdot 10^{-4} \text{ A}$.

d) Le courant $i(t)$ diminue au cours du temps; compte tenu du sens positif choisi pour le parcours de la petite bobine, le flux du champ magnétique extérieur créé par le solénoïde est positif et diminue également au cours du temps; d'après la loi de Lenz, le courant induit doit s'opposer à cette variation du flux magnétique : dans cette situation, on constate que le courant induit tend effectivement à s'opposer à la diminution du flux magnétique en créant un champ magnétique de même sens que le champ magnétique d'origine extérieure.



Exercice 3

1) Au bout d'un temps tendant vers l'infini, le condensateur est pratiquement chargé, il ne circule donc presque plus aucun courant dans le circuit et la différence de potentiel U_{PN} aux bornes du générateur est égale à la différence de potentiel U_{AB} aux bornes du condensateur; donc

$$U_{PN} = E = U_{AB}(t \rightarrow \infty) = q(t \rightarrow \infty)/C.$$

La courbe proposée par l'énoncé admet une tangente horizontale correspondant à 10^{-5} C, aux incertitudes de lecture près; le condensateur ayant une capacité de 10^{-6} F, la force électromotrice du condensateur est $E = 10$ V.

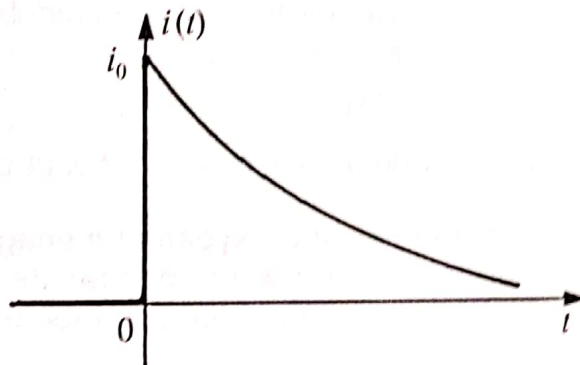
2) Au début de la charge du condensateur, $q(t=0)$ et $U_{AB}(t=0)$ sont évidemment nulles; la loi des mailles appliquées à ce circuit donne alors $E = Ri(t=0) = R i_0$, qui conduit bien à $i_0 = E/R$.

3) a) Nous n'ignorons pas que le courant $i(t)$ traversant le condensateur est égal à la dérivée de la charge $q(t)$; l'intensité du courant dans le circuit à l'instant t est donc égal au coefficient directeur de la tangente au point de la courbe d'abscisse t .

b) On détermine aisément i_0 , qui correspond à la pente de la tangente à la courbe au point d'abscisse $t = 0$; on trouve $i_0 = 10^{-3}$ A; la valeur de la résistance est donc $R = 10$ k Ω .

La charge tend asymptotiquement vers une valeur limite finie, comme le montre la courbe proposée par l'énoncé; la pente de la tangente à cette courbe est maximale à $t = 0$ et tend ensuite vers zéro lorsque le temps tend vers l'infini; le courant est donc maximum à $t = 0$ et vaut alors 1 mA, il tend ensuite de manière monotone vers zéro.

Avant la fermeture de l'interrupteur, le courant est évidemment nul dans le circuit: le courant subit donc une discontinuité à $t = 0$; on a représenté l'évolution du courant au cours du temps sur le schéma ci-dessous:



4) A l'instant $t = 10^{-2}$ s, la courbe nous permet de déterminer la charge du condensateur et l'on trouve $6,3 \cdot 10^{-6}$ C, donc

$$U_{AB} = 6,3 \text{ V} \quad \text{et} \quad U_{PA} = 3,7 \text{ V}.$$

Puisque $R = 10$ k Ω , la valeur du courant est $i = 3,7 \cdot 10^{-4}$ A. L'énergie stockée dans le condensateur entre l'instant initial et l'instant t est $q^2(t)/2C$, soit $2,0 \cdot 10^{-5}$ J.

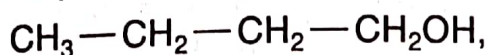
Exercice 1

1) Aldéhydes et cétones sont des composés oxygénés, comportant le groupe caractéristique $C=O$, appelé groupe carbonyle; si l'atome de carbone fonctionnel est lié à un atome d'hydrogène, le composé est un aldéhyde, si l'atome de carbone fonctionnel est lié à deux autres atomes de carbone, le composé est une cétone.

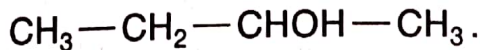
2) Une expérience simple permettant de différencier cétones et aldéhydes est basée sur le caractère réducteur de ces derniers: il s'agit, par exemple, de la réduction de la liqueur de Fehling donnant un précipité rouge brique d'oxyde de cuivre après un léger chauffage, ou encore de la réduction du nitrate d'argent ammoniacal (réactif de Tollens) conduisant à la formation d'un miroir d'argent métallique en présence d'un aldéhyde. Les cétones ne réagissent pas dans les mêmes conditions.

3) Quatre alcools correspondent à la formule brute $C_4H_{10}O$ mais deux ont une chaîne carbonée ramifiée: le méthyl-2 propanol-1 (alcool primaire) et le méthyl-2 propanol-2 (alcool tertiaire); les deux alcools envisagés dans cet exercice sont donc:

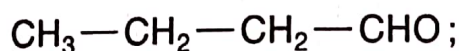
le butanol-1 (A_1), alcool primaire de formule semi-développée



et le butanol-2 (A_2), alcool secondaire de formule semi-développée



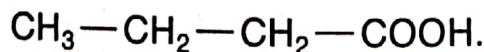
Une oxydation ménagée du butanol-1 conduit à l'aldéhyde (C) qui est le butanal de formule semi-développée



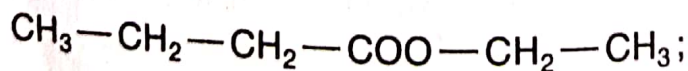
une oxydation ménagée du butanol-2 conduirait à la butanone.

4) a) Le butanal est obtenu par une oxydation ménagée du butanol-1: l'oxydant, tel que le dichromate ou le permanganate de potassium en milieu sulfurique, est introduit en défaut dans le tube à essais contenant le butanal.

b) Une oxydation du butanal, toujours par le dichromate ou le permanganate de potassium en milieu sulfurique, conduit à l'acide butanoïque



Enfin, l'action de l'éthanol $CH_3 - CH_2OH$ sur l'acide butanoïque obtenu conduit à l'ester demandé, le butanoate d'éthyle de formule semi-développée



cette réaction peut être catalysée, par exemple par les ions H_3O^+ de l'acide chlorhydrique.

