

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



1.1

## ÉPREUVES COMMUNES DE CONTRÔLE CONTINU

**CLASSE** : Première

**E3C** :  E3C1  E3C2  E3C3

**VOIE** :  Générale  Technologique  Toutes voies (LV)

**ENSEIGNEMENT** : physique-chimie

**DURÉE DE L'ÉPREUVE** : 2 h

**CALCULATRICE AUTORISÉE** :  Oui  Non

Ce sujet contient des parties à rendre par le candidat avec sa copie. De ce fait, il ne peut être dupliqué et doit être imprimé pour chaque candidat afin d'assurer ensuite sa bonne numérisation.

**Nombre total de pages** : 11

### PARTIE A

#### Qui peut griller une tranche de pain en pédalant ? (10 points)

Un court-métrage de l'Académie des arts de Suède a attiré l'attention de plus de 1 million d'internautes. Il présente un défi soumis à Robert Förstemann, un coureur cycliste allemand de presque 100 kg, spécialiste de la piste. Le défi qui lui était proposé consistait à faire griller une tranche de pain avec la seule énergie qu'il produisait en pédalant avec ses impressionnantes cuisses de 74 centimètres de circonférence.

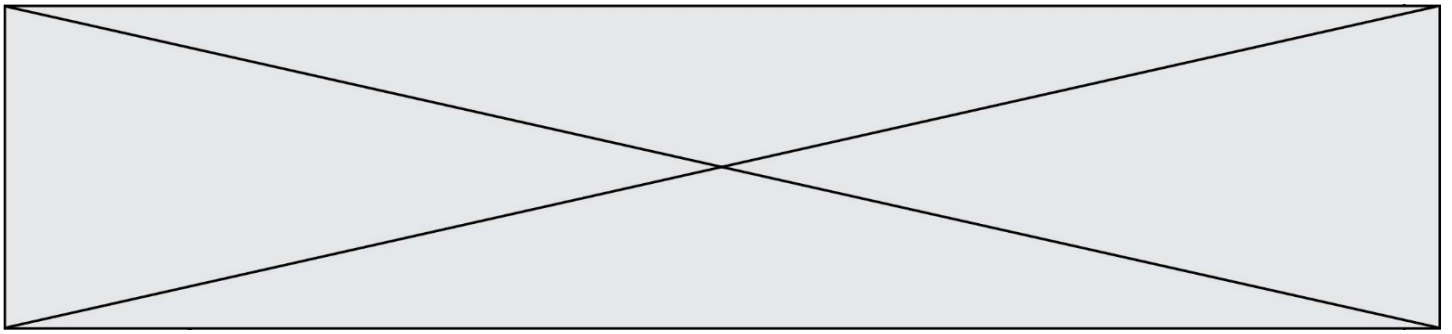
L'énergie musculaire du cycliste est transformée en électricité grâce à une dynamo actionnée par la rotation du pédalier. L'ensemble alimente un grille-pain. Pour que l'appareil fonctionne, il faut que le champion produise une puissance de 700 W. Au départ, Robert semble sûr de lui. Au fil du test, le rythme cardiaque de l'athlète augmente, son souffle s'accélère et son visage se creuse sous l'intensité de l'effort qu'il produit. Deux minutes plus tard, le cycliste a fourni au grille-pain 0,021 kWh (76 kJ) suffisant pour sortir une tranche légèrement brunie. Le cycliste s'effondre, incapable de continuer, et s'allonge sur le sol pour récupérer de l'intense effort qu'il vient de produire.

*D'après Le Monde (Roland Lehoucq - 14/07/15)*

L'objectif de cet exercice est d'étudier la performance physique de Robert Förstemann en la comparant avec la consommation énergétique d'un grille-pain. Enfin, on cherche à évaluer la quantité de sucre à ingérer pour compenser l'énergie fournie lors de cet effort.

