

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

Le feuillet de l'annexe (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, EST À RENDRE AVEC LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. La lumière : une onde (4 points)
- II. L'arôme de banane (6,5 points)
- III. Temps caractéristiques de quelques systèmes (5,5 points)

EXERCICE I. LA LUMIÈRE : UNE ONDE (4 points)

Le texte ci-dessous retrace succinctement l'évolution de quelques idées à propos de la nature de la lumière.

Huyghens (1629-1695) donne à la lumière un caractère ondulatoire par analogie à la propagation des ondes à la surface de l'eau et à la propagation du son.

Pour Huyghens, le caractère ondulatoire de la lumière est fondé sur les faits suivants :

- « le son ne se propage pas dans une enceinte vide d'air tandis que la lumière se propage dans cette même enceinte. La lumière consiste dans un mouvement de la matière qui se trouve entre nous et le corps lumineux, matière qu'il nomme éther ».

- « la lumière s'étend de toutes parts^① et, quand elle vient de différents endroits, même de tout opposés^②, les ondes lumineuses se traversent l'une l'autre sans s'empêcher^③ »

- « la propagation de la lumière depuis un objet lumineux ne saurait être^④ par le transport d'une matière, qui depuis cet objet s'en vient jusqu'à nous ainsi qu'une balle ou une flèche traverse l'air ».

Fresnel (1788-1827) s'attaque au problème des ombres et de la propagation rectiligne de la lumière.

Avec des moyens rudimentaires, il découvre et il exploite le phénomène de diffraction.

Il perce un petit trou dans une plaque de cuivre. Grâce à une lentille constituée par une goutte de miel déposée sur le trou, il concentre les rayons solaires sur un fil de fer.

Extraits d'articles parus dans l'ouvrage « Physique et Physiciens » et dans des revues « Sciences et Vie ».

① de toutes parts = dans toutes les directions ③ sans s'empêcher = sans se perturber

② de tout opposés = de sens opposés ④ ne saurait être = ne se fait pas

1. QUESTIONS À PROPOS DU DOCUMENT ENCADRÉ

1.1. Texte concernant Huyghens

1.1.1. Quelle erreur commet Huyghens en comparant la propagation de la lumière à celle des ondes mécaniques ?

1.1.2. Citer deux propriétés générales des ondes que l'on peut retrouver dans le texte de Huyghens.

1.2. Texte concernant Fresnel

1.2.1. Fresnel a utilisé les rayons solaires pour réaliser son expérience.

Une telle lumière est-elle monochromatique ou polychromatique ?

1.2.2. Fresnel exploite le phénomène de diffraction de la lumière par un fil de fer.

Le diamètre du fil a-t-il une importance pour observer le phénomène de diffraction ?

Si oui, indiquer quel doit être l'ordre de grandeur de ce diamètre.

2. DIFFRACTION

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ .

À quelques centimètres du laser, on place successivement des fils verticaux de diamètres connus. On désigne par a le diamètre d'un fil.

La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance $D = 1,60$ m des fils.

Pour chacun des fils, on mesure la largeur L de la tache centrale.

À partir de ces mesures et des données, il est possible de calculer l'écart angulaire θ du faisceau diffracté (voir figure 1 ci-après).

Figure 1
(Vue du dessus)

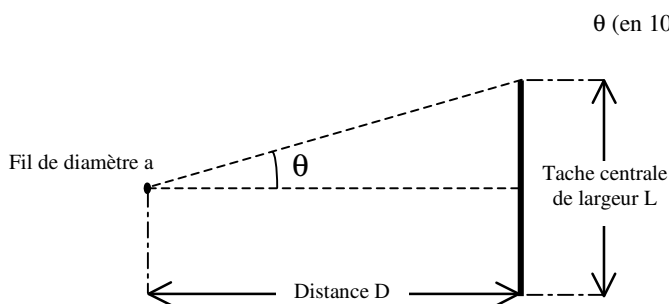
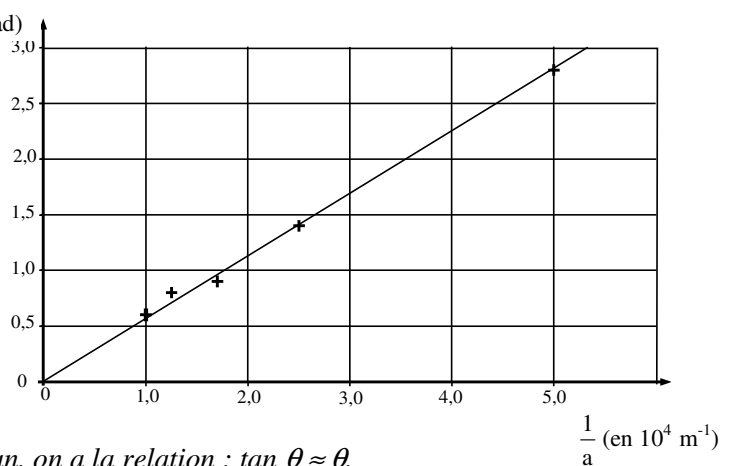