Exercice 2

1) Le tube contenant l'acide éthanoïque à doser est ramené à la température ambiante pour que la vitesse de formation de l'ester diminue notablement : on peut alors considérer que l'estérification ne se fait plus pendant les quelques minutes que dure le dosage et ne perturbe donc pas cette mesure.
On utilise ici le fait que la température est un facteur cinétique et que, de manière générale, la vitesse d'une réaction augmente avec la température.

2) La vitesse instantanée v de formation de l'ester est obtenue en déterminant la pente de la tangente à la courbe proposée sur le graphe 1 :

— à $t_1 = 15$ min, on obtient ainsi

$$v(t_1) = 8,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol/min}$$

— à $t_2 = 90$ min, on obtient

$$v(t_2) = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol/min.}$$

Ces résultats sont en accord avec le fait quasi général suivant : la vitesse de formation des produits augmente avec la concentration des réactifs ; la raison qualitative est que la vitesse de réaction est directement liée au nombre de rencontres entre les molécules de réactifs ; dans le cas de cette réaction d'estérification, la concentration des réactifs, acide éthanoïque et éthanol, diminue au cours du temps et la vitesse en fait naturellement de même : c'est bien ce que l'on observe expérimentalement.

3) Les ions H_3O^+ introduits dans le mélange sont des catalyseurs de la réaction d'estérification ; de ce fait, ils accélèrent la réaction mais ne modifient pas la limite d'estérification.

La courbe (3) du graphe 2 est à rejeter car elle correspond à une limite d'estérification différente.

La courbe (2) est également à rejeter car sa pente est, à chaque instant, inférieure à celle de la courbe (1) : la vitesse correspondante est donc plus faible que la vitesse précédemment étudiée.

La bonne courbe est donc la courbe (4) : la limite d'estérification reste la même, mais elle est atteinte beaucoup plus rapidement.

SUJET 9

Points clés à retenir

Oscillations mécaniques

La détermination graphique des caractéristiques d'un mouvement oscillatoire.

Champ magnétique

Le champ magnétique créé par un solénoïde, le flux magnétique à travers une bobine et la détermination complète d'une force électromotrice d'induction.

Condensateur

La détermination graphique des caractéristiques d'un circuit RC à partir de l'évolution temporelle de la charge du condensateur.

Chimie organique

La bonne connaissance des réactions du cours : oxydation des alcools et des aldéhydes, estérification.

Cinétique chimique

L'influence des différents facteurs cinétiques, la détermination graphique d'une vitesse de réaction.

Conseils de méthode

Oscillations mécaniques

Prendre garde au sens de la force exercée par le ressort sur le solide et qu'un raisonnement élémentaire permet de retrouver (la force de rappel est dirigée vers la gauche si x est positif, vers la droite si x est négatif) : vous devez trouver l'équation différentielle d'un mouvement oscillatoire, c'est-à-dire

$$y'' + \omega^2 y = 0.$$

Champ magnétique

Il faut faire très attention aux sens et aux signes dans cet exercice, sens du champ magnétique créé par le solénoïde, sens de la normale à la petite bobine et donc signes du flux magnétique la traversant et de la force électromotrice d'induction.

Cinétique chimique

Peu de difficultés dans cet exercice ; la détermination de la bonne courbe à la question 3 est le seul point « sensible » qui ne pose cependant aucune difficulté si l'on sait qu'un catalyseur ne fait qu'augmenter la vitesse de la réaction sans modifier l'état final.

PHYSIQUE

Exercice 1 (4 points)

Mécanique (mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique et dans un champ magnétique)

Exercice 2 (4 points)

Électricité (étude d'un dipôle RL série en régime sinusoïdal forcé)

Exercice 3 (5 points)

Physique nucléaire (datation d'une roche par désintégration du potassium)

CHIMIE

Exercice 1 (4 points)

Solutions aqueuses (étude d'un couple acide/base, solution tampon).

Exercice 2 (3 points)

Chimie organique (identification d'un alcène, oxydation ménagée des alcools)

ÉNONCÉ

PHYSIQUE

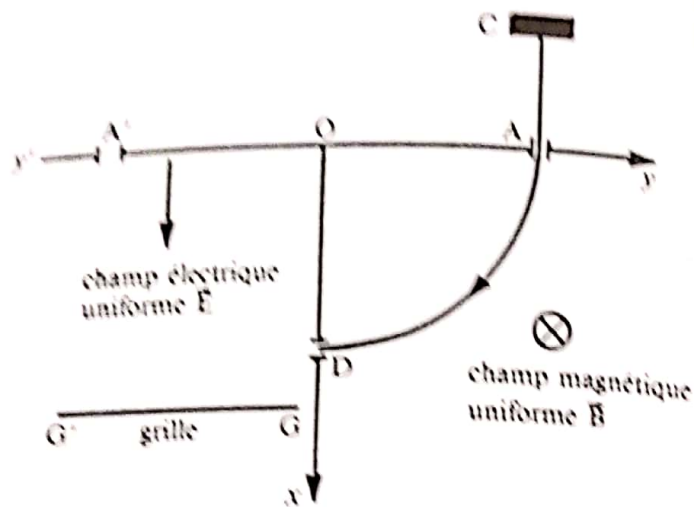
Exercice 1

Une cathode C , portée à température élevée, émet un faisceau d'électrons qui est ensuite accéléré par une anode $A'OA$. Entre l'anode et la cathode règne une tension U_{AC} . Les électrons traversent l'anode par un petit trou A et pénètrent dans l'espace (Ox, Oy) où seul règne un champ magnétique uniforme \vec{B} perpendiculaire au plan de figure, dirigé vers l'arrière. Le faisceau décrit un quart de cercle et quitte cet espace par un trou D pour pénétrer dans l'espace (Ox, Oy') où seul règne un champ électrique uniforme \vec{E} parallèle à l'axe Ox . Ce champ est créé par une grille $G'G$ portée à un potentiel inférieur à celui de l'anode $A'A$.

Les électrons gardent des vitesses suffisamment faibles pour ne pas être relativistes. Ils sont émis à la cathode

SUJET 10

avec une vitesse négligeable. Le poids des électrons est négligeable devant les autres forces qu'ils subissent.



Données numériques :

Masse de l'électron : $m = 9,1 \times 10^{-31}$ kg.

