



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

**Campagne 2012**

# B.T.S. Analyses de Biologie Médicale

## E3 – U3 Sciences physiques et chimiques

SESSION 2012

—  
Durée : 2 heures  
Coefficient : 2  
—

**Matériel autorisé :**

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999).

**Tout autre matériel est interdit.**

**Document à rendre avec la copie :**

- Annexe 3 : page 9/10
- Annexe 4 : page 10/10

**La clarté des raisonnements, la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.**

Le sujet est composé de trois exercices indépendants.

**Exercice I :** 6,5 points ;  
**Exercice II :** 6,5 points ;  
**Exercice III :** 7 points ;

Les trois exercices comportent plusieurs parties qui peuvent être traitées séparément.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2012
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	Code : 12ABE3SPC1	Page : 1/10

## L'iode et la thyroïde

Les hormones produites par la glande thyroïde sont la tétraiodothyronine, aussi appelée thyroxine, et la triiodothyronine. Elles sont indispensables en particulier pour le développement du système nerveux central et pour la croissance du squelette. Elles augmentent notamment la thermogénèse, sont hyperglycémiantes et ont un effet hypocholestérolémiant. Une affection de la glande thyroïde induit ainsi des dérèglements qui peuvent être importants.

Dans ce sujet, on s'intéresse à deux modes de dépistage de dysfonctionnement (exercice 1), on se penche sur la synthèse chimique de la L-thyroxine, principe actif d'un médicament substitutif de la thyroxine naturelle (exercice 2) puis on étudie la composition d'un comprimé d'iodure de potassium destiné à saturer la thyroïde en iode non radioactif en cas d'accident nucléaire (exercice 3).

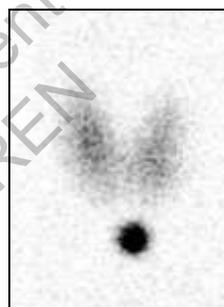
### Exercice 1 : dépistage d'une affection thyroïdienne (6,5 points)

#### Partie 1 : scintigraphie de la thyroïde

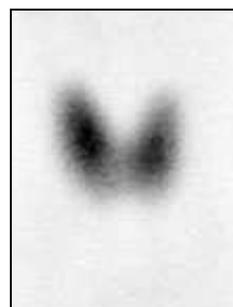
Historiquement, la scintigraphie a été la première méthode d'imagerie thyroïdienne. Elle nécessite l'injection d'un isotope radioactif de l'iode ( $^{123}\text{I}$  ou  $^{131}\text{I}$ ) ou du technétium ( $^{99}\text{Tc}$ ).

L'iode 123 est devenu l'isotope de référence mais l'iode 131 permet le suivi des cancers thyroïdiens.

L'iode 131 est radioactif  $\beta^-$  et a un temps de demi-vie  $t_{1/2}$  de 8 jours. Il s'accumule dans la thyroïde de la même façon que tous les autres isotopes de l'iode.



Exemple de scintigraphie d'une thyroïde présentant un nodule



Exemple de scintigraphie d'une thyroïde sans pathologie

1.1. Un nucléide peut être représenté par la notation  ${}^A_Z\text{X}$ . Donner la signification des différents termes.

1.2. Parmi les 37 isotopes que compte l'iode, un seul, l'iode 127, est stable.

1.2.a. Définir l'expression « isotopes d'un élément ».

1.2.b. Donner la composition du noyau d'un atome d'iode 127 sachant que son numéro atomique est  $Z = 53$ .

1.3.a. Que signifie l'expression « l'iode 131 est radioactif  $\beta^-$  » ?

1.3.b. Ecrire l'équation de la désintégration d'un noyau  ${}^{131}_{53}\text{I}$  en explicitant les lois permettant l'écriture de cette équation de désintégration. Identifier le noyau fils obtenu, à l'aide du tableau périodique donné en annexe 1 page 8.

1.3.c. Donner la définition du temps de demi-vie (ou période radioactive)  $t_{1/2}$  de l'iode 131.

