

BACCALAURÉAT BLANC

ECOLE ALSACIENNE

DÉCEMBRE 2014

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

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

Ce sujet comporte deux exercices de physique et un exercice de chimie.

CALCULATRICE AUTORISÉE

VOUS UTILISEREZ UNE COPIE PAR EXERCICE.

ATTENTION !

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

- I- Physique (sur 5 points)
- II- Physique (sur 6 points)
- IV- Chimie (sur 9 points)

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

- II- Physique (sur 6 points)
- III- Physique (sur 5 points)
- IV- Chimie (sur 9 points)

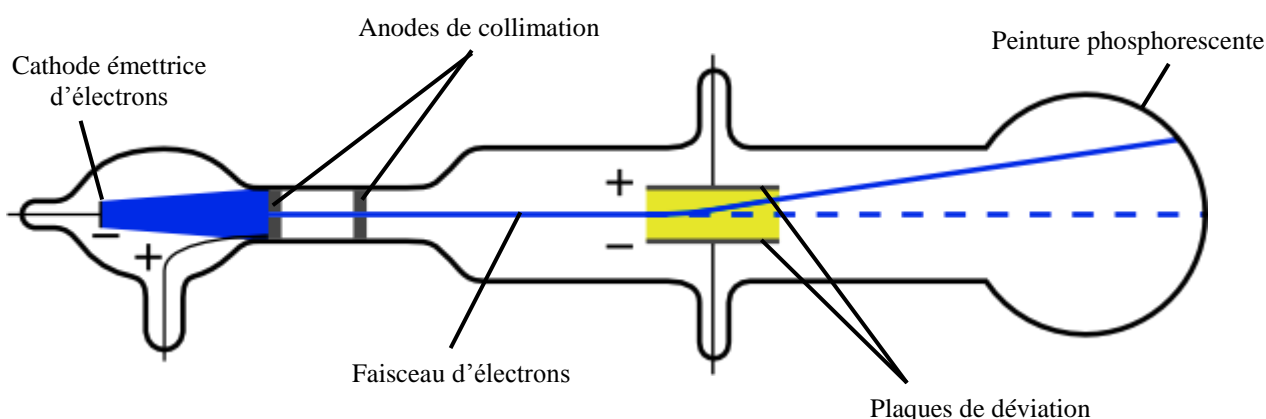
Exercice I : Physique sur 5 points (uniquement pour les élèves qui ne sont pas en Spécialité)

Une expérience historique

Document 1 : La deuxième expérience de Thomson

Le physicien anglais Joseph John Thomson utilisa un tube à vide, dans lequel une cathode émet des électrons. Ceux-ci sont accélérés dans un champ électrostatique créé par des anodes de collimation. À la sortie de ces anodes, les électrons forment un faisceau très étroit. Ce faisceau passe ensuite entre deux plaques métalliques de charges opposées. Les électrons, soumis à un nouveau champ électrostatique, sont alors déviés de leur trajectoire et viennent frapper un écran constitué d'une couche de peinture phosphorescente.

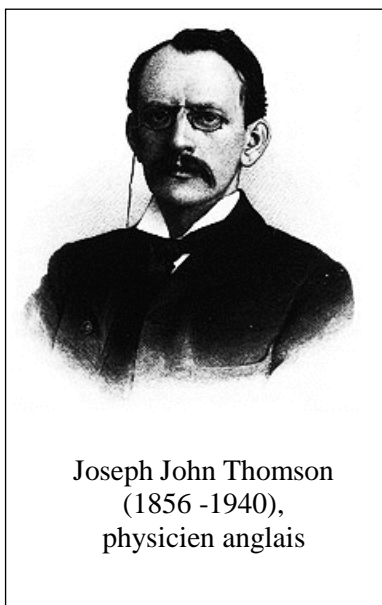
Tube utilisé par Thomson pour montrer la déviation de particules chargées par un champ électrostatique :



Document 2 : Création d'un champ électrostatique

Deux plaques métalliques horizontales portant des charges opposées possèdent entre elles un champ électrostatique uniforme \vec{E} caractérisé par :

- sa direction : perpendiculaire aux plaques
- son sens : de la plaque chargée positivement vers la plaque chargée négativement.



