

**Bac blanc 2011  
série S**

**Epreuve de sciences physiques  
sujet obligatoire**

**durée 3h30**

la calculatrice est autorisée

Exercice 1: La physique au service de la médecine (12 points)	pages 2 à 5 annexe page 9
Exercice 2: Etude du colorant E163 (3 points)	page 6
Exercice 3: Taux d'alcoolémie (5 points)	pages 7 et 8 annexes page 10

*les annexes (pages 9 et 10) sont à rendre avec la copie*

# Exercice 1: LA PHYSIQUE AU SERVICE DE LA MEDECINE

Les parties A, B et C sont indépendantes entre elles.

## Partie A: La chirurgie de l'œil

Un laser est un appareil qui émet la lumière par émission stimulée de photons.

Le terme "laser" est à l'origine un acronyme pour "light amplification by stimulated emission of radiation"; en français : "amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement"

La lumière émise par un laser est remarquable pour son haut degré de cohérence spatiale et temporelle, inaccessible en utilisant d'autres technologies.

Chaque année, près de 80.000 personnes en France ont recours à la chirurgie au laser pour corriger des problèmes de vue.

L'une des applications les plus connues du laser en médecine est le traitement de la myopie, mais cette technique peut aussi traiter l'hypermétropie, l'astigmatisme et certains glaucomes et décollement de la rétine.

Rapide (cinq à dix minutes), indolore et définitive, l'opération des yeux au laser est devenue un acte courant pour les médecins et une solution quasi miraculeuse pour les patients.

1. Entre ces deux expériences, "expérience de diffraction" ou "expérience de dispersion", laquelle permet de démontrer le caractère ondulatoire de la lumière?

2. Quelle est la relation entre  $\lambda$  (longueur d'onde de la lumière),  $c$  (célérité de la lumière) et  $\nu$  (fréquence de la lumière) ? Indiquer les unités dans le système international.

3. Qu'est-ce qui différencie une lumière monochromatique d'une lumière polychromatique ?

4. Donner la relation qui définit l'indice de réfraction d'un milieu transparent pour une radiation lumineuse monochromatique, en précisant la signification et les unités des symboles utilisés.

5. Le laser traverse la cornée d'un patient d'indice de réfraction pour ce laser  $n = 2,00$

On donne :

Célérité de la lumière dans le vide  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ;

Longueur d'onde du laser dans le vide : 800 nm.

5. 1. Calculer la célérité de cette radiation dans la cornée.

5. 2. Quelle est la couleur du laser à l'intérieur de la cornée.

## Partie B: La médecine nucléaire

La médecine nucléaire consiste à introduire des substances radioactives à l'intérieur d'un organisme vivant à des fins de diagnostic et de thérapeutique. L'histoire de la médecine nucléaire est étroitement liée à celle de la physique nucléaire. Dès 1903 fut reconnue l'action bénéfique des rayons du radium pour le traitement des tumeurs cancéreuses : c'était la naissance de la radiothérapie. Mais c'est principalement la découverte de la radioactivité artificielle en 1934 par Irène et Frédéric Joliot-Curie qui a mis à la disposition des médecins et des biologistes une grande variété d'isotopes radioactifs conduisant à l'établissement de diagnostics précis.

Actuellement, le technétium 99 est très utilisé en médecine nucléaire.

**Données :**

Noyau	technétium 97	technétium 99	molybdène 96	molybdène 99	deutérium
Symbole	${}_{43}^{97}\text{Tc}$	${}_{43}^{99}\text{Tc}$	${}_{42}^{96}\text{Mo}$	${}_{42}^{99}\text{Mo}$	${}_{1}^2\text{H}$

Particule ou noyau	molybdène 99	technétium 99	proton	neutron	électron
Masse en u	98,88437	98,88235	1,00728	1,00866	0,00055

Unité de masse atomique	$1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 2,99792 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
Électronvolt	$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$
Énergie de masse de l'unité de masse atomique	$E = 931,5 \text{ MeV}$

## 1- Production du technétium 99:

Depuis une cinquantaine d'années, le technétium est créé artificiellement dans les réacteurs nucléaires, il fait partie des produits de fission. L'isotope 99 du technétium, en particulier, est produit par désintégration radioactive du molybdène 99, dont la demi-vie est de 66 h.