Pour passer un examen de contrôle de la thyroïde par scintigraphie, un malade ingère une dose d'iode 131 de masse égale à  $3,0 \cdot 10^{-8}$  g, sous forme d'une gélule d'iodure de sodium ou de potassium. La dose injectée est en général comprise entre 111 et 185 MBq.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2012
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	Code : 12ABE3SPC1	Page : 2/10

1.4.a. Vérifier que  $1,4 \cdot 10^{14}$  noyaux d'iode 131 sont présents dans l'échantillon injecté. On rappelle que le nombre d'Avogadro vaut  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  et que la masse molaire de l'iode 131 vaut  $131 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

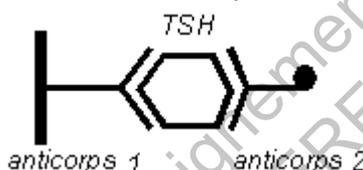
1.4.b. En déduire l'activité  $A_0$  de cette gélule. Cette activité est-elle conforme à la norme ? On rappelle que  $1 \text{ MBq} = 10^6 \text{ Bq}$ . La constante de désintégration radioactive de l'iode 131 vaut :  $\lambda = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ .

1.4.c. Montrer que l'activité de la gélule sera égale à 1% de son activité initiale au bout de 53 jours. On rappelle que l'activité évolue selon la loi  $A = A_0 e^{-\lambda t}$ .

1.4.d. Le temps de demi-vie de l'iode 131 est de 8 jours, celui de l'iode 123 est de 13,2 h. Justifier sans calcul, le fait que, depuis quelques années, on utilise cet isotope de l'iode, plutôt que l'iode 131, en imagerie médicale.

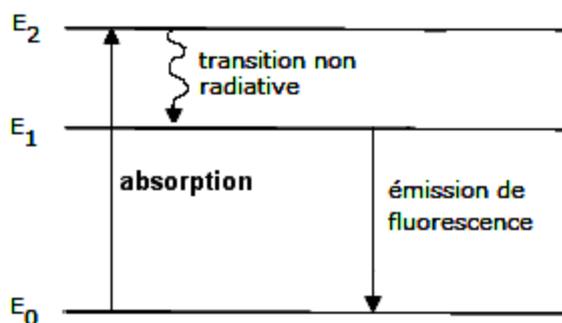
## Partie 2 : détermination indirecte du taux de thyroxine libre

La régulation de la production des hormones thyroïdiennes se fait par une hormone sécrétée par l'antéhypophyse, la thyrostimuline ou TSH. En dosant la TSH, il est possible de déterminer de manière indirecte le taux de thyroxine libre. La technique utilisée est celle de la spectrofluorimétrie. Pour réaliser ce type de mesure, on forme un complexe en intégrant la TSH entre deux anticorps dont l'un est fluorescent.



Le phénomène de fluorescence s'explique à partir du diagramme énergétique du complexe anticorps 1-<TSH>-anticorps 2, ci-dessus. **Pour simplifier, on supposera que le complexe anticorps 1-<TSH>-anticorps 2 présente un diagramme énergétique identique à celui d'un atome.**

On envoie une radiation dont la longueur d'onde fait passer le complexe de l'état de plus basse énergie  $E_0$  à l'état excité d'énergie  $E_2$ . La fluorescence s'explique par le fait qu'une transition non radiative (c'est-à-dire n'émettant pas de photon) le ramène dans un état intermédiaire d'énergie  $E_1$ . La fluorescence s'observe ensuite lorsque le complexe passe du niveau  $E_1$  au niveau  $E_0$ .



1.5.a. Comment s'appelle le niveau d'énergie  $E_0$  ?

1.5.b. Donner, en fonction des énergies  $E_0$  et  $E_2$ , l'expression de la fréquence de la radiation d'excitation absorbée lors du passage du niveau  $E_0$  au niveau  $E_2$ .

1.5.c. Donner, en fonction des énergies  $E_0$  et  $E_1$ , l'expression de la fréquence de la radiation émise lors du passage du niveau  $E_1$  au niveau  $E_0$ .