Joseph John Thomson
(1856 -1940),
physicien anglais

Document 3 : Force électrostatique subie par une particule chargée dans champ électrique \vec{E}

Force subie par la particule chargée $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ Champ électrostatique

Charge de la particule

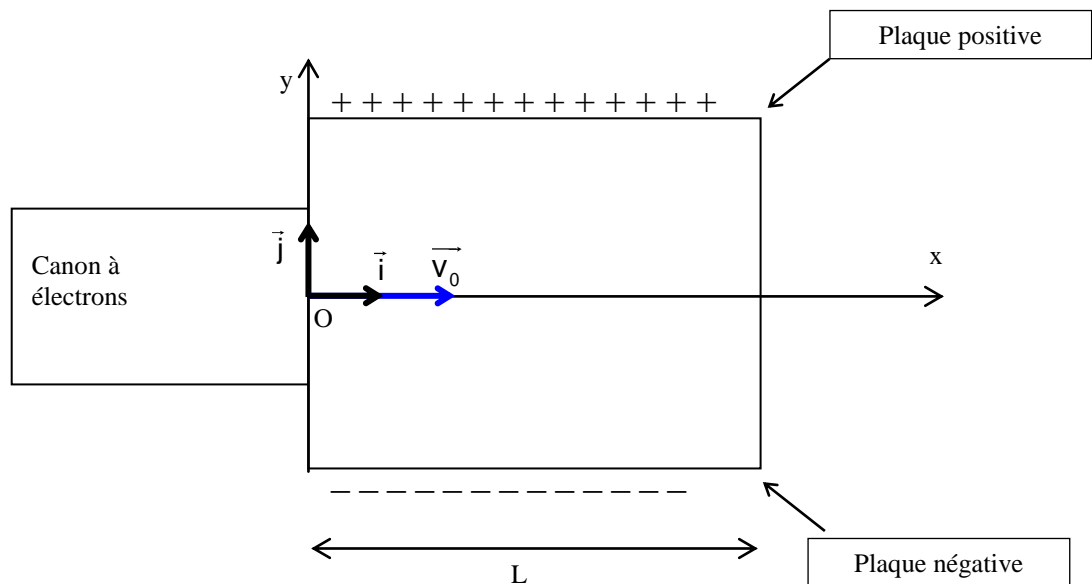
Pour un électron : $q = -e$; e étant la charge élémentaire.

Document 4 : Interactions entre particules chargées

Deux particules de charges de même signe se repoussent ; deux particules de charges opposées s'attirent.

Document 5 : Expérience de laboratoire ; détermination du rapport e/m pour l'électron

Le montage ci-dessous reprend le principe de la deuxième expérience de Thomson. Il comporte un tube à vide dans lequel un faisceau d'électrons est dévié entre deux plaques de charges opposées. On mesure la déviation verticale du faisceau d'électrons lors de la traversée des plaques sur une longueur L , afin de déterminer la valeur du rapport e/m .



Données de l'expérience :

Les électrons sortent du canon à électrons avec une vitesse $v_0 = 2,27 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$.

Le faisceau d'électrons passe entre les deux plaques chargées et est dévié d'une hauteur h quand il sort des plaques.

L'intensité du champ électrostatique entre les deux plaques est : $E = 15,0 \text{ kV.m}^{-1}$.

La longueur des plaques est : $L = 8,50 \text{ cm}$.

On fait l'hypothèse que le poids des électrons est négligeable par rapport à la force électrostatique \vec{F} .

1. Détermination du caractère négatif de la charge de l'électron par J.J. Thomson.

1.1. À l'aide du **document 2**, représenter sur **L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** le vecteur correspondant au champ électrostatique \vec{E} .
On prendra l'échelle suivante : 1,0 cm pour $5,0 \text{ kV.m}^{-1}$.