### 1.1- Compréhension du texte:

- 1.1.1- Donner la composition d'un noyau de molybdène 99.
- 1.1.2- Les noyaux de molybdène 99 et de technétium 99 sont-ils isotopes?
- 1.1.3- Définir le terme de "fission" employé dans ce texte.

### 1.2- Production du technétium 99:

- 1.2.1- En suivant les indications du texte ci-dessus, écrire la réaction de désintégration du molybdène 99.
- 1.2.2- Quelle est la particule émise?
- 1.2.3- Calculer en joules et en MeV l'énergie libérée lors de la désintégration d'un noyau de molybdène 99.

### 1.3- Activité d'un échantillon de molybdène 99:

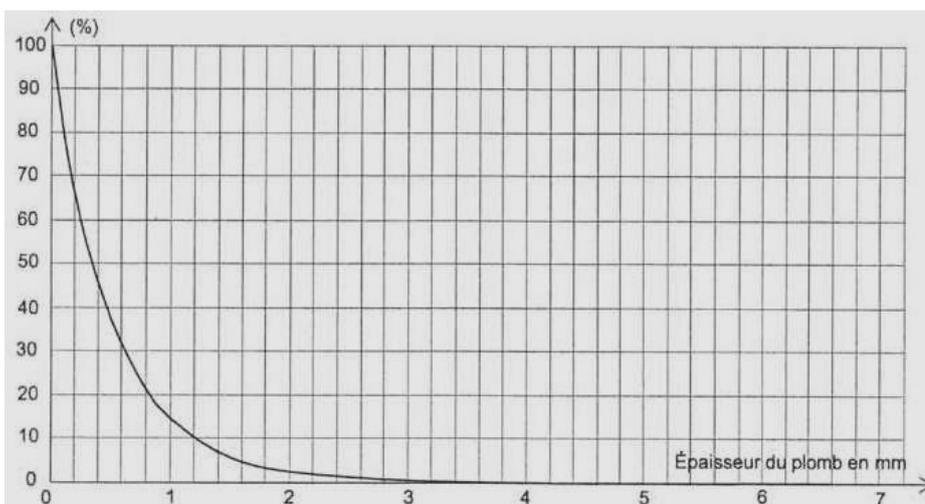
- 1.3.1- Le texte ci-dessus indique que " la demi-vie (du molybdène 99) est de 66 h". Définir la demi-vie.
- 1.3.2- Calculer la constante radioactive  $\lambda$  du molybdène 99.
- 1.3.3- On considère un échantillon de molybdène 99 dont l'activité est de  $1,75 \cdot 10^{10}$  Bq. Combien de noyaux de molybdène 99 cet échantillon contient-il?
- 1.3.4- Si  $A_0$  désigne l'activité de l'échantillon à l'instant  $t = 0$  et  $A(t)$  son activité à la date  $t$ , exprimer  $A(t)$  en fonction de  $A_0$ ,  $\lambda$  et  $t$ .
- 1.3.5- Au bout de combien de temps (durée à exprimer en heures) l'activité de cet échantillon est-elle égale à 63% de sa valeur initiale?

## 2- Scintigraphie osseuse à l'aide du technétium 99:

Le technétium-99m, très utilisé en médecine nucléaire, est un état intermédiaire du technétium 99 obtenu lors de la désintégration d'un noyau radioactif de molybdène 99. Selon un schéma classique, la désintégration radioactive laisse le noyau de technétium 99 dans un état excité, qui retourne à l'état normal (ou niveau fondamental) en émettant un photon gamma. Mais cet état excité subsiste plusieurs heures, ce qui laisse le temps, dans un hôpital, de l'isoler, de l'injecter à un patient en tant que marqueur radioactif afin de procéder, par exemple, à une scintigraphie osseuse. On note cette transition ainsi:  $Tc\ 99m \rightarrow Tc\ 99 + \gamma$

Pour se protéger du rayonnement  $\gamma$  produit par le technétium-99m, un opérateur utilise, lors de l'injection de la dose au patient, un protège-seringue d'une épaisseur de 5 mm de plomb.