Figure 2



2.1. L'angle θ étant petit, θ étant exprimé en radian, on a la relation : $\tan \theta \approx \theta$.
Donner la relation entre L et D qui a permis de calculer θ pour chacun des fils.

2.2. Donner la relation liant θ , λ et a. Préciser les unités de θ , λ et a.

2.3. On trace la courbe $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$. Celle-ci est donnée sur la figure 2 ci-dessus :

Montrer que la courbe obtenue est en accord avec l'expression de θ donnée à la question 2.2.

2.4. Comment, à partir de la courbe précédente, pourrait-on déterminer la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique utilisée ?

2.5. En utilisant la figure 2, préciser parmi les valeurs de longueurs d'onde proposées ci-dessous, quelle est celle de la lumière utilisée.

560 cm ; 560 mm ; 560 μm ; 560 nm

2.6. Si l'on envisageait de réaliser la même étude expérimentale en utilisant une lumière blanche, on observerait des franges irisées.

En utilisant la réponse donnée à la question 2.2., justifier succinctement l'aspect « irisé » de la figure observée.

3. DISPERSION

Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière du faisceau qu'il reçoit.

3.1. Quelle caractéristique d'une onde lumineuse monochromatique est invariante quel que soit le milieu transparent traversé ?

3.2. Donner la définition de l'indice de réfraction n d'un milieu homogène transparent, pour une radiation de fréquence donnée.

3.3. Rappeler la définition d'un milieu dispersif.
Pour un tel milieu, l'indice de réfraction dépend-il de la fréquence de la radiation monochromatique qui le traverse ?

3.4. À la traversée d'un prisme, lorsqu'une lumière monochromatique de fréquence donnée passe de l'air (d'indice $n_a = 1$) à du verre (d'indice $n_v > 1$), les angles d'incidence (i_1) et de réfraction (i_2), sont liés par la relation de Descartes-Snell : $\sin(i_1) = n_v \sin(i_2)$

Expliquer succinctement, sans calcul, la phrase : « Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière du faisceau qu'il reçoit ».

EXERCICE II. L'ARÔME DE BANANE (6,5 points)

Les parties 1, 2, 3, 4, et 5 sont indépendantes.

L'arôme de banane est dû :

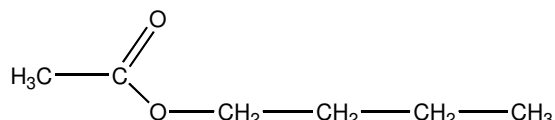
- soit à la présence d'extraits naturels de banane ;
- soit à la présence d'un composé artificiel, l'acétate de butyle (ou éthanoate de butyle).

1. COMPOSÉ NATUREL OU COMPOSÉ ARTIFICIEL ?

Donner une des raisons qui font qu'un industriel puisse plutôt avoir recours à l'utilisation du composé artificiel.

2. QUESTIONS PRÉLIMINAIRES.

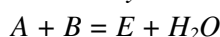
L'acétate de butyle a pour formule semi-développée :



2.1. À quelle famille de composés organiques appartient cette espèce chimique ?

2.2. La synthèse de l'acétate de butyle (E) peut être réalisée à partir d'un acide carboxylique (A) et d'un alcool (B).

L'équation associée à la réaction modélisant la synthèse de E s'écrit :



Parmi les composés cités ci-dessous reconnaître les composés A et B.