1.5.d. Que penser de l'affirmation « le spectre de fluorescence est décalé vers les grandes longueurs d'onde par rapport à celui de l'absorption » ?

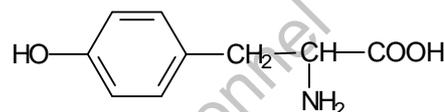
BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2012
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	Code : 12ABE3SPC1	Page : 3/10

## Exercice 2 : traitement substitutif (6,5 points)

La thyroxine, hormone secrétée par la glande thyroïde, a été découverte en 1920 par Kendall. En 1930, Harington et Salter ont identifié la thyroxine naturelle à l'isomère L. La synthèse de la L-thyroxine, constituant principal du lévothyrox® utilisé comme traitement substitutif pour remplacer la thyroxine naturelle lorsque celle-ci n'est plus sécrétée en quantité suffisante par la thyroïde, a été réalisée à partir de la L-tyrosine en 1949.

### Partie 1 : étude spatiale de la molécule de tyrosine

2.1. La formule semi-développée plane de la tyrosine est représentée ci-contre :



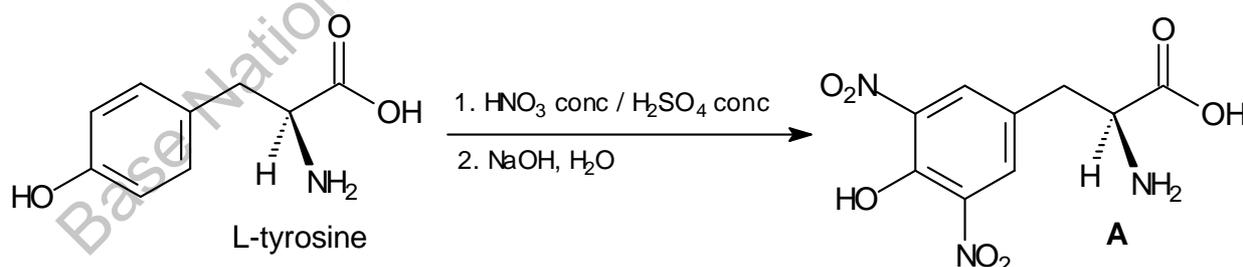
2.1.a. Combien de stéréoisomères la tyrosine possède-t-elle ?

2.1.b. Indiquer la relation de stéréoisomérisie existant entre les différents stéréoisomères.

2.1.c. Faire une représentation de Fischer de la L-tyrosine.

### Partie 2 : étude de quelques étapes de la synthèse chimique de la L-thyroxine

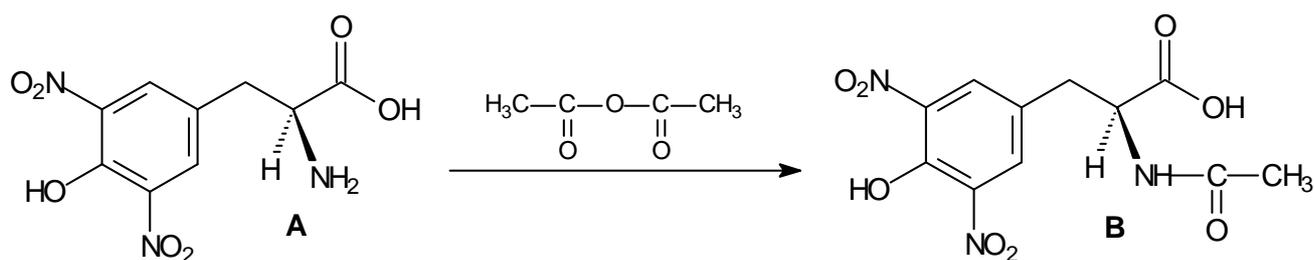
2.2. La première étape de la synthèse consiste à faire réagir la L-tyrosine avec un mélange sulfonitrique (mélange acide sulfurique concentré – acide nitrique concentré) à 0 °C puis à traiter le milieu réactionnel par de la soude (hydroxyde de sodium) jusqu'à un pH neutre. Après purification, on obtient un solide **A**. Lors de cette réaction, l'entité réactive est l'ion nitronium NO<sub>2</sub><sup>+</sup>.