<http://cycling.today/>





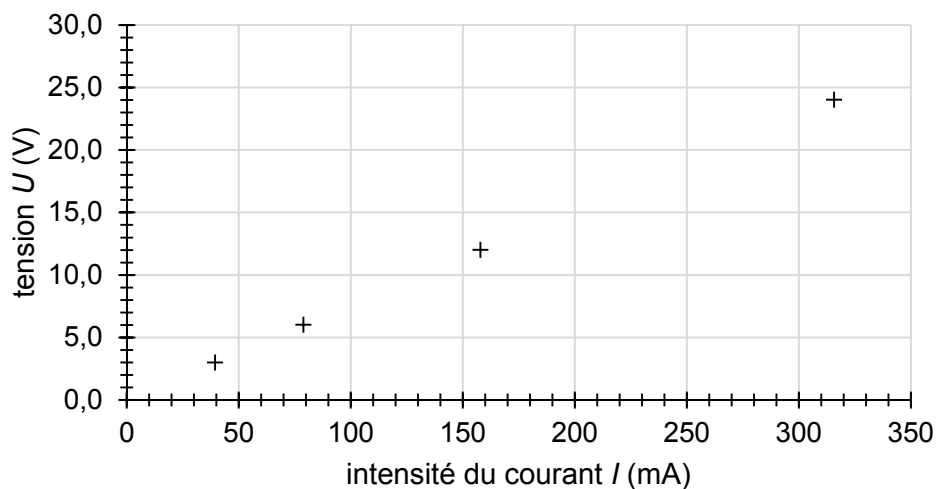
## 1. Performance de Robert Förstemann

**1.1.** Schématiser la chaîne énergétique de la dynamo du vélo utilisé par Robert Förstemann. On suppose que le rendement de cette dynamo n'est pas de 100 %.

**1.2.** Le grille-pain est conçu pour fonctionner normalement sous une tension de 230 V et pour fournir une puissance de 700 W. Montrer que la valeur de l'intensité du courant qui traverse le grille-pain en fonctionnement normal est d'environ 3 A.

**1.3.** Nommer l'effet responsable de l'élévation de température dans le grille-pain. Déduire de la question précédente la valeur de la résistance  $R$  du circuit électrique de cet appareil.

Une simulation de la caractéristique du circuit électrique du grille-pain est donnée ci-dessous. Elle relie la tension  $U$  appliquée à l'intensité du courant électrique  $I$  qui traverse le circuit électrique du grille-pain.



**1.4.** Indiquer la loi qui modélise la caractéristique du circuit électrique du grille-pain, retrouver la valeur de la résistance du circuit électrique du grille-pain et comparer le résultat à celui de la question précédente.

**1.5.** À partir des données contenues dans l'article du Monde, déterminer la valeur de la puissance moyenne fournie par Robert Förstemann. Estimer, en prenant  $R = 76 \Omega$ , la valeur moyenne de la tension et de celle de l'intensité du courant de fonctionnement du grille-pain durant la performance. Commenter.

**1.6.** Estimer, en effectuant un bilan énergétique, la valeur de la vitesse maximale que pourrait atteindre le cycliste à vélo initialement immobile en 5 secondes sur un terrain plat en développant une puissance de 630 W. Commenter.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.*

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



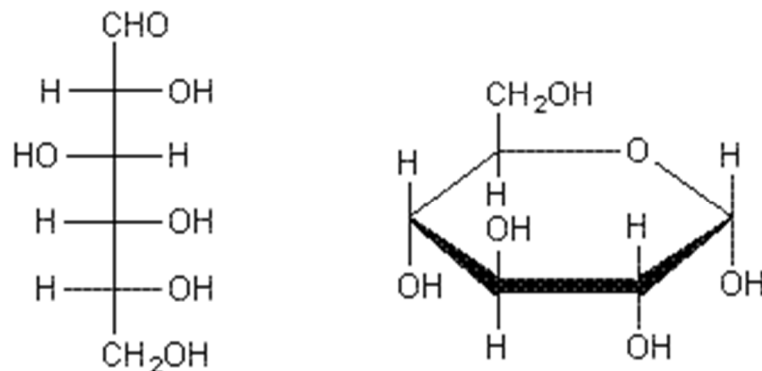
1.1

## 2. Récupérer après l'effort

Après un effort intense, tel que celui fourni par Robert Förstemann, l'organisme a besoin de glucides simples tels que le saccharose, appelés sucres rapides, disponibles rapidement pour reconstituer les ressources en énergie de l'organisme. Dans cette partie, nous cherchons à déterminer la quantité nécessaire de sucre (saccharose) à ingérer pour récupérer après l'effort fourni par Robert Förstemann.