1.2. J.J. Thomson a observé une déviation du faisceau d'électrons vers la plaque métallique chargée positivement (**voir document 1**).
Expliquer comment J.J. Thomson en a déduit que les électrons sont chargés négativement.

1.3. À l'aide du **document 3**, donner la relation entre la force électrostatique \vec{F} subie par un électron, la charge élémentaire e et le champ électrostatique \vec{E} . Montrer que le sens de déviation du faisceau d'électrons est cohérent avec le sens de \vec{F} .

2. Détermination du rapport e/m pour l'électron.

2.1. En appliquant la deuxième loi de Newton à l'électron, montrer que les relations donnant les coordonnées de son vecteur accélération sont :

$$a_x = 0 \quad \text{et} \quad a_y = \frac{eE}{m}$$

2.2. On montre que la courbe décrite par les électrons entre les plaques admet pour équation :

$$y = \frac{eE}{2mv_0^2} x^2$$

À la sortie des plaques, en $x = L$, la déviation verticale du faisceau d'électrons par rapport à l'axe (Ox) a une valeur $h = 1,85$ cm.

2.2.1. En déduire l'expression du rapport $\frac{e}{m}$ en fonction de E , L , h et v_0 .

2.2.2. Donner la valeur du rapport $\frac{e}{m}$.

2.2.3. On donne ci-dessous les valeurs des grandeurs utilisées, avec les incertitudes associées :

$$v_0 = (2,27 \pm 0,02) \times 10^7 \text{ m.s}^{-1};$$

$$E = (15,0 \pm 0,1) \text{ kV.m}^{-1};$$

$$L = (8,50 \pm 0,05) \text{ cm};$$

$$h = (1,85 \pm 0,05) \text{ cm};$$

L'incertitude du rapport $\frac{e}{m}$, notée $U\left(\frac{e}{m}\right)$, s'exprime par la formule suivante :

$$U\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{e}{m} \sqrt{\left[\left(\frac{U(h)}{h}\right)^2 + \left(\frac{U(E)}{E}\right)^2 + 4\left(\frac{U(v_0)}{v_0}\right)^2 + 4\left(\frac{U(L)}{L}\right)^2\right]}$$

Calculer l'incertitude $U\left(\frac{e}{m}\right)$, puis exprimer le résultat de $\left(\frac{e}{m}\right)$ avec cette incertitude.

L'ISS

La station spatiale internationale ISS (International Space Station) est à ce jour le plus grand des objets artificiels placé en orbite terrestre à une altitude de 400 km.

Elle est occupée en permanence par un équipage international qui se consacre à la recherche scientifique dans l'environnement spatial. Jusqu'à présent, trois vaisseaux cargos ATV ont permis de ravitailler la station ISS.



Les parties A et B de cet exercice sont indépendantes.

PARTIE A : Étude du mouvement de la station spatiale ISS

La station spatiale internationale, supposée ponctuelle et notée S, évolue sur une orbite qu'on admettra circulaire, dont le plan est incliné de 51,6° par rapport au plan de l'équateur.

Données :

- rayon de la Terre : $R_T = 6380$ km
- masse de la station : $m = 435$ tonnes
- masse de la Terre, supposée ponctuelle : $M = 5,98 \times 10^{24}$ kg
- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
- altitude de la station ISS : $h = 400$ km
- expression de la valeur de la force d'interaction gravitationnelle F entre deux corps A et B ponctuels de masses respectives m_A et m_B , distants de $d = AB$:

$$F = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$$

1. Représenter sur un schéma :

- la Terre T et la station S, supposée ponctuelle ;
- un vecteur unitaire \vec{u} orienté de la Terre vers station S au point S;
- la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur la station S.

Donner l'expression vectorielle de cette force en fonction du vecteur unitaire \vec{u} .

2. En admettant que la trajectoire du satellite est circulaire, démontrer, en appliquant le théorème de l'énergie cinétique entre deux points quelconques sur la trajectoire, que le mouvement est uniforme.