<i>Acide carboxylique</i>		<i>Alcool</i>	
<i>acide méthanoïque</i>	HCO_2H	<i>butan-1-ol</i>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
<i>acide acétique (ou acide éthanoïque)</i>	$\text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{H}$	<i>éthanol</i>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
<i>acide butanoïque</i>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO}_2\text{H}$	<i>propan-1-ol</i>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$

3. SYNTHÈSE DE L'ACÉTATE DE BUTYLE AU LABORATOIRE.

On se propose de synthétiser au laboratoire l'acétate de butyle (E) à partir des composés A et B et de réaliser un suivi cinétique de cette synthèse.

Pour cela, dans un becher placé dans un bain d'eau glacée, on introduit :

- un volume $V_A = 5,8 \text{ mL}$ d'acide carboxylique A ;
- un volume $V_B = 9,2 \text{ mL}$ d'alcool B (soit $0,10 \text{ mol}$) ;
- quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

Données :

	<i>masse molaire M (en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)</i>	<i>masse volumique μ (en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)</i>	<i>température d'ébullition sous pression normale θ_{eb} (en $^\circ\text{C}$)</i>
A	60	1,05	118,2
B	74	0,81	117,7
E	116	0,87	126,5
eau	18	1,00	100,0

3.1. Indiquer pourquoi il est nécessaire de placer initialement le becher dans un bain d'eau glacée.

3.2. Justifier succinctement l'intérêt d'ajouter de l'acide sulfurique sachant qu'il ne participe pas à la transformation chimique étudiée.

3.3. Le mélange initial {acide + alcool} est équimolaire : la quantité d'acide introduit est égale à 0,10 mole.

En utilisant les données, écrire l'expression littérale permettant de calculer la quantité d'acide carboxylique A introduite dans un volume V_A .

3.4. Déterminer l'avancement maximal de la réaction dans ces conditions. Pour la résolution de cette question, l'utilisation ou non d'un tableau d'avancement est laissée au choix du candidat.

4. SUIVI DE LA SYNTHÈSE PAR TITRAGE DE L'ACIDE RESTANT.

On agite le mélange initial et on répartit avec précision le mélange dans 10 tubes à essais placés préalablement dans un bain d'eau glacée ; chaque tube contient ainsi un dixième du volume du mélange initial. On munit chaque tube d'un réfrigérant.

On place ensuite simultanément tous les tubes dans un bain thermostaté à 80°C et on déclenche alors le chronomètre (instant de date $t_0 = 0$ s).

Afin de réaliser un suivi temporel de la synthèse de l'acétate de butyle, on dose, à des dates déterminées, les acides restants (acide sulfurique et acide carboxylique A) dans chacun des tubes par une solution de soude de concentration molaire apportée $c = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$, en présence d'un indicateur coloré. Avant chaque titrage, on plonge le tube dans un bain d'eau glacée.

Une étude préalable a permis de connaître le volume de soude nécessaire au titrage de l'acide sulfurique présent dans chacun des tubes.

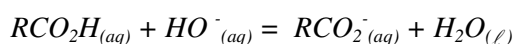
Les résultats expérimentaux des titrages successifs sont donnés ci-dessous. On désigne par V_{eq} le volume de soude nécessaire au titrage de l'acide carboxylique seul.

t (en min)	0	5	10	15	20	30	45	60	75	90
V_{eq} (en mL)	10,0	6,3	5,0	4,4	4,0	3,7	3,4	3,3	3,3	3,3

4.1. Quel est le rôle de l'indicateur coloré ?

4.2. Justifier, sans calcul, l'évolution au cours du temps du volume de soude à verser pour atteindre l'équivalence.

4.3. L'équation chimique associée au titrage de l'acide carboxylique seul par la soude est la suivante :



Définir l'équivalence correspondant à ce titrage.

4.4. En raisonnant sur le contenu d'un tube (c'est-à-dire sur un volume égal au dixième du volume du mélange réactionnel initial), exprimer la quantité d'acide carboxylique présent dans un tube à un instant de date t en fonction de c et V_{eq} . Pour la résolution de cette question, le candidat pourra, s'il le souhaite, utiliser un tableau d'avancement.