Charge de l'électron : $e = -1,6 \times 10^{-19}$ C.

$$U_{AC} = 300 \text{ V.}$$

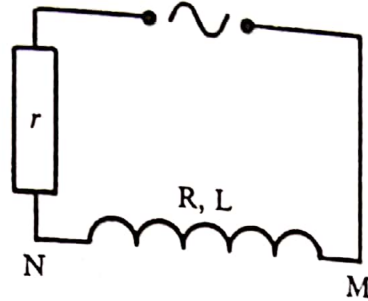
$$B = 1,0 \times 10^{-3} \text{ T.}$$

$$OA = OA' = OD = R.$$

- 1) Déterminer la vitesse des électrons lorsqu'ils traversent l'anode en A. Application numérique.
- 2) Établir l'expression de R, rayon de la trajectoire, en fonction de $|e|$, m , v et B . Application numérique. Caractériser le vecteur vitesse \vec{v}_0 des électrons (norme et direction ou composantes) au passage de D.
- 3) Déterminer les équations horaires et la trajectoire des électrons lorsqu'ils sont soumis au champ électrique \vec{E} . Quelle doit être la valeur de \vec{E} pour que les électrons traversent l'anode en A' ?

Exercice 2

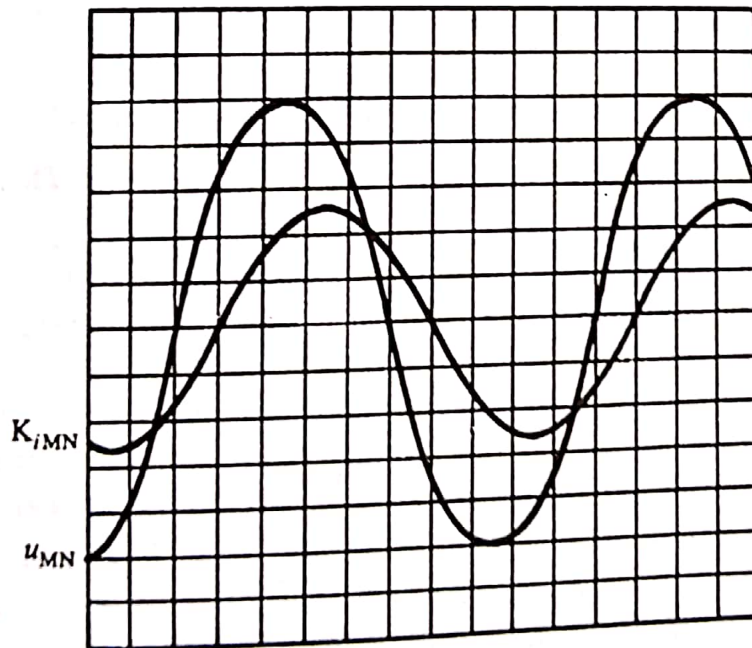
Un dipôle MN est constitué d'une bobine de résistance R et d'inductance L . Il est monté en série avec une résistance $r = 100 \Omega$ aux bornes d'un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale de fréquence f .



1) a) Comment peut-on visualiser sur un oscilloscope à la fois la tension u_{MN} aux bornes du dipôle et l'intensité i_{MN} qui le traverse (ou son opposée)? On fera un schéma montrant le branchement de l'oscilloscope.

b) Exprimer sans calcul l'impédance du dipôle MN .

2) On visualise ainsi sur l'oscilloscope, sur la voie A la tension u_{MN} et sur la voie B une tension proportionnelle à l'intensité, du type Ki_{MN} .



SUJET 10

- a) Quelle est la valeur de K ?
On donne les réglages de l'oscilloscope :
— sensibilité verticale : voie A : 2 V/division,
voie B : 10 V/division ;
— sensibilité horizontale : 0.5 ms/division.

- b) Quelle est la valeur de la fréquence f ?
c) Quelle est la valeur efficace de la tension u_{MN} ?
d) Quelle est la valeur efficace de l'intensité i_{MN} ?
e) Déterminer la valeur de R et celle de L .

Exercice 3

Datation par la méthode potassium-argon.

1) Le potassium ${}^{40}_{19}\text{K}$ est radioactif et se désintègre en donnant de l'argon ${}^{40}_{18}\text{Ar}$.

Écrire l'équation de cette réaction nucléaire.

De quel type de désintégration s'agit-il?

2) a) Exprimer, en fonction du temps, les nombres n_{K} d'atomes de potassium 40 et n_{Ar} d'argon 40 présents à une date t dans un échantillon ne contenant initialement que du potassium (nombre d'atomes n_0).

b) Représenter sur un même graphique les fonctions

$$n_{\text{K}} = f(t) \quad \text{et} \quad n_{\text{Ar}} = g(t).$$

3) Certaines roches volcaniques comme l'obsidienne contiennent du potassium dont une partie est du potassium 40.

Au moment de sa formation, cette roche ne contient pas d'argon. Un géologue analyse un échantillon d'obsidienne et constate que les atomes d'argon 40 y sont deux fois moins nombreux que les atomes de potassium 40. Quel est l'âge de cette roche?

Donnée numérique : période radio-active ou « demi-vie » du potassium 40 = 10^9 ans.

CHIMIE

Exercice 1

1) Une solution aqueuse d'acide carboxylique AH de concentration

$$C_A = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$$

a un pH = 3,4.

a) Déterminer le pK_a du couple acide-base conjugués $AH|A^-$.

b) On donne les pK_a de plusieurs couples acide/base :

COUPLE	$HCO_2H HCO_2^-$	$CH_3CO_2H CH_3CO_2^-$	$C_2H_5CO_2H C_2H_5CO_2^-$
pK_a	3,75	4,78	4,88

En déduire la formule et le nom de l'acide AH.

2) On désire préparer à partir de cet acide AH, 150 ml de solution tampon de pH = pK_a par 2 méthodes.

a) Quels volumes V_A d'acide carboxylique AH et V_B d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ faut-il utiliser?

b) Quels volumes V_A d'acide carboxylique AH et V'_B de carboxylate de sodium NaA de cet acide de concentration $C'_B = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ faut-il utiliser?

Exercice 2

On réalise l'hydratation d'un alcène de formule C_nH_{2n} et on obtient un corps A dont la masse est constituée à 26,7 % par de l'oxygène.

1) Quelle est la formule brute de l'alcène?

2) Ce corps A est oxydé par le mélange sulfochromique en un corps B qui ne réagit pas avec la liqueur de Fehling mais donne un précipité jaune avec la D. N. P. H. (dinitro-2,4 phénylhydrazine).

Quels sont les formules et les noms des corps A et B?