La couche de demi-atténuation d'un matériau est l'épaisseur de ce matériau capable d'arrêter 50% du rayonnement ionisant. Le graphique ci-dessous représente le pourcentage de rayonnement  $\gamma$  produit par le technétium 99m transmis à l'extérieur en fonction de l'épaisseur de plomb.



2.1- D'après le texte ci-dessus, qu'appelle-t-on un "rayonnement  $\gamma$ "?

2.2- A l'aide du graphique, déterminer la valeur de la couche de demi-atténuation du plomb pour le rayonnement gamma produit par le technétium-99m.

2.3- L'opérateur est-il bien protégé avec une épaisseur de 5 mm de plomb autour de la seringue?

## Partie C: Le stimulateur cardiaque

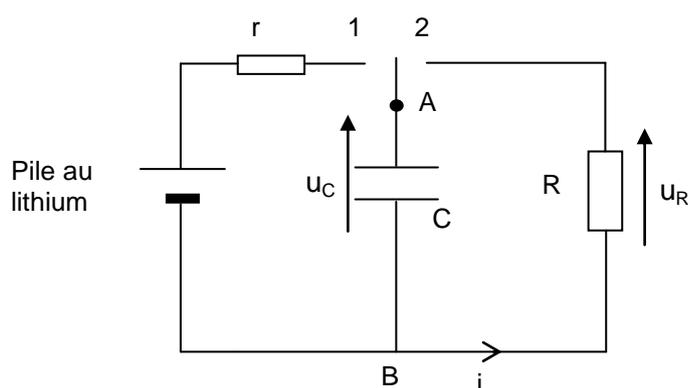
Notre cœur se contracte plus de 100 000 fois par jour. Il bat 24 h sur 24 pendant toute notre vie, entre 60 et 80 fois par minute, grâce à un stimulateur naturel: le nœud sinusal.

Lorsque celui-ci ne remplit plus correctement son rôle, la chirurgie permet aujourd'hui d'implanter dans la cage thoracique un stimulateur cardiaque artificiel (appelé aussi **pacemaker**) qui va forcer le muscle cardiaque à battre régulièrement en lui envoyant de petites impulsions électriques par l'intermédiaire de sondes.

Le boîtier du "pacemaker" est de petite taille: 5 cm de large et 6 mm d'épaisseur. Sa masse est d'environ 30 g.

*Le stimulateur est actionné grâce à une pile intégrée, généralement au lithium; il génère de petites impulsions électriques de basse tension qui forcent le cœur à battre à un rythme régulier et suffisamment rapide. Il comporte deux parties: le boîtier, source des impulsions électriques, et les sondes, qui conduisent le courant.*

*Le générateur d'impulsions du stimulateur cardiaque peut être modélisé par le circuit représenté ci-dessous :*



*La valeur de  $r$  est très faible. Lorsque la charge est terminée, l'interrupteur bascule en position 2. Le condensateur se décharge lentement dans la résistance  $R$ , de valeur élevée.*

*Quand la tension aux bornes de  $R$  atteint une valeur donnée, 37% de sa valeur initiale, (on rappelle que 0,37 est à peu près égal à  $e^{-1}$ ) le boîtier envoie au cœur une impulsion électrique par l'intermédiaire des sondes. L'interrupteur bascule simultanément en position 1 et la recharge du condensateur se fait quasiment instantanément à travers  $r$ . Le processus recommence.*

*D'après Physique, Terminale S, Ed. Bréal*

### Question préliminaire :

D'après le texte, "la recharge du condensateur se fait quasiment instantanément"  
Expliquer pourquoi ce phénomène est très rapide.