4.5. Pour la totalité du mélange initialement préparé {5,8 mL d'acide carboxylique A et 9,2 mL d'alcool B} :

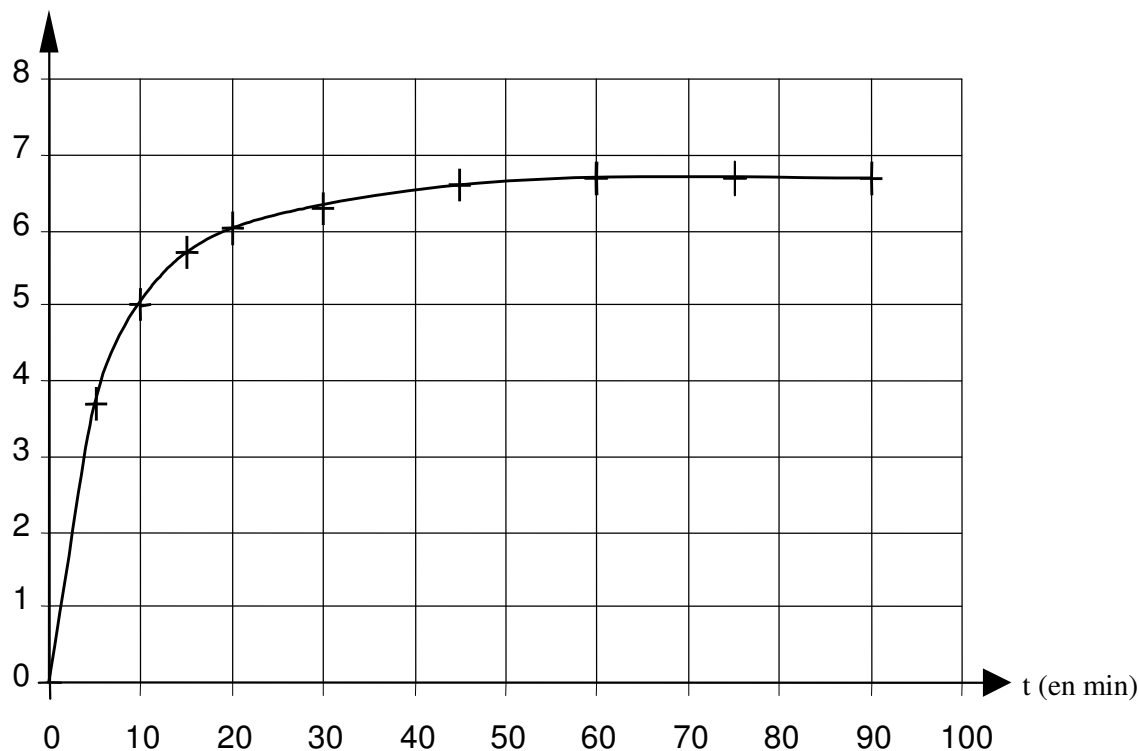
4.5.1. Préciser la relation existant entre l'avancement de la **réaction de synthèse de l'ester** et la quantité d'ester formé. Pour la résolution de cette question, l'utilisation ou non d'un tableau d'avancement est laissée au choix du candidat.

4.5.2. Montrer qu'à une date t donnée, l'avancement de cette **réaction de synthèse de l'ester** est donné par la relation : $x = 0,10 - 10 \cdot c \cdot V_{eq}$.

5. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE L'AVANCEMENT DE LA SYNTHÈSE ORGANIQUE.

À partir des résultats expérimentaux, il est donc possible de tracer la courbe donnant l'évolution temporelle de l'avancement x de la réaction de synthèse pour le mélange initial. La courbe est donnée ci-dessous :

x (en 10^{-2} mol)



- 5.1. Déterminer graphiquement la valeur de l'avancement final. En utilisant le résultat de la question 3.4., montrer que le taux d'avancement final est inférieur à 1.
- 5.2. À partir des résultats de la question 5.1. et de l'allure de la courbe $x = f(t)$, justifier chacune des deux propositions suivantes :
- la transformation chimique est lente ;
 - la transformation chimique n'est pas totale.
- 5.3. Au bout d'une certaine durée, le système chimique est en état d'« équilibre dynamique ». Expliquer cette expression.
- 5.4. *La transformation réalisée est lente et non totale ce qui entraîne deux inconvénients pour cette synthèse.*
- 5.4.1. À partir des mêmes réactifs (acide carboxylique A et alcool B) et du même catalyseur :
- indiquer une méthode permettant d'accélérer la synthèse de l'acétate de butyle ;
 - indiquer une méthode permettant d'augmenter le taux d'avancement à l'équilibre.
- 5.4.2. *Pour synthétiser l'acétate de butyle par une transformation chimique rapide et totale, il est possible de remplacer l'acide carboxylique A par un de ses dérivés.*
Donner son nom et sa formule semi-développée.