SUJET 10

3) Quels produits obtient-on si on fait réagir A avec l'anhydride éthanoïque? Écrire l'équation-bilan de la réaction.

Cette réaction est-elle totale ou réversible?

Données numériques :

$$M_C = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; \quad M_O = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1};$$

$$M_H = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

N.B. : Le mélange sulfochromique contient des ions dichromate et de l'acide sulfurique.

Lire l'énoncé

Mécanique

La première et la troisième partie s'intéressent au mouvement d'une particule chargée soumise à un champ électrostatique uniforme; la deuxième partie étudie le mouvement de la même particule dans un champ magnétique uniforme constitue, en fait, une question de cours déguisée.

Électricité

Le but de l'exercice est de calculer la résistance et l'inductance d'une bobine à partir de l'oscillogramme donné par l'énoncé, en déterminant la valeur efficace des tensions et leur déphasage.

Physique nucléaire

Cet exercice simple sur la désintégration β^+ du potassium 40 en argon 40 a pour but, en utilisant l'évolution des nombres d'atomes en fonction du temps, de déterminer l'âge d'une roche volcanique.

Solutions aqueuses

Le calcul du pK_a d'une base faible constitue la première question et pose peu de problème car l'énoncé donne en partie la réponse! Mélanges de solutions acides et de solutions basiques forment la deuxième question où il faut prendre garde à la dilution en écrivant les relations entre les concentrations: les valeurs obtenues constituent des résultats classiques dans l'étude des solutions tampons.

Chimie organique

Après la détermination de la formule brute d'un alcène à partir de sa composition massique, une suite de questions de cours constitue cet exercice de chimie organique, dont le but est la détermination de l'alcène par oxydation ménagée de l'alcool obtenu après hydratation.

CORRIGÉ

PHYSIQUE

Exercice 1

1) Nous allons déterminer la vitesse v_A des électrons, lorsqu'ils traversent l'anode au point A, en appliquant le **théorème de l'énergie cinétique** à un électron de charge e et de masse m entre la cathode et l'anode, alors qu'il n'est soumis qu'à un champ électrostatique accélérateur.

Si l'on néglige la vitesse d'émission des électrons devant v_A , le théorème de l'énergie cinétique s'écrit :

$$\frac{1}{2} m v_A^2 = -e U_{AC}, \quad \text{avec } e < 0.$$

La vitesse des électrons en A est

$$v_A = \sqrt{\frac{2eU_{CA}}{m}} = 1,03 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

La vitesse de l'électron est de l'ordre du vingtième de la vitesse de la lumière, ce qui justifie l'emploi de la dynamique classique.

2) Une fois que l'électron a traversé l'anode, il est soumis uniquement à la force de Lorentz $e\vec{v} \wedge \vec{B}$ de la part du champ magnétique \vec{B} .

En projection dans le repère de Frenet, le principe fondamental de la dynamique s'écrit :

$$m\vec{a} = m\left(\frac{v^2}{R} \vec{n} + \frac{dv}{dt} \vec{u}\right) = e\vec{v} \wedge \vec{B} \quad \text{avec } \vec{v} = v\vec{u}.$$

\vec{a} et \vec{v} sont perpendiculaires à \vec{B} : le mouvement est plan.

L'expression de la force de Lorentz et le principe fondamental de la dynamique nous montrent que l'accélération est constamment orthogonale à la vitesse : le mouvement est circulaire; sa composante tangentielle est nulle, ce qui montre que **la norme de la vitesse est constante au cours du mouvement** : $v = v_A$.

La composante normale de l'accélération nous permet de déterminer le rayon de la trajectoire :

$$m \frac{v^2}{R} = -evB = -v_A eB.$$

SUJET 10

La trajectoire est un cercle de rayon

$$R = \frac{mv_A}{-eB} = 5,84 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

Lorsque l'électron quitte l'espace où règne le champ magnétique par le trou D après avoir parcouru un quart de circonférence, sa vitesse est horizontale, dirigée dans le sens des y négatifs et de norme $v_0 = v_A$ puisque nous avons vu que la norme de la vitesse est constante au cours du mouvement.

3) D'après le principe fondamental de la dynamique appliqué à l'électron :

$$m\vec{a} = e\vec{E}, \text{ soit } ma_x = eE \text{ et } ma_y = 0$$

en projection sur les axes Ox et Oy , où E est la norme du champ électrostatique.

On obtient les coordonnées de la vitesse de l'électron ainsi que les équations horaires par intégration et en tenant compte des conditions initiales.

$v_x(t) = \frac{e}{m} Et$ et $v_y(t) = -v_0$, qui donnent les équations horaires :

$$x(t) = \frac{eE}{2m} t^2 + R \text{ et } y(t) = -v_0 t$$

On obtient l'équation de la trajectoire en éliminant le temps entre les deux équations précédentes :

$$x(y) = \frac{eE}{2mv_0^2} y^2 + R, \text{ avec } e < 0$$

Cette trajectoire est une parabole dont la concavité est dirigée vers le haut puisque la charge de l'électron est négative.

L'électron traverse l'anode en A' si $x(-R) = 0$ soit

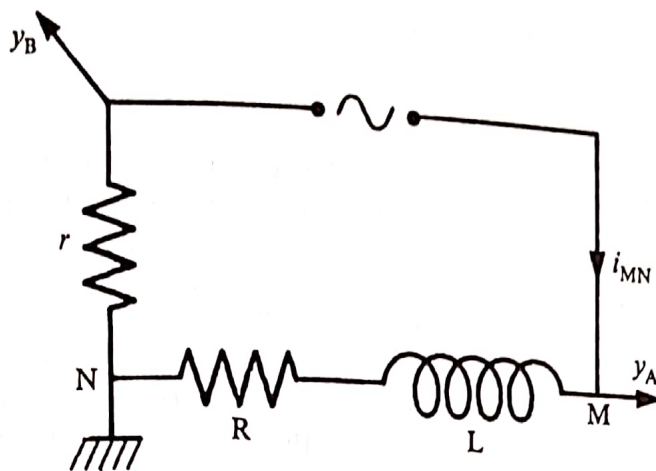
$$\frac{eE}{2mv_0^2} R^2 + R = 0.$$

La norme du champ électrostatique est

$$E = \frac{2mv_0^2}{eR} = 2,05 \cdot 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}.$$

Exercice 2

1) a) Pour visualiser à la fois la tension aux bornes de la bobine et de la résistance, afin d'avoir accès au courant i_{MN} , la masse du montage doit être située en N comme le montre la figure ci-dessous :



b) L'impédance du dipôle MN est $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$.