3. Soit le repère (S, \vec{T} , \vec{N}) dans lequel les vecteurs \vec{T} (tangente) et \vec{N} (normale) sont deux vecteurs unitaires : \vec{N} est un vecteur radial centripète par rapport à la trajectoire, \vec{T} est un vecteur tangent à la trajectoire orienté dans le sens du mouvement (ce repère s'appelle le repère de Frenet). On montre que dans ce repère, l'accélération \vec{a} peut s'écrire :

$$\vec{a} = a_T \times \vec{T} + a_N \times \vec{N} \quad \text{avec } a_T = \frac{dv}{dt} \text{ et } a_N = \frac{v^2}{R} \quad (R = \text{Rayon de la trajectoire})$$

En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que :

3.1. le mouvement est uniforme. 3.2 la vitesse a pour expression : $v = \sqrt{\frac{GM}{R_T + h}}$

3.3. Calculer la valeur de la vitesse de la station en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

4. Combien de révolutions autour de la Terre un astronaute présent à bord de la station spatiale internationale fait-il en 24h ?

PARTIE B : Ravitaillement de la station ISS

Le 23 mars 2012, un lanceur Ariane 5 a décollé du port spatial de l'Europe à Kourou (Guyane), emportant à son bord le véhicule de transfert automatique (ATV) qui permet de ravitailler la station spatiale internationale (ISS).

Au moment du décollage, la masse de la fusée est égale à $7,8 \times 10^2$ tonnes, dont environ 3,5 tonnes de cargaison : ergols, oxygène, air, eau potable, équipements scientifiques, vivres et vêtements pour l'équipage à bord de l'ATV.

D'après http://www.esa.int/esaCP/Pr_10_2012_p_FR.html



On se propose dans cette partie d'étudier le décollage de la fusée.

Pour ce faire, on se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

À la date $t = 0$ s, le système est immobile.

À $t = 1$ s, la fusée a éjecté une masse de gaz notée m_g , à la vitesse \vec{v}_g . Sa masse est alors notée m_f et sa vitesse \vec{v}_f .

Données :

- Intensité de la pesanteur à Kourou : $g = 9,78 \text{ N.kg}^{-1}$
- Débit d'éjection des gaz au décollage : $D = 2,9 \times 10^3 \text{ kg.s}^{-1}$
- Vitesse d'éjection des gaz au décollage : $v_g = 4,0 \text{ km.s}^{-1}$

1. Modèle simplifié du décollage

Dans ce modèle simplifié, on suppose que le système {fusée + gaz} est isolé.

1.1. En comparant la quantité de mouvement du système considéré aux dates $t = 0$ s

et $t = 1$ s, montrer que :
$$\vec{v}_f = -\frac{m_g}{m_f} \cdot \vec{v}_g$$

Quelle est la conséquence de l'éjection de ces gaz sur le mouvement de la fusée ?

1.2. Après avoir montré numériquement que la variation de la masse de la fusée est négligeable au bout d'une seconde après le décollage, calculer la valeur de la vitesse de la fusée à cet instant.

2. Étude plus réaliste du décollage

2.1. En réalité la vitesse v_f est très inférieure à celle calculée à la question 1.2.. En supposant que le système {fusée + gaz} est isolé, quelle force n'aurait-on pas dû négliger ?

2.2. On considère désormais le système {fusée}. Il est soumis à son poids \vec{P} et à la force de poussée \vec{F} définie par $\vec{F} = -D \cdot \vec{v}_g$ où D est la masse de gaz éjecté par seconde.

2.2.1. Montrer que le produit $(D \cdot v_g)$ est homogène à une force.

2.2.2. Vérifier par une application numérique que la fusée peut effectivement décoller.

L'OCTOBASSE

L'histoire de la contrebasse remonte à la création de la famille des violons au XVI^{ème} siècle en Italie. La recherche d'instruments à cordes avec ce timbre particulier mais capable de jouer des notes plus graves a conduit à l'élaboration de la contrebasse puis de l'octobasse. En 2010 l'atelier de lutherie de Mirecourt de J.J. Pagès a reproduit à l'identique l'octobasse.