EXERCICE III. TEMPS CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES SYSTÈMES (5,5 points)

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes, toutefois l'objectif de cette étude expérimentale consiste, pour trois systèmes différents :

- d'une part, à étudier un « temps » défini comme « temps caractéristique »
- d'autre part, à observer l'influence éventuelle sur ce temps caractéristique :
 - de grandeurs caractéristiques ;
 - de conditions initiales ;
 - de paramètres extérieurs.

Pour chacun des phénomènes, les grandeurs caractéristiques, les conditions initiales et les paramètres extérieurs envisagés sont précisés dans le tableau de données.

1. DÉCROISSANCE RADIOACTIVE

Un échantillon de matière radioactive est placé dans la chambre d'un photomultiplicateur.

Un détecteur, associé au photomultiplicateur, mesure un nombre d'événements, pendant une durée Δt déterminée.

On trace la courbe d'évolution du nombre d'événements mesuré par seconde (noté x), au cours du temps.

Soit x_0 la valeur de x à l'instant choisi pour origine des dates.

On réalise des mesures avec des échantillons de radon $^{220}_{86}\text{Rn}$ et de radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ qui sont des émetteurs α .

Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :

	expérience 1	expérience 2	Expérience 3
Grandeurs caractéristiques du système : nature du noyau	radon 220	radon 220	radon 222
Conditions initiales : population initiale de noyaux radioactifs $N_0 \neq N_0' \neq N_0''$	N_0	N_0'	N_0''
Paramètres extérieurs	Aucune modification des paramètres extérieurs		
Temps caractéristique	$t_{1/2} = 55,5 \text{ s}$	$t_{1/2} = 55,5 \text{ s}$	$t_{1/2} = ?$ (déterminé à la question 1.3.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de x au cours du temps sont représentées à l'annexe page A2 (À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE).

1.1. Définir le temps de demi-vie (ou demi-vie).

1.2. La loi de décroissance radioactive s'écrit sous la forme $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$, où :

N est le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant de date t ,

N_0 est le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant choisi pour origine des dates $t_0 = 0 \text{ s}$,

λ est la constante radioactive.

En utilisant la définition du temps de demi-vie, établir l'expression de λ en fonction de $t_{1/2}$.

1.3. Dans le cas de l'expérience 3, déterminer graphiquement la valeur du temps de demi-vie.

La détermination devra apparaître clairement sur la courbe (3) de l'annexe page A2 (À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE).

Pour cette détermination, on admettra que le nombre d'événements détectés par seconde, à l'instant de date t , est proportionnel au nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon, à cette même date.

Pour déterminer le temps de demi-vie, on peut alors utiliser la courbe $x = f(t)$ de la même façon que celle représentant le nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon en fonction du temps.

1.4. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 1.3. préciser :

- si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur du temps de demi-vie ;
- si les conditions initiales ont une influence sur la valeur du temps de demi-vie.

2. CHARGE D'UN CONDENSATEUR À TRAVERS UN CONDUCTEUR OHMIQUE

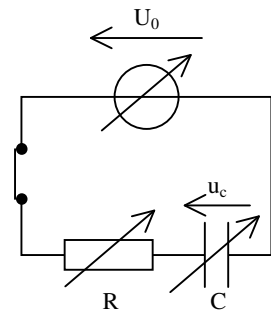
Soit un dipôle RC constitué d'un condensateur de capacité C réglable et d'un conducteur ohmique de résistance R réglable. On étudie la charge du condensateur à travers le conducteur ohmique.

Pour cela, on réalise le montage de la figure ci-contre.

Le générateur délivre, à ses bornes, une tension constante U_0 réglable.

Au cours d'une expérience avec acquisition et traitement informatisés des données, on enregistre les variations de la tension u_C aux bornes du condensateur au cours du temps.