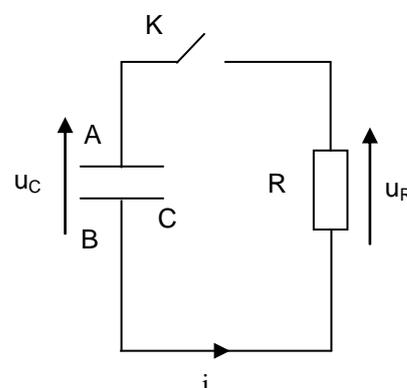
### Étude du générateur d'impulsions

Pour déterminer la valeur de la résistance  $R$ , on insère le condensateur préalablement chargé sous la tension  $E$  dans le circuit schématisé ci-contre :

La valeur de la capacité  $C$  du condensateur est :  $C = 0,40 \mu\text{F}$

On enregistre alors l'évolution de la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur.

La courbe obtenue est fournie **en annexe page 9, annexe à rendre avec la copie.**



### 1- Exploitation de la courbe:

- 1.1. Déterminer graphiquement la valeur de la tension  $E$ .
- 1.2. Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps  $\tau$  correspondant à la décharge du condensateur, en justifiant brièvement.

## 2- Détermination de R:

2.1- En respectant les notations du schéma ci-dessus, donner :

- la relation liant l'intensité du courant  $i$  et la charge  $q$  de l'une des armatures du condensateur, que l'on précisera ;
- la relation liant  $U_R$  et  $i$ .

2.2- En déduire que la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur vérifie l'équation différentielle :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC} u_C = 0$$

2.3 - Montrer que cette équation différentielle admet une solution de la forme :  $u_C(t) = A \exp(bt)$   
A et b désignent deux constantes. Donner les expressions de A et b en fonction de E, C et R.

2.4 - En utilisant la valeur de la constante de temps déterminée à la question 1.2- et l'expression de la constante b obtenue à la question 2.3-, calculer la valeur de R.

## 3- Les impulsions:

On admet que, tant que le condensateur se décharge, l'évolution de  $U_R$  en fonction du temps est donnée par :

$$u_R(t) = 5,6 \exp\left(-\frac{t}{0,80}\right)$$

On rappelle qu'une impulsion électrique est envoyée au cœur lorsque la tension aux bornes de R atteint 37% soit  $e^{-1}$  fois sa valeur initiale.

3.1- Calculer la valeur de  $u_R$  qui déclenche l'envoi d'une impulsion vers le cœur.

3.2- Montrer que la date à laquelle, après le début de la décharge du condensateur, cette valeur est atteinte est de 0,80 s.

3.3- Après cette date, l'interrupteur passe en position 1. Que se passe-t-il pour le condensateur?

Représenter sur le graphe joint **en annexe page 9, annexe à rendre avec la copie**, l'allure de l'évolution de  $u_R$  au cours du temps lors de la génération des impulsions.  
Préciser les valeurs remarquables.

3.4- Déterminer la fréquence des impulsions de tension ainsi générées.

On exprimera le résultat en hertz, puis en impulsions par minute.

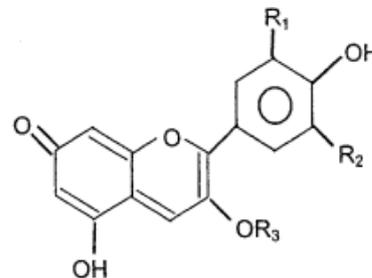
Vérifier que le résultat est bien compatible avec une fréquence cardiaque "normale".

## Exercice 2: ETUDE DU COLORANT E163

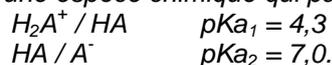
Le colorant alimentaire codé E163 est un colorant naturel que l'on trouve, par exemple, dans certains desserts comme les yaourts aromatisés.

La structure des anthocyanes qui le constitue varie en fonction de l'acidité du milieu et sa couleur également.

La couleur violette est due à la molécule appelée "base quinonique" dont la formule est donnée ci-contre et que l'on notera HA par la suite:



HA est une espèce chimique qui participe à 2 couples acide / base:



L'espèce chimique  $H_2A^+$  est appelée "cation flavinium" et sa couleur est rouge.

L'espèce  $A^-$  est appelée "base quinonique ionisée" et sa couleur est bleue.

Toutes les solutions seront considérées à 25°C.