L'objectif de cet exercice est de répondre au problème que se pose le luthier : comment peut-il produire des notes de plus en plus graves avec l'instrument qu'il fabrique, l'octobasse ?



Pour répondre aux questions suivantes, vous vous aiderez des documents 1 à 3 page suivante.

Résolution de problème

Questions préalables

- Donner la relation liant la fréquence f du mode de vibration fondamental, la longueur de la corde L et la célérité v de l'onde sur la corde. Montrer que cette relation peut

s'écrire : $f = \frac{1}{2L} \cdot \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.

- Le son le plus grave de la contrebasse jouant à vide est un mi_0 . La longueur de la corde émettant cette note vaut $L_0 = 1,05$ m. On souhaite construire une octobasse qui puisse émettre la note do_{-1} .

En faisant l'hypothèse que l'octobasse possède une corde de même masse linéique et de même tension que la corde « mi_0 » de la contrebasse, que peut-on dire de la longueur de la corde L_{-1} de l'octobasse nécessaire pour émettre la note do_{-1} . À quelle difficulté se trouve confronté le luthier ?

Problème

En s'affranchissant de l'hypothèse précédente, quelle(s) solution(s) technique(s) le luthier peut-il proposer pour que, en respectant le cahier des charges (document 3), une même corde de l'octobasse puisse émettre un do_{-1} et aussi un $ré_{-1}$?

Remarques :

L'analyse des données ainsi que la démarche suivie sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés à leur terme avec rigueur.

Document 1. Quelques informations

Une corde de longueur L vibrant dans son mode fondamental vérifie la relation :

$$L = \frac{\lambda}{2} \quad \text{avec } \lambda : \text{longueur d'onde de la vibration de la corde.}$$

La célérité v de l'onde sur la corde est liée à la tension T imposée à la corde et à sa masse linéique μ par la relation :

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \text{avec } T \text{ en N et } \mu \text{ en kg.m}^{-1}$$

Le domaine du spectre audible pour l'homme va de 20 Hz à 20 kHz.

Document 2. Fréquences de quelques notes dans la gamme tempérée

Fréquences des notes (Hz)			
Numéro d'octave	-1	0	1
do (ut)	16,3	32,7	65,4
ré	18,3	36,7	73,4
mi	20,6	41,2	82,4
fa	21,8	43,6	87,3
sol	24,5	49,0	98,0
la	27,5	55,0	110
si	30,9	61,7	123

Les cordes d'un instrument sont nommées d'après la note qu'elles émettent dans le mode fondamental, quand elles sont pincées à vide.

Document 3. Cahier des charges de l'octobasse d'après le luthier

L'octobasse possède 3 cordes jouant respectivement les notes do_{-1} , sol_{-1} et do_0 et sa taille est d'environ 4 m. La longueur des cordes est de 2,18 m (longueur à vide). L'instrument est si grand que le musicien doit monter sur un escabeau pour frotter les cordes avec un archet. Le musicien peut manipuler, à l'aide de manettes, sept doigts métalliques qui réduisent la longueur des cordes pour jouer les différentes notes.



Exercice IV- Chimie (9 points) (pour tous les élèves : Spécialité et non Spécialité)

Cet exercice est divisé en deux parties indépendantes

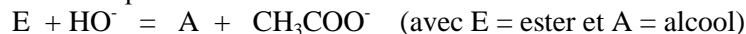
Partie A : Cinétique d'une saponification

Données :

Masse molaire en (g.mol⁻¹) H : 1,00 C : 12,0 O : 16,0 ester E : 116

Masse volumique de l'ester E : $\rho_E = 0,880 \text{ g.cm}^{-3}$

Pauline et Nicolas, élèves de terminale S étudient expérimentalement la saponification d'un ester inconnu E au cours d'une séance de TP. Soit l'équation associée à cette transformation :



Le but est de tracer la courbe donnant la concentration de l'alcool formé au cours du temps.