À chaque nouvelle expérience, on ne change qu'une seule des conditions expérimentales. Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :



	expérience 1	expérience 2	expérience 3	expérience 4
Grandeurs caractéristiques du système	$R = 20 \text{ k}\Omega$	$R = 20 \text{ k}\Omega$	$R = 10 \text{ k}\Omega$	$R = 20 \text{ k}\Omega$
	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 12,5 \text{ }\mu\text{F}$
Conditions initiales : $u_C(\text{à } t_0 = 0 \text{ s}) = 0,0 \text{ V}$	Aucune modification des conditions initiales			
Paramètres extérieurs	$U_0 = 4,25 \text{ V}$	$U_0 = 5,00 \text{ V}$	$U_0 = 4,25 \text{ V}$	$U_0 = 4,25 \text{ V}$
Temps caractéristique	$\tau_1 = 0,62 \text{ s}$	$\tau_2 = 0,62 \text{ s}$	$\tau_3 = 0,31 \text{ s}$	$\tau_4 = ?$ (déterminé à la question 2.1.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de la tension u_C au cours du temps sont représentées à l'annexe page A3 (À **COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE**).

2.1. Dans le cas de l'expérience 4, déterminer graphiquement par une méthode au choix, la constante de temps du circuit. La méthode sera explicitée et la détermination devra apparaître clairement sur la courbe.

2.2. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 2.1., préciser :

- si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur de la constante de temps ;
- si les paramètres extérieurs ont une influence sur la valeur de la constante de temps.

2.3 Plusieurs expressions de la constante de temps τ d'un circuit RC sont proposées ci-dessous :

$$\tau = U_0 RC \quad (1) \quad ; \quad \tau = \frac{U_0}{RC} \quad (2) \quad ; \quad \tau = \frac{R}{C} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{C}{R} \quad (4) \quad ; \quad \tau = RC \quad (5) \quad ; \quad \tau = \sqrt{RC} \quad (6)$$

2.3.1 À partir de l'étude expérimentale précédente, justifier qu'une seule expression est à retenir.

2.3.2 Vérifier par une analyse dimensionnelle l'expression de la constante de temps trouvée à la question 2.3.1.

3. CHUTE AVEC FROTTEMENTS

À partir d'une même position de l'espace, on réalise dans deux fluides différents, la chute verticale sans vitesse initiale de solides de petites dimensions, de même forme, de même volume, mais de masses différentes. On filme la chute et un dispositif informatique permet de tracer la courbe donnant l'évolution de la vitesse v du centre d'inertie du solide en fonction du temps.

À chaque nouvelle expérience, on ne change qu'une seule des conditions expérimentales.

Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :

	expérience 1 : solide A	expérience 2 : solide A	expérience 3 : solide B
Grandeurs caractéristiques du système	volume V	volume V	volume V
	masse m	masse m	masse m' ($m' \neq m$)
Conditions initiales : Position initiale Vitesse initiale	Aucune modification des conditions initiales		
Paramètres extérieurs	fluide : eau	fluide : détergent	fluide : eau
Temps caractéristique	$\tau_1 = 0,21 \text{ s}$	$\tau_2 = 0,15 \text{ s}$	$\tau_3 = ?$ (déterminé à la question 3.1.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de la vitesse v au cours du temps sont représentées à l'annexe page A3 (À **COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE**).

- 3.1. Dans le cas de l'expérience 3, déterminer graphiquement le temps caractéristique.
La détermination devra apparaître clairement sur la courbe.
- 3.2. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 3.1., préciser :
 - si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur du temps caractéristique ;
 - si les paramètres extérieurs ont une influence sur la valeur du temps caractéristique.
- 3.3. Lors de la chute verticale d'un solide dans un fluide, le mouvement comporte deux phases :
 - une première phase correspondant au « régime initial » ;
 - une seconde phase correspondant au « régime asymptotique ».

En justifiant la réponse, préciser sans calcul la nature du mouvement du centre d'inertie du solide en chute :

- au cours du régime initial ;
- au cours du régime asymptotique.

4. BILAN

Sans étude complémentaire, compte-tenu des expériences réalisées et des réponses aux questions 1.4., 2.2 et 3.2., analyser **pour l'ensemble des trois systèmes étudiés**, chacune des propositions données ci-dessous :

- le temps caractéristique dépend des grandeurs caractéristiques du système (proposition 1) ;
- le temps caractéristique dépend des conditions initiales (proposition 2) ;
- le temps caractéristique dépend des paramètres extérieurs (proposition 3).

Si la proposition est vérifiée simultanément pour les trois systèmes étudiés, on indiquera : proposition juste.

Si la proposition n'est pas vérifiée simultanément pour les trois systèmes étudiés, on indiquera : proposition fautive.

Si les informations données sont insuffisantes pour conclure, on indiquera : informations insuffisantes.

Aucune justification n'est demandée.