Préciser la nature de cette réaction (addition, substitution, élimination,..., électrophile, nucléophile, radicalaire).

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2012
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	Code : 12ABE3SPC1	Page : 4/10

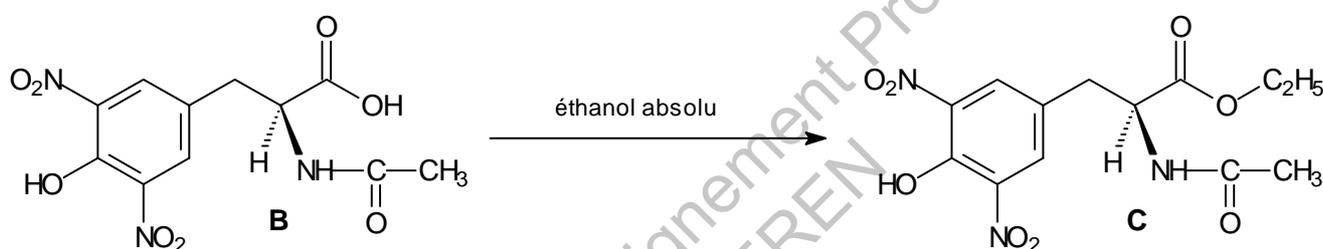
2.3. La deuxième étape de la synthèse consiste en l'action de l'anhydride acétique sur **A**. Après divers traitements, on obtient le composé **B**.



2.3.a. Indiquer le nom de la nouvelle fonction créée.

2.3.b. Donner le nom de la liaison C—N formée.

2.4. Lors de la troisième étape, on réalise l'estérification de **B** avec de l'éthanol absolu (éthanol de pureté 100 %), en présence d'un acide fort. Après extraction et purification, on obtient le composé **C**.



2.4.a. Ecrire l'équation de la réaction en écrivant **B** sous la forme R—COOH.

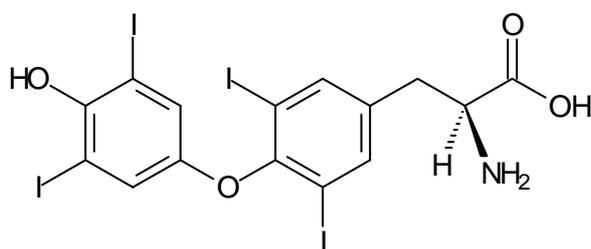
2.4.b. Indiquer les propriétés d'une réaction d'estérification.

2.4.c. Préciser le rôle de l'acide fort.

2.4.d. Lors de cette réaction, l'éthanol est introduit en très gros excès. Pourquoi ?

2.4.e. Pourquoi est-il indispensable d'utiliser de l'éthanol absolu ?

2.5. Après six autres étapes, on obtient la L-thyroxine dont la formule est représentée ci-dessous ainsi qu'en annexe 2 page 8 :



2.5.a. Indiquer sur l'annexe 2, page 8 à rendre avec la copie la position de l'unique carbone asymétrique de cette molécule.

2.5.b. Montrer que ce carbone asymétrique est de configuration absolue S.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2012
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	Code : 12ABE3SPC1	Page : 5/10

### **Exercice 3 : saturation de la thyroïde par l'iode de potassium (7 points)**

L'iode est toujours administré sous forme d'iode de sodium ou de potassium.

Dans le cas d'un accident nucléaire, de nombreux radionucléides volatils, produits de fission, peuvent être relâchés. L'un des plus communs est l'iode 131, dont on a étudié la désintégration dans l'exercice 1 et qui a la particularité d'être fortement assimilé par la thyroïde, pouvant mener à des cancers de la thyroïde. En saturant celle-ci, avant exposition, avec un autre isotope de l'iode non radioactif, l'iode 127 ( $^{127}\text{I}$ ), par ingestion de comprimés d'iode de potassium KI, on observe une diminution de l'absorption d'iode radioactif d'un facteur supérieur ou égal à 90.