Mode opératoire :

1. Les élèves prélèvent un volume $V_E = 20,0 \text{ mL}$ de l'ester E qu'ils versent dans une fiole jaugée de $V = 100 \text{ mL}$; puis ils placent la fiole dans un cristalliseur contenant de la glace pilée et de l'eau glacée. Ensuite les deux élèves ajoutent un volume $V_b = 80,0 \text{ mL}$ d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 2,50 \text{ mol.L}^{-1}$ en complétant jusqu'au trait de jauge.
2. Après avoir bien agité le mélange de deux réactifs, ils en prélèvent à huit reprises, un volume $V_0 = 10,00 \text{ mL}$ qu'ils versent dans huit tubes à essai numérotés de zéro à sept. Le tube zéro est maintenu dans la glace ; les tubes un à sept, équipés d'un réfrigérant à air, sont mis simultanément dans un bain-marie bouillant à l'instant $t = 0$ du déclenchement du chronomètre.
3. A des instants t convenablement choisis (voir tableau ci-dessous) un tube est sorti du bain-marie et son contenu est versé dans un bécher contenant de l'eau glacée. On ajoute dans le bécher les eaux de rinçage.
4. Ensuite Pauline et Nicolas procèdent au dosage des ions hydroxyde restant à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique en présence d'un indicateur coloré judicieusement choisi. On admettra que le protocole de dosage ainsi choisi permet de doser les ions hydroxyde sans être perturbé par la présence des ions CH_3COO^- . Ils procèdent de même avec le tube zéro. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Numéro du tube	0	1	2	3	4	5	6	7
Date t / min	0	3	7	12	20	30	40	50
$[\text{HO}^-] / \text{mol.L}^{-1}$	2,00	1,65	1,27	0,95	0,66	0,50	0,48	0,48
$[\text{A}] (\text{A} = \text{alcool}) / \text{mol.L}^{-1}$								

Questions :

I Questions sur le mode opératoire

1. Quelle précaution faut-il prendre à l'étape 1 dans la manipulation de la solution d'hydroxyde de sodium et pourquoi ?
2. Quelle verrerie convient-il de prendre pour le prélèvement du volume V_E de l'étape 1 ?
3. Montrer que la concentration initiale C_E de l'ester dans chaque tube vaut $C_E = 1,52 \text{ mol.L}^{-1}$?
4. Montrer que l'ester est le réactif limitant.
5. Comment s'appelle l'opération faite dans l'étape 3 après avoir sorti un tube du bain-marie ? Quel est le but de cette opération ?

II Etude de la concentration en alcool au cours du temps

1. Montrer que, dans les tubes, à tout instant t , on a la relation $[\text{A}] = [\text{HO}^-]_0 - [\text{HO}^-]$ où $[\text{HO}^-]_0$ désigne la concentration des ions hydroxyde à l'instant $t = 0$.
2. Remplir le tableau ci-dessus recopié en annexe en complétant la ligne correspondant à $[\text{A}]$.
3. Tracer le graphe $[\text{A}] = f(t)$.
Le graphe sera réalisé sur la feuille de papier millimétré.

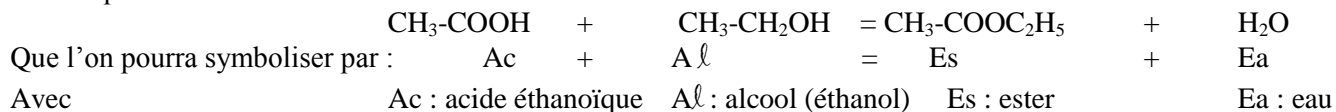
Echelle : 1 cm (ou un carreau) pour 2 min et 1 cm (ou un carreau) pour $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

III Exploitation du graphe

1. Quelle est la relation entre x , avancement de réaction et $n(\text{A})$ la quantité de matière en alcool à la date t ?
2. En déduire la relation entre la vitesse de réaction v et la concentration en alcool $[\text{A}]$.
3. Déterminer v_{10} , la vitesse de réaction à $t = 10 \text{ min}$ en unité SI.
4. A $t = 40 \text{ min}$, la transformation est-elle finie ? Justifier votre réponse.
5. Montrer que la transformation est totale.