2) Si i_{MN} a le sens indiqué sur la figure précédente, on visualise, sur la voie A de l'oscilloscope, la tension aux bornes du dipôle et sur la voie B, la tension aux bornes de la résistance r .

a) D'après le schéma électrique précédent, la tension aux bornes de la résistance r est $-ri_{MN}$, donc $K = -r$.

b) L'oscillogramme proposé par l'énoncé montre qu'une période T des tensions correspond à 10 divisions, soit 5 ms puisque la sensibilité horizontale est 0,5 ms/division. La valeur de la fréquence est 200 Hz.

c) La valeur maximale de la tension u_{MN} est 10 V puisqu'elle correspond à 5 divisions et que la sensibilité verticale est 2 V/division sur la voie A. La valeur efficace de la tension u_{MN} est $U = 10/\sqrt{2} = 7,1$ V.

d) La valeur maximale de la tension aux bornes de la résistance r est 26 V puisqu'elle correspond à 1,3 division et que la sensibilité verticale est 10 V/division sur la voie B. La valeur efficace de la tension est 18,4 V et la valeur efficace de l'intensité est $I = 0,18$ A puisque $r = 100 \Omega$.

e) Le retard du courant sur la tension aux bornes du dipôle correspond à un cinquième de période ; la phase du courant par rapport à la tension est $\phi = \pi/10$.

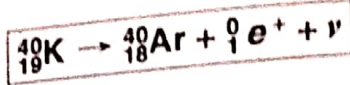
La phase ϕ est déterminée par $\cos \phi = \frac{R}{Z}$ et $\sin \phi = \frac{L\omega}{Z}$, $Z = U/I$.

$$R = Z \cos \phi = 31 \Omega \quad \text{et} \quad L = Z \sin \phi / \omega = 18 \text{ mH}$$

SUJET 10

Exercice 3

1) Le potassium 40 se désintègre en argon 40 suivant une réaction de désintégration β^+ :



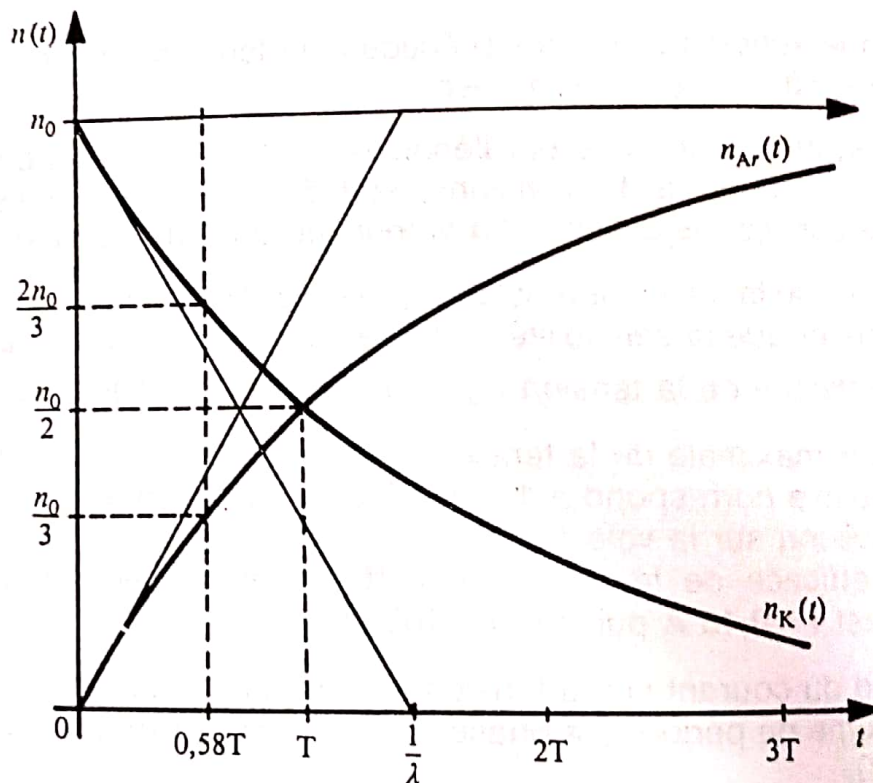
2) a) Si l'on appelle λ la constante radioactive usuelle, liée à la période T par $\lambda = \ln 2 / T$, le nombre d'atomes de potassium 40 présents à l'instant t est :

$$n_{\text{K}}(t) = n_0 e^{-\lambda t}$$

Chaque noyau de potassium 40 se désintégrant se transforme en un noyau d'argon 40, de sorte que le nombre total de noyaux reste constant au cours du temps et égal à n_0 ; le nombre d'atomes d'argon 40 présents à l'instant t est donc :

$$n_{\text{Ar}}(t) = n_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

b) Les fonctions $n_{\text{K}}(t)$ et $n_{\text{Ar}}(t)$ sont représentées ci-dessous :



3) Les atomes de potassium 40 étant deux fois plus nombreux que les atomes d'argon 40 dans l'échantillon d'obsidienne, il nous faut trouver le temps t pour lequel $n_{\text{K}}(t) = 2n_{\text{Ar}}(t)$.

Ainsi $n_0 e^{-\lambda t} = 2n_0(1 - e^{-\lambda t})$ qui donne $e^{-\lambda t} = 2/3$ et

$$t = \frac{\ln 3 - \ln 2}{\ln 2} T.$$

L'âge de l'obsidienne est environ 580 millions d'années.

CHIMIE

Exercice 1

1) a) La solution aqueuse d'acide carboxylique AH a pour pH 3,4 : on en déduit immédiatement la concentration en ions H_3O^+ :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}.$$

La valeur du produit ionique de l'eau étant 10^{-14} à 25 °C :

$$[\text{OH}^-] = 2,5 \cdot 10^{-11} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}.$$

L'électroneutralité de la solution s'écrit :

$$[\text{A}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+].$$

Les valeurs numériques précédemment déterminées permettent de négliger la concentration des ions H_3O^+ devant celle des ions OH^- et d'obtenir celle des ions A^- :

$$[\text{A}^-] = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}.$$

La conservation de l'espèce s'écrit

$$[\text{AH}]_0 = [\text{AH}] + [\text{A}^-] = C_A$$

et le résultat précédent nous permet d'obtenir :

$$[\text{AH}] = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}.$$

En reportant ces valeurs numériques dans l'expression de la constante d'acidité du couple AH/A⁻ :

$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{AH}]}, \quad \text{on obtient} \quad K_a = 1,65 \cdot 10^{-5}.$$

Le $\text{p}K_a$ du couple acide-base AH/A⁻ est 4,78.