En pratique, les comprimés d'iode de potassium KI sont préparés par la Pharmacie Centrale des Armées sous la forme de plaquettes de 10 comprimés sécables dont la durée de conservation est de 5 ans.

Chaque comprimé contient 130 mg d'iode de potassium.



On se propose de doser, par précipitation, les ions iodures contenus dans un comprimé d'iode de potassium de façon à vérifier la validité des comprimés, la solution titrante étant une solution étalonée de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ ).

L'iode d'argent  $\text{AgI}_{(\text{s})}$  est un solide ionique jaune peu soluble dans l'eau dont le  $\text{p}K_{\text{S}}$  vaut 16,2 à 25 °C.

3.1. Ecrire l'équation de la réaction de dosage et justifier que c'est une réaction quantitative.

Par dissolution d'un comprimé d'iode de potassium préparé par la Pharmacie Centrale des Armées dans  $V_0 = 100 \text{ mL}$  d'eau, on obtient la solution S.

#### **Dosage par conductimétrie**

On dose les ions iodures contenus dans le volume  $V_0 = 100 \text{ mL}$  de solution S à l'aide d'une solution de nitrate d'argent de concentration  $C_{\text{Ag}^+} = 0,130 \text{ mol.L}^{-1}$  placée dans une semi-microburette. On effectue un suivi de la conductivité du milieu et on obtient la courbe représentée en annexe 3 page 9 à rendre avec la copie.

3.2. A l'aide des valeurs des conductivités molaires ioniques à 25 °C des ions présents dans le milieu et en supposant que l'on peut négliger la variation du volume lors du dosage, justifier qualitativement l'allure de la courbe.

ion	$\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$	$\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$	$\text{I}^-_{(\text{aq})}$	$\text{K}^+_{(\text{aq})}$
$\lambda_i^0 / \text{mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$	6,19	7,14	7,68	7,35

3.3. Déterminer graphiquement le volume équivalent  $V_E$ .

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2012
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	Code : 12ABE3SPC1	Page : 6/10

3.4. Définir l'équivalence et en déduire la relation existant entre la quantité  $n_0$  d'ions iodures contenus dans un comprimé,  $V_E$  et  $C_{Ag^+}$ .

3.5. En déduire la masse  $m$  d'iodure de potassium contenue dans le comprimé utilisé. Le comprimé est-il conforme à ce qui est inscrit sur la boîte ?

3.6. Calculer la concentration en ions iodures  $C_{I^-}$  de la solution S.

3.7. Sachant qu'une goutte a un volume de 0,05 mL, montrer qu'il y a précipitation de  $AgI_{(s)}$  dès la 1<sup>ère</sup> goutte de nitrate d'argent versée.

### Dosage par potentiométrie

Il est aussi possible de faire le dosage des ions iodures contenus dans  $V_0 = 100$  mL de solution S à l'aide de la même solution de nitrate d'argent de concentration  $C_{Ag^+} = 0,130 \text{ mol.L}^{-1}$  par potentiométrie. On mesure alors la différence de potentiel  $\Delta E$  entre une électrode d'argent et une électrode de référence en fonction du volume de la solution de nitrate d'argent versé. On obtient la courbe représentée en annexe 4 page 10 à rendre avec la copie.