Partie B : Etude d'une réaction équilibrée

Nicolas et Pauline décident de refaire les expériences réalisées en 1862 par les chimistes Marcellin Berthelot et Léon Péan de Saint Gilles concernant les réactions d'estérification à partir de l'acide éthanoïque et de l'éthanol. Soit l'équation de la transformation suivante :



Ils préparent 10 ampoules identiques dans lesquelles ils introduisent $n_0 = 0,100$ mol de chacun des réactifs. Les ampoules sont fermées hermétiquement et placées dans une enceinte thermostatée à la température de $\theta = 100$ °C à une date $t = 0$ prise comme origine des temps.

A une date t donnée, ils sortent une ampoule de l'enceinte thermostatée, la refroidissent rapidement en la plaçant dans un bain glacé et effectuent un dosage de l'acide éthanoïque restant avec une solution titrée d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine. Le tableau ci-dessous donne les résultats des dosages successifs :

Date t /h	0	4	10	20	40	100	150	200	250	300
n(Ac) /mmol	100	75	64	52	44	36	35	34	33	33
x /mmol										
τ										

Avec n(Ac) représente la quantité de matière en acide éthanoïque à la date t
x est l'avancement à la date t
 τ : le taux d'avancement à la date t

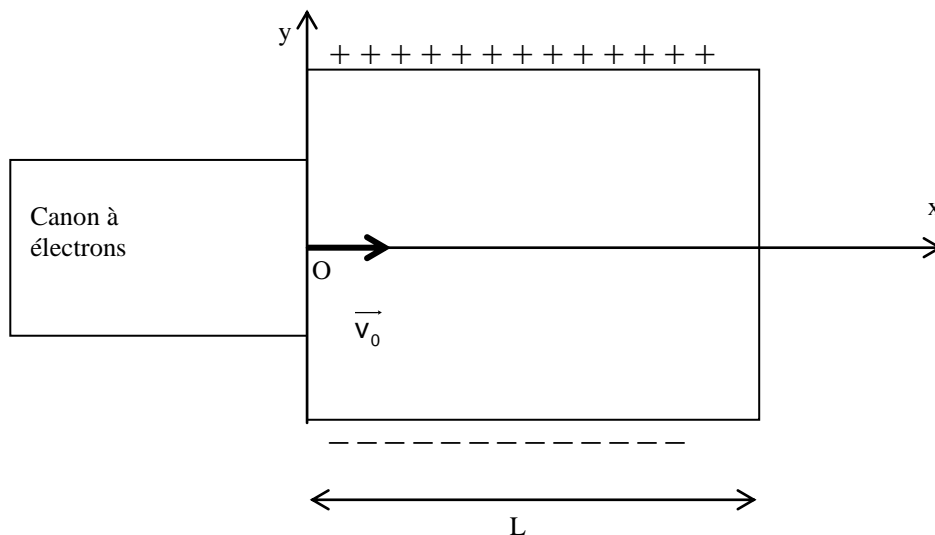
Par un raisonnement que vous détaillerez, accompagné des éventuels calculs nécessaires au raisonnement, répondre à la question :

« La transformation chimique étudiée (une estérification) à la date $t = 300$ min, est-elle totale ? finie ? »

ANNEXE
À rendre avec la copie

Exercice I

Champ électrique entre les deux plaques



Exercice IV

Partie A

Numéro du tube	0	1	2	3	4	5	6	7
Date t /min	0	3	7	12	20	30	40	50
[HO ⁻] /mol.L ⁻¹	2,00	1,65	1,27	0,95	0,66	0,50	0,48	0,48
[A] (A = alcool) /mol.L ⁻¹								

Ne pas oublier le graphe sur papier millimétré (avec le nom et la classe) à joindre à la copie

Partie B

Date t /h	0	4	10	20	40	100	150	200	250	300
n(Ac) /mmol	100	75	64	52	44	36	35	34	33	33
x /mmol										
τ										

Nom :

Classe :

ANNEXE Graphe À rendre avec la copie