SUJET 10

b) L'acide AH est l'acide éthanóïque CH_3COOH .

2) On désire préparer une solution tampon de $\text{pH} = \text{p}K_a$, ce qui signifie que

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,65 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = 6,06 \cdot 10^{-10} \text{ mol} \cdot \ell^{-1} \quad \text{et} \quad [\text{AH}] = [\text{A}^-].$$

a) Compte tenu de la dilution lors du mélange des deux solutions et en exprimant les volumes en ml :

$$[\text{Na}^+] = \frac{V_B}{150} C_B \quad \text{et} \quad [\text{AH}] + [\text{A}^-] = \frac{V_A}{150} C_A.$$

L'électroneutralité de la solution s'écrit

$$[\text{A}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{Na}^+],$$

et les valeurs numériques permettent de négliger $[\text{OH}^-]$ devant $[\text{H}_3\text{O}^+]$.

Nous devons résoudre $\frac{V_B}{300} C_B = [\text{H}_3\text{O}^+] + \frac{V_B}{150} C_B$ avec

$$V_A + V_B = 150 \text{ ml}.$$

En éliminant V_B entre ces deux équations :

$$(C_A/2 + C_B) V_A = 150(C_B + [\text{H}_3\text{O}^+]).$$

Comme $[\text{H}_3\text{O}^+]$ est négligeable devant C_B ,

$$V_A = \frac{C_B}{C_A/2 + C_B}.$$

Il faut mélanger 100 ml d'acide éthanóïque et 50 ml d'hydroxyde de sodium pour préparer 150 ml de solution tampon.

Cela correspond bien à la demi-équivalence lors du dosage de l'acide éthanóïque par la soude.

b) En reprenant une méthode analogue à la précédente, où seule la conservation de l'espèce carboxylique s'exprime différemment, il vient :

$$[\text{Na}^+] = \frac{V'_B}{150} C'_B \quad \text{et} \quad [\text{AH}] + [\text{A}^-] = \frac{V'_A}{150} C_A + \frac{V'_B}{150} C'_B.$$

Puis $\frac{1}{2} \left(\frac{V'_A}{150} C_A + \frac{V'_B}{150} C'_B \right) = [\text{H}_3\text{O}^+] + \frac{V'_B}{150} C'_B$, en négligeant $[\text{OH}^-]$.

Comme on a toujours $V'_A + V'_B = 150 \text{ ml}$, l'élimination de V'_B entre ces deux équations donne :

$$(C_A + C'_B) V'_A = 150 C'_B + 300 [\text{H}_3\text{O}^+].$$

Comme $[H_3O^+]$ est négligeable devant C'_B ,

$$V'_A = \frac{C'_B}{C_A + C'_B}$$

Il faut mélanger 75 ml d'acide éthanóique et 75 ml d'éthanoate de sodium pour préparer 150 ml de solution tampon.

Exercice 2

1) L'hydratation d'un alcène de formule brute C_nH_{2n} conduit à un alcool (corps A) de formule brute $C_nH_{2n+2}O$. La masse molaire de cet alcool est, en grammes,

$$M = 12n + 2n + 2 + 16 = 14n + 18,$$

et la masse d'oxygène contenue dans l'alcool est 16 g.

D'après l'énoncé :

$$0,267 = \frac{16}{14n + 18} \quad \text{soit} \quad n = 3,0.$$

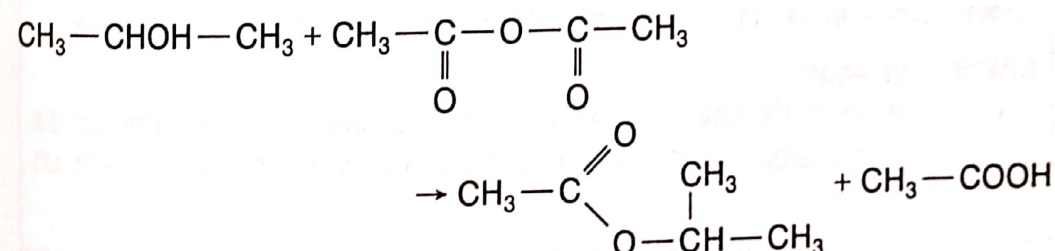
Comme n doit être un entier : $n = 3$.

La formule brute de l'alcène est C_3H_6 .

2) Le seul alcène de formule brute C_3H_6 est le **propène** : son hydratation conduit essentiellement au **propanol 2 (corps A)** d'après la règle de Markovnikov.

L'oxydation ménagée du propanol-2 par le mélange sulfochromique conduit à la **propanone (corps B)** qui, comme toutes les cétones, réagit positivement au test à la dinitro-2,4 phénylhydrazine et négativement au test à la liqueur de Fehling.

3) Le propanol-2 réagit avec l'anhydride éthanóique pour donner un ester, l'**éthanoate de méthyl-1 éthyle**, et l'**acide éthanóique**, lors d'une réaction d'estérification totale :



SUJET 10

Points clés à retenir

Mécanique

Le théorème de l'énergie cinétique, le travail de la force électrostatique, le principe fondamental de la dynamique, et le rayon de la trajectoire d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme.

Électricité

La position de la masse du montage permettant de visualiser simultanément les deux tensions intéressantes.

Physique nucléaire

Bonne connaissance des résultats du cours.

Solutions aqueuses

Les propriétés des solutions tampons.

Chimie organique

Bonne connaissance des réactions du cours : hydratation d'un alcène, oxydation ménagée d'un alcool, tests caractéristiques des aldéhydes et des cétones, estérification.

Conseils de méthode

Mécanique

Il faut prendre garde au sens des champs électrostatiques appliqués afin d'éviter les erreurs de signes dans l'application du théorème de l'énergie cinétique ou la détermination de la trajectoire parabolique de la particule.

Électricité

Attention aux erreurs de branchement dans le circuit électrique.

Physique nucléaire

La connaissance de l'évolution du nombre d'atomes se désintégrant au cours du temps et la conservation du nombre d'atomes sont indispensables à la résolution de cet exercice. Sans que vous soyez un expert en géologie, votre résultat doit avoir un ordre de grandeur convenable !

Solutions aqueuses

Ne pas oublier la dilution et la présence des ions spectateurs Na^+ et tenir compte des approximations que permettent certaines valeurs numériques.

Chimie organique

Il est nécessaire de savoir déterminer une formule brute à partir de sa composition massique et de ne pas oublier que n est obligatoirement un entier.