Le saccharose, sucre de table habituel, est un composé organique de formule brute  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Son assimilation par l'organisme s'effectue après son hydrolyse (réaction avec l'eau du saccharose) qui forme du glucose et du fructose, deux sucres de même formule brute.

La molécule de glucose peut adopter une configuration à chaîne ouverte ou cyclique, comme l'illustre les deux représentations du glucose suivantes :

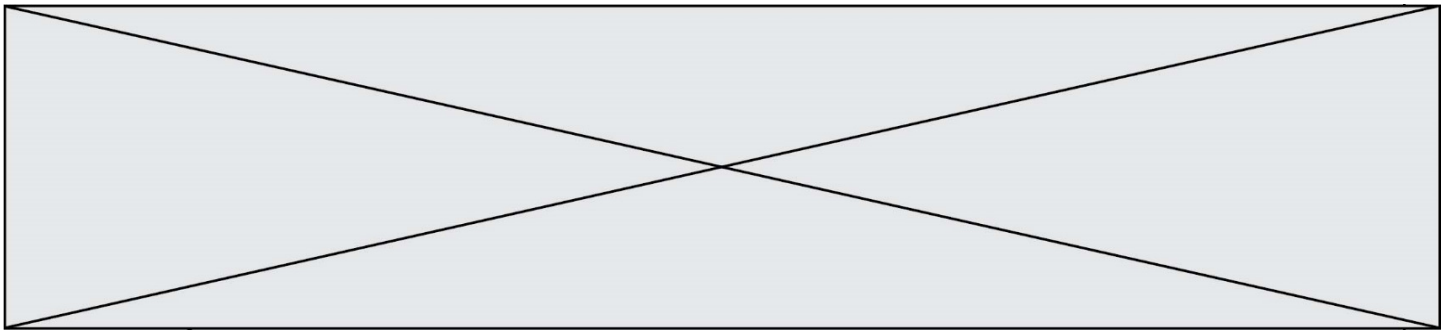


D'après <http://www.societechimiquedefrance.fr/saccharose.html>

### Données :

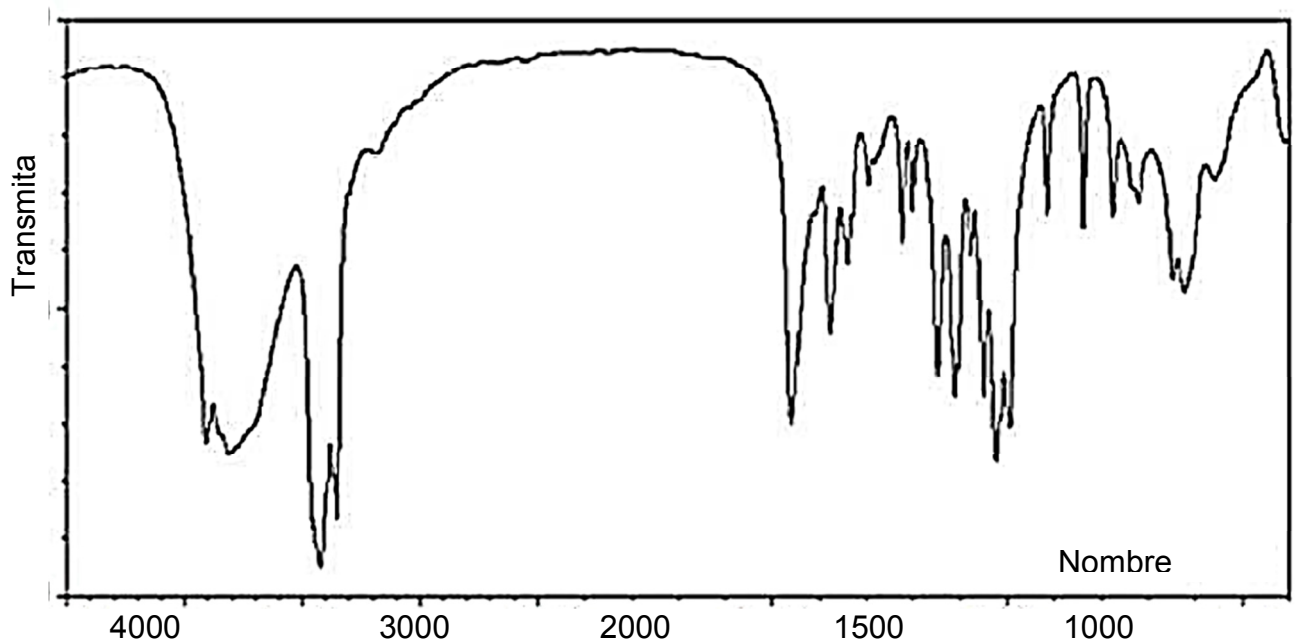
- 1 cal = 4,18 J ;
- masses molaires atomiques (en  $g \cdot mol^{-1}$ ) :  $M(O) = 16$  ;  $M(C) = 12$  ;  $M(H) = 1$  ;
- une boîte de sucre de masse nette  $m = 1,0$  kg contient 168 morceaux ;
- l'énergie molaire fournie par la combustion (oxydation complète) du saccharose est  $5,8 \times 10^6$   $J \cdot mol^{-1}$  ;
- bandes d'absorption IR de quelques liaisons chimiques :