Donnée:          Produit ionique de l'eau à 25°C  $K_e = 1,0 \cdot 10^{-14}$

### 1. Définitions:

- 1.1- Rappeler la définition d'un acide selon Brønsted. Dans quel couple l'espèce HA constitue-t-elle l'acide?
- 1.2- Rappeler la définition du pH d'une solution aqueuse.

### 2. Comportement de l'espèce HA en tant qu'acide:

- 2.1- Ecrire la réaction de cette espèce chimique en tant qu'acide sur l'eau.
- 2.2- Exprimer la constante d'équilibre K de cette réaction et donner sa valeur.
- 2.3- On considère une solution de HA dont le pH vaut 6,0.
  - 2.3.1- Calculer la valeur du rapport  $\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$
  - 2.3.2- En déduire la couleur de la solution. Justifier.

### 3. Comportement de l'espèce HA en tant que base:

- 3.1- Ecrire l'équation de la réaction de cette espèce chimique en tant que base sur l'eau.
- 3.2- Exprimer la constante d'équilibre K' de cette réaction et donner sa valeur.
- 3.3- En ne considérant que le couple  $H_2A^+ / HA$  indiquer dans quel domaine de pH l'espèce HA est prépondérante.

### 4. Couleur du colorant E163:

- 4.1- Placer sur un axe de pH les domaines de prédominance des espèces  $H_2A^+$ , HA et  $A^-$ .
- 4.2- Conclure quant à la couleur de cet additif alimentaire dans un yaourt dont le pH est de l'ordre de 5 à 6.

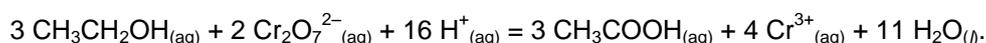
### Exercice 3: TAUX D'ALCOOLEMIE

Tout conducteur ou accompagnateur d'élève conducteur en état d'ébriété compromet gravement la sécurité de ses passagers et des autres usagers de la route. En conséquence, **il est interdit de conduire avec un taux d'alcool égal ou supérieur à 0,5 gramme par litre de sang, soit 0,25 mg d'alcool par litre d'air expiré.**

Les forces de police et de gendarmerie pratiquent des dépistages du taux d'alcoolémie des automobilistes en cas d'accident de la circulation ayant occasionné un dommage corporel, même si l'automobiliste n'en est pas responsable ou en cas d'infraction au code de la route (même en dehors d'un état d'ivresse manifeste).

Les dépistages sont pratiqués au moyen d'un éthylotest (appareil simple mesurant le taux d'alcool dans l'air expiré). Si le conducteur refuse de subir un dépistage ou s'il est positif à l'éthylotest, il risque alors d'être soumis à une vérification du taux d'alcoolémie dans le sang.

Pour mesurer la quantité d'alcool dans le sang, on réalise un prélèvement puis, par un procédé non indiqué ici, on décolore le sang. On dose alors la quantité d'alcool présente dans le sang à partir de la réaction chimique suivante :



Cette réaction est **lente**, son évolution est suivie par spectrophotométrie.

#### Données :

- Masse molaire moléculaire de l'éthanol :  $46 \text{ g.mol}^{-1}$ .
- Couleurs des espèces chimiques en présence :

Espèces chimiques	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$\text{Cr}^{3+}$	$\text{CH}_3\text{COOH}$
Couleur en solution aqueuse	incolore	jaune orangé	vert	incolore

#### 1. Choix de la méthode de suivi.

- 1.1. Pourquoi cette réaction chimique peut être suivie par spectrophotométrie ?
- 1.2. Expliquer en quoi cette méthode peut-elle être qualifiée de "non-destructive" ?

#### 2. Suivi temporel.

On désire suivre la présence des ions dichromate  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ .

On réalise les réglages préalables de l'appareil. Pour cela :

- on sélectionne la longueur d'onde  $\lambda = 420 \text{ nm}$  ;
- on réalise "le blanc" avec une solution aqueuse contenant l'ion chrome  $\text{Cr}^{3+}$ . Les ions dichromate et chrome n'absorbent pas dans le même domaine de longueur d'onde.