11 - BORDEAUX, CAEN,
CLERMONT-FERRAND, LIMOGES, NANTES
ORLÉANS-TOURS, POITIERS, RENNES (JUIN 89)

PHYSIQUE

Exercice 1 (4 points)

Mécanique (mouvement d'un pendule)

Exercice 2 (5 points)

Électricité (étude d'un circuit *RLC* série en régime sinusoïdal forcé)

Exercice 3 (4 points)

Physique nucléaire (désintégration β^- du molybdène)

CHIMIE

Exercice 1 (3 points)

Solutions aqueuses (étude d'un couple acide/base, solution tampon)

Exercice 2 (4 points)

Chimie organique (identification d'un alcène, oxydation ménagée des alcools, estérification, acides et dérivés d'acide)

ÉNONCÉ



PHYSIQUE

Exercice 1

On négligera les frottements et on prendra $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Une sphère S assimilable à un point matériel de masse $m = 50 \text{ g}$ est reliée à un point fixe O par un fil inextensible, de masse négligeable et de longueur $\ell = 0,50 \text{ m}$.

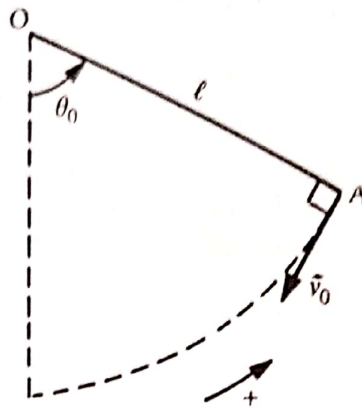
Le fil est écarté de sa position d'équilibre, d'un angle

$\theta_0 = +\frac{\pi}{3}$ rad, puis la bille est lancée vers le bas avec un

vecteur vitesse \vec{V}_0 perpendiculaire au fil. A une date t quelconque, la position de la bille est repérée par l'angle θ que forme le fil avec la position d'équilibre. (Voir figure page suivante.)

1) Exprimer la valeur v de la vitesse de la bille à une date t en fonction de v_0 , ℓ , g , θ_0 et θ .

SUJET 11

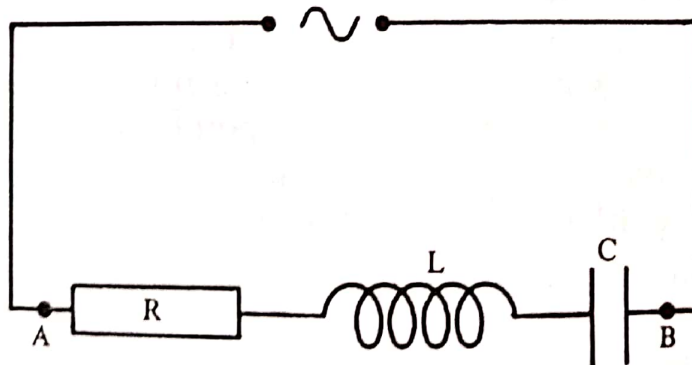


- 2) Exprimer la valeur T de la tension du fil en fonction de m , v_0 , l , g , θ_0 et θ .
- 3) Quelle doit être la valeur minimale de v_0 pour que la bille fasse un tour, le fil restant tendu. Faire l'application numérique.

Exercice 2

Une portion de circuit AB est constituée par un conducteur ohmique de résistance R , une bobine d'inductance L et de résistance négligeable et un condensateur de capacité C .

On applique entre A et B une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace $U = 4 \text{ V}$, et de fréquence N réglable. On note I l'intensité efficace du courant qui circule dans la portion de circuit.



- 1) Donner l'expression de l'impédance Z du dipôle AB . En déduire l'expression de l'intensité efficace I en fonction de U , R , L , C et N .

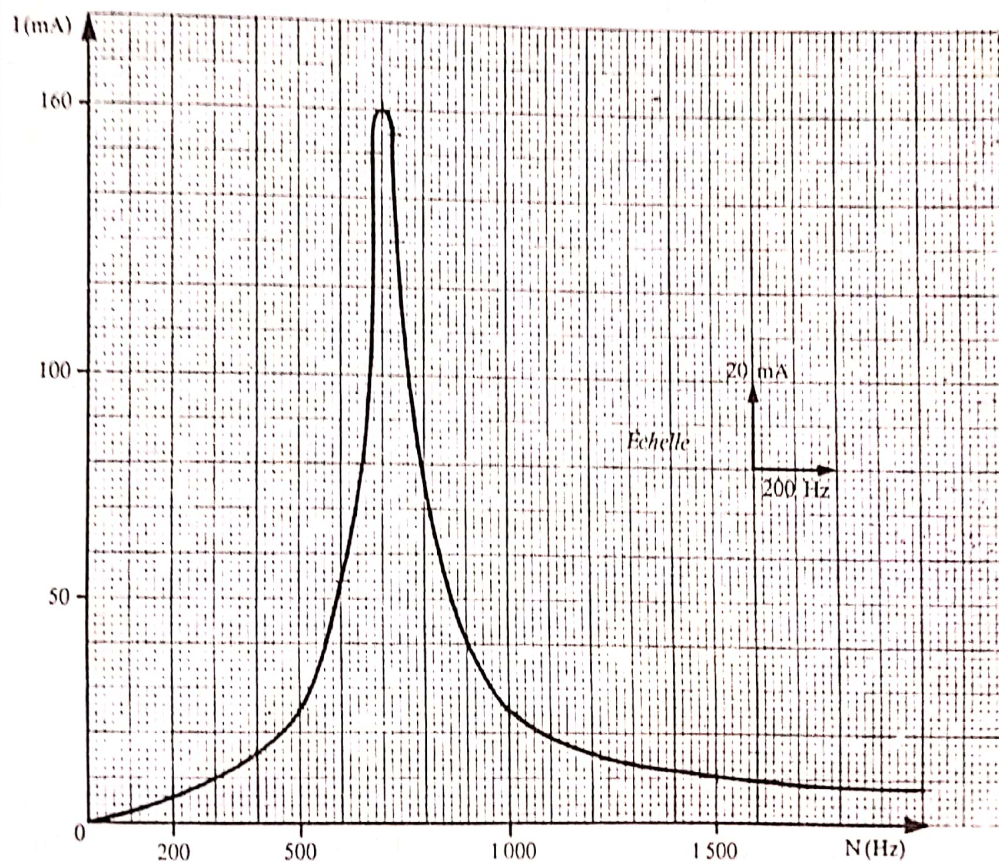
2) Pour une valeur N_0 de N , l'intensité efficace est maximale. On appelle I_0 cette valeur. Déduire de l'expression précédente la relation qui lie N_0 , L et C .