3.8. Déterminer graphiquement le volume équivalent  $V_E$ .

3.9. Les deux dosages donnent-ils des résultats concordants ?

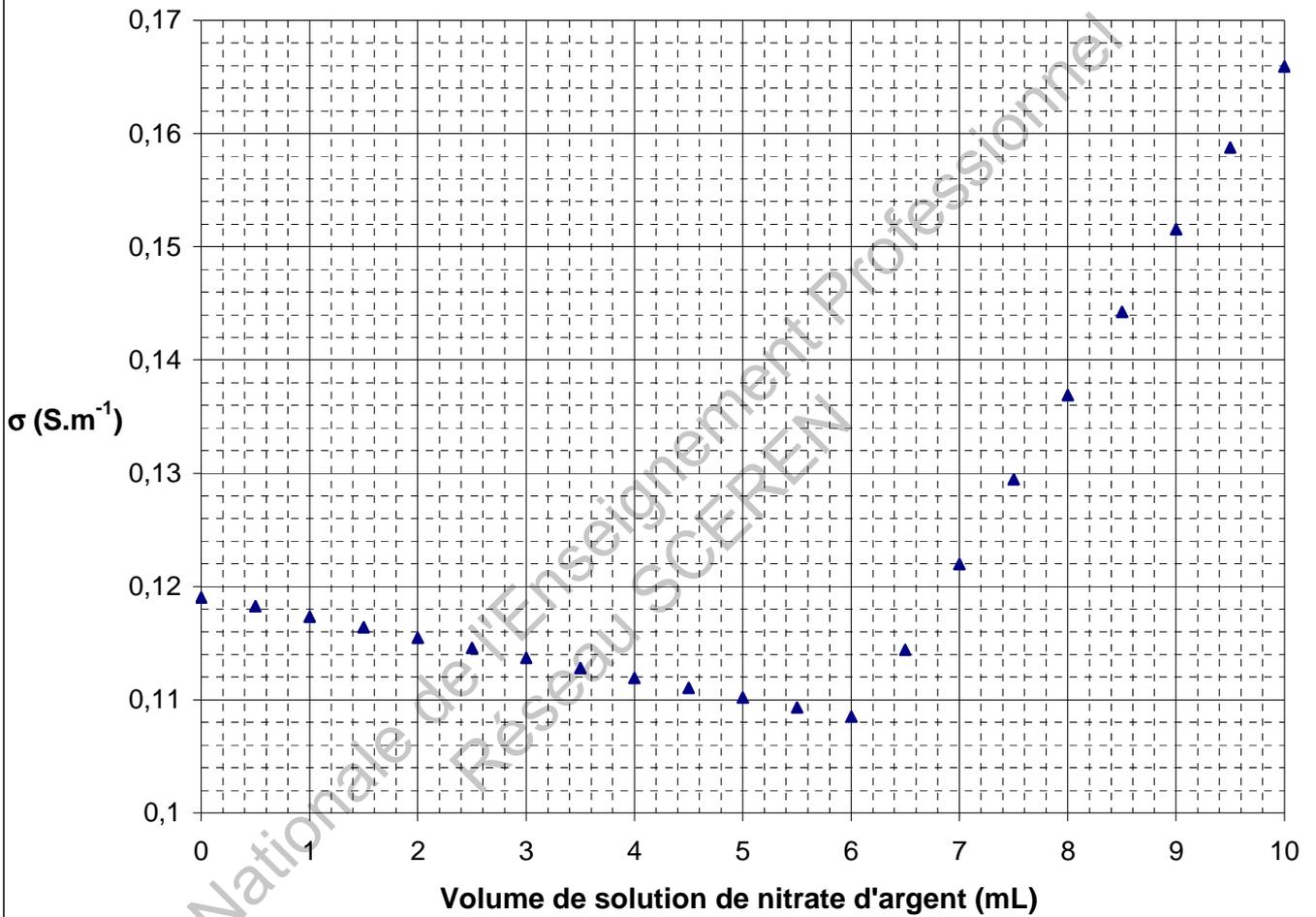
BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2012
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	Code : 12ABE3SPC1	Page : 7/10



Annexe 3

À rendre avec la copie

Suivi conductimétrique du dosage du volume  $V_0 = 100$  mL de la solution S par une solution de nitrate d'argent ( $0,130 \text{ mol.L}^{-1}$ )



## Annexe 4

À rendre avec la copie

Suivi potentiométrique du dosage du volume  $V_0 = 100$  mL de la solution S par une solution de nitrate d'argent ( $0,130 \text{ mol.L}^{-1}$ )