À la date  $t = 0$ , on mélange 2,0 mL de sang prélevé au bras d'un conducteur avec 10,0 mL d'une solution aqueuse acidifiée de dichromate de potassium ( $2\text{K}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) de concentration molaire  $c = [\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Le volume total du mélange réactionnel est  $V = 12,0 \text{ mL}$ .

On agite et on place rapidement un prélèvement du mélange réactionnel dans une cuve du spectrophotomètre.

Le prélèvement dans la cuve évolue de la même façon que le mélange réactionnel.

Le spectrophotomètre est connecté à un ordinateur, il mesure l'absorbance  $A$  du mélange réactionnel au cours du temps.

On obtient l'enregistrement **en annexe page 10, 1<sup>er</sup> document, annexe à rendre avec la copie**

- 2.1. D'une manière générale, sur quel critère sélectionne-t-on la longueur d'onde pour effectuer un suivi spectrophotométrique ? En quoi consiste la réalisation du "blanc" ?

2.2. Compléter le tableau d'avancement du système donné **en annexe page 10, 2<sup>ème</sup> document, à rendre avec la copie** en désignant par  $n_0$  la quantité de matière initiale d'alcool présente dans les 2,0 mL de sang, et par  $n_1$  la quantité de matière initiale en ions dichromate introduite dans le mélange réactionnel.

2.3. Quelle relation littérale existe-t-il entre l'avancement  $x$  de la réaction, la concentration en ions dichromate  $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$  dans le mélange, le volume  $V$  du mélange réactionnel, et la quantité  $n_1$  ?

2.4. L'absorbance  $A(t)$  est liée à la concentration  $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$  (en  $\text{mol.L}^{-1}$ ) par la relation :

$$A(t) = 150 [\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] \quad (\text{pour } \lambda = 420 \text{ nm})$$

Déduire de la relation établie en 2.3. que l'avancement  $x(t)$  est lié à l'absorbance  $A(t)$  par la relation :

$$x(t) = (10 - 4.A(t)).10^{-5} \text{ (mol)}$$

2.5. La réaction peut être considérée comme totale. À l'aide du graphique  **$A = f(t)$** , calculer l'avancement maximal. Vérifier que  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  est en excès.

2.6. Le conducteur est-il en infraction ?

*Plier puis coller ou agraffer*

Classe : .....

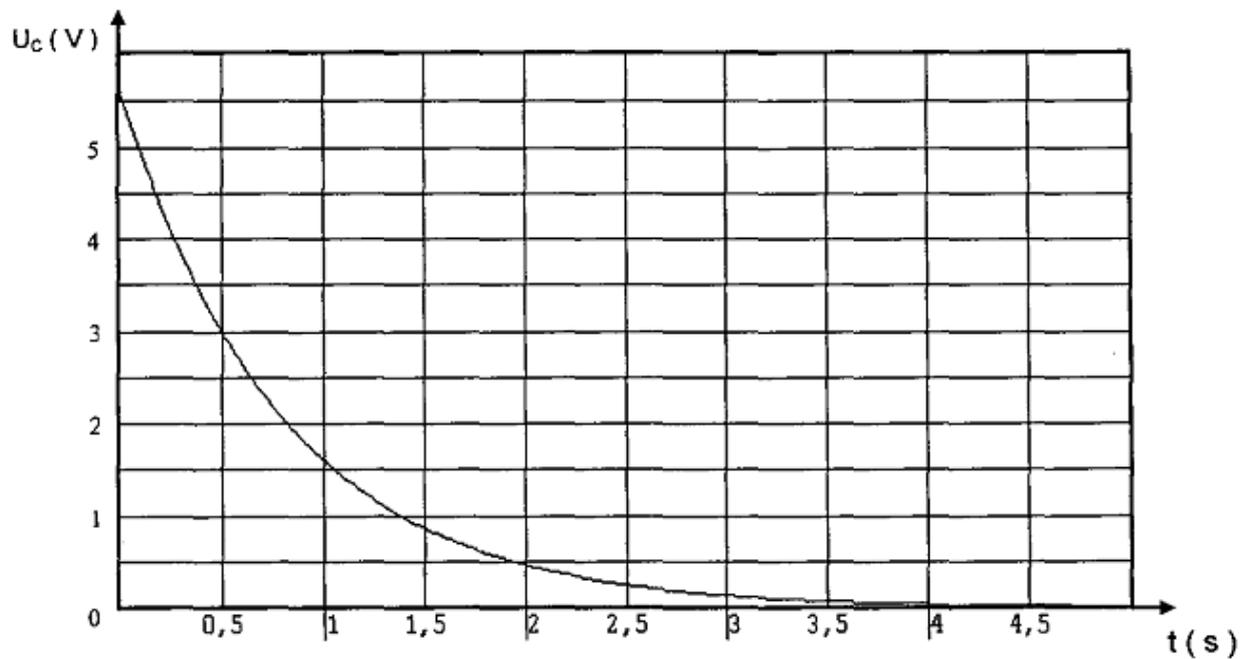
NOM et Prénom : .....