3) On appelle N_1 et N_2 les fréquences pour lesquelles $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ avec $N_2 > N_1$.

On définit le facteur de qualité Q par : $Q = \frac{N_0}{N_2 - N_1}$.

Montrer qu $Q = \frac{L\omega_0}{R}$.

4) On fait varier la fréquence N du générateur et on note la valeur de l'intensité efficace correspondante. On obtient la courbe ci-dessous :



a) Déterminer la fréquence de résonance N_0 . En déduire la résistance R .

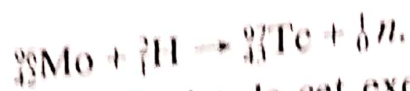
b) Déterminer le facteur de qualité Q du circuit. En déduire la valeur de l'inductance L puis de la capacité C .

Exercice 3

LE TECHNETIUM (Tc)

Un peu d'histoire...

En 1937 PERRIER et SEGRE obtiennent pour la première fois du technetium (un des deux éléments de numéro atomique inférieur à 92 n'existant pas dans la nature) en bombardant des noyaux de molybdène par des deutons. L'un des isotopes obtenu est issu de la réaction nucléaire suivante :



L'isotope ${}_{43}^{97}\text{Tc}$ qui fait l'objet de cet exercice, est actuellement très utilisé en imagerie médicale (voir note en fin de texte).

Il est obtenu, dans des générateurs molybdène/technetium, à partir de l'isotope ${}_{42}^{99}\text{Mo}$ du molybdène. Ce dernier est radioactif β^- (de période 2,8 jours).

1) a) Écrire l'équation-bilan correspondant à cette désintégration.

b) Rappeler la définition de la période radioactive.

2) a) Déterminer, en MeV, l'énergie libérée lors de cette désintégration.

b) Le noyau de molybdène étant initialement au repos, déterminer, en MeV, l'énergie cinétique maximale de la particule émise (on négligera l'énergie cinétique du noyau de technetium). En déduire que cette particule est relativiste.

3) Environ 90 % des noyaux de technetium formés sont dans un état excité. Leur désexcitation n'est pas instantanée. Celle-ci se fait suivant une loi de décroissance exponentielle de période 6 heures. Quel type d'émission accompagne cette désexcitation ?

La désexcitation est monoénergétique et correspond à une énergie de 140 keV. Déterminer la longueur d'onde du rayonnement émis.

Masse du noyau ${}_{42}^{99}\text{Mo}$: $m_1 = 98,884\,37\text{ u}$.

Masse du noyau ${}_{43}^{99}\text{Tc}$: $m_2 = 98,882\,35\text{ u}$.

Masse de l'électron : $m_3 = 55 \cdot 10^{-5}\text{ u}$.

Unité de masse atomique = $931,5\text{ MeV}/c^2$

$$1\text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ J}$$

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

Note : Le technetium ^{99}Tc est injecté, par voie intraveineuse, dans l'organisme. Il se fixe plus ou moins sur l'organe étudié suivant son état physiologique ou pathologique. L'observation se fait alors par scintigraphie.

CHIMIE



Exercice 1

Les solutions sont considérées à 25 °C.

On dispose de plusieurs solutions aqueuses de même concentration molaire $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$:

A : chlorure de sodium ;

B : hydroxyde de sodium ;

C : acide méthanoïque ;

D : méthanoate de sodium ;

E : acide chlorhydrique.

1) On désire préparer 100 cm³ d'une solution *S* de pH = 4,0 à partir des solutions *C* et *D*. Calculer les volumes V_1 de *C* et V_2 de *D* à mélanger pour obtenir la solution *S*.

Le pK_A du couple acide/base concerné vaut 3,8.

2) Quelles sont les propriétés de la solution ainsi préparée ? Indiquez, sans calcul, un autre moyen d'obtenir une telle solution à partir des solutions dont on dispose.

Exercice 2

Un alcène a pour formule brute C_4H_8 .

1) Quels sont les isomères possibles ? Donner leur formule semi-développée et leur nom.

2) On hydrate l'un de ces isomères *A* et on obtient deux alcools *B* et *C* de classes différentes. On sépare ces deux alcools et on les soumet à une oxydation ménagée sans excès d'oxydant. Seul *B* s'oxyde et donne un composé *B'* qui réagit positivement à la dinitro-2,4 phénylhydrazine et à la liqueur de Fehling.

SUJET 11

Identifier A , B , B' et C (formules semi-développées et noms).

3) On fait réagir B avec un monoacide carboxylique D à chaîne saturée non ramifiée de masse molaire $88 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Quel est le composé organique E obtenu? Écrire l'équation-bilan de la réaction.

4) On fait réagir D avec le pentachlorure de phosphore ou le chlorure de thionyle. Quel est le composé F obtenu?

5) F réagit avec B . Qu'obtient-on? Quelles comparaisons pouvez-vous faire avec la réaction du 3)? On donne les masses atomiques en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$:

H : 1; C : 12; O : 16.

Lire l'énoncé

Mécanique

Le pendule n'effectuant pas de petites oscillations, il n'est pas question de commencer par déterminer l'équation du mouvement! La bonne méthode est énergétique et conduit naturellement au résultat. Par contre, il est nécessaire de considérer ensuite le principe fondamental de la dynamique puisque l'énoncé nous demande l'expression d'une force, la tension du fil. Pour finir, n'oubliez pas de réfléchir à la condition physique qui permet à la bille de faire un tour complet, le fil restant tendu.

Électricité

Cet exercice est dans son ensemble très classique et la plupart des questions sont des questions de cours. La courbe fournie par l'énoncé permet de déterminer, par simple lecture, la fréquence de résonance, la bande passante et l'intensité du courant : on en déduit alors les caractéristiques de la portion de circuit à l'aide des résultats théoriques des premières questions.

Physique nucléaire

Beaucoup de questions de cours dans cet exercice de physique nucléaire qui ne présente pas de difficultés.

Solutions aqueuses

La solution S résulte d'un mélange de deux solutions : vous devez écrire les équations habituelles reliant les diverses concentrations en les exploitant dans le bon ordre et en prenant en compte la dilution. La seconde question est une question de cours sur les solutions tampon.

Chimie organique

Cet exercice comporte beaucoup de questions de cours très classiques ; la seule exception est la détermination de la formule brute de l'acide D à partir de sa masse molaire.