BAC BLANC 2011

Epreuve de Sciences Physiques  
sujet obligatoire

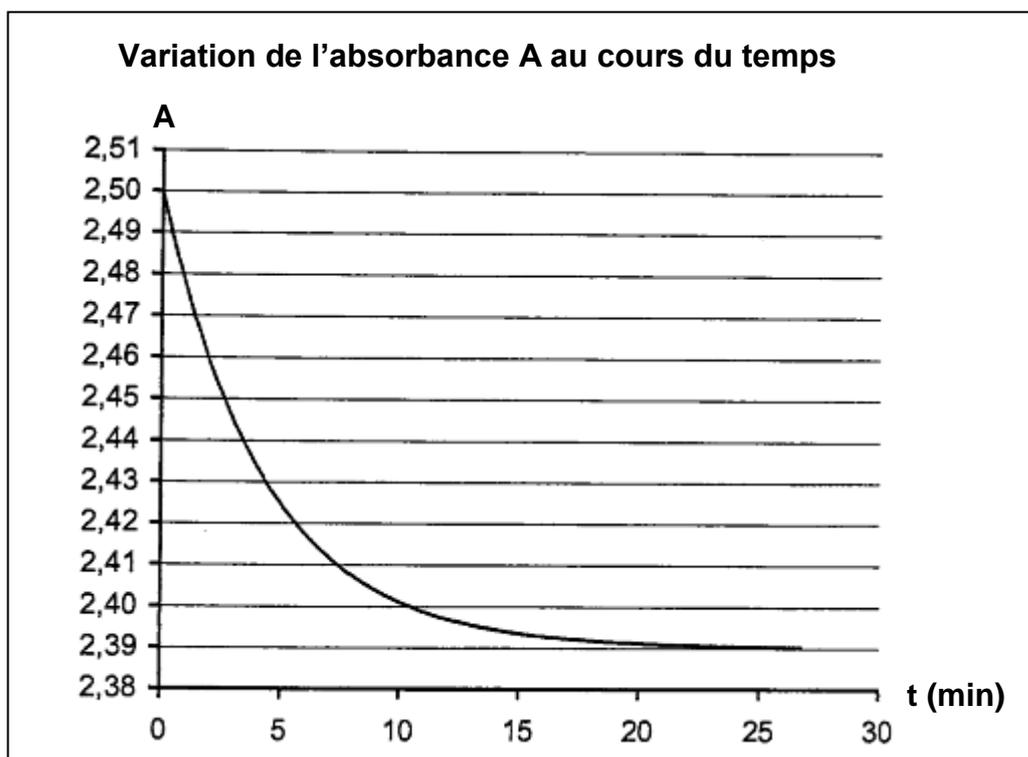
**ANNEXES**

**Exercice 1 partie C**



### Exercice 3, question 2

1<sup>er</sup> document: Enregistrement de  $A = f(t)$



2<sup>ème</sup> document: Tableau d'avancement du système :

Équation	$3 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(aq)} + 2 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}_{(aq)} + 16\text{H}^+_{(aq)} = 3\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + 4 \text{Cr}^{3+}_{(aq)} + 11 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$					
État initial			Excès			Beaucoup
État intermédiaire			Excès			Beaucoup
État final			Excès			Beaucoup