famille	liaison	nombres d'onde ( $cm^{-1}$ )
cétone	C = O	1705 - 1725
aldéhyde	C <sub>tri</sub> - H	2700 - 2900



	C = O	1720 - 1740
<b>acide carboxylique</b>	O - H	2500 - 3200
	C = O	1740 - 1800
<b>ester</b>	C = O	1730 - 1750
<b>alcool</b>	O - H <sub>lié</sub>	3200 - 3450
	O - H <sub>libre</sub>	3600 - 3700

2.1. Le spectre infrarouge obtenu par analyse d'un échantillon de glucose est fourni ci-dessous. Déduire de ce spectre la configuration majoritaire du glucose dans l'échantillon étudié. Justifier.




*D'après National Institute of Advanced Industrial Science and technology –  
<http://sdfs.aist.go.jp>*

2.2. Écrire l'équation de la réaction modélisant l'hydrolyse du saccharose.

2.3. Vérifier que l'oxydation complète d'un morceau de sucre libère une énergie d'environ 24 kcal.

2.4. En déduire la quantité de sucre que Robert Förstemann doit ingérer pour compenser l'effort réalisé en supposant que l'énergie musculaire a été intégralement transférée au grille-pain. Commenter.

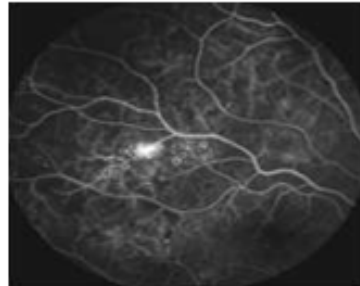
Modèle CCYC : ©DNE																					
Nom de famille (naissance) : <small>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</small>																					
Prénom(s) :																					
N° candidat :											N° d'inscription :										
 <small>Liberté • Égalité • Fraternité</small> <small>RÉPUBLIQUE FRANÇAISE</small>	<small>(Les numéros figurent sur la convocation.)</small>																				
	Né(e) le :			/			/														

1.1

## PARTIE B

### La fluorescence au service du diagnostic médical (10 points)

L'angiographie est une analyse médicale qui consiste à photographier les artères et les veines afin de détecter éventuellement des anomalies circulatoires telles que des lésions, des anévrismes, etc. Dans le cas particulier de l'angiographie rétinienne on injecte un colorant fluorescent tel que la fluorescéine au patient. Ce colorant est transporté dans tout le réseau artériel et veineux de la rétine. Des clichés sont pris au cours du temps et leur analyse permet d'établir le diagnostic. L'image ci-dessous est l'image obtenue suite à une angiographie rétinienne d'un patient diabétique. Elle révèle une rétinopathie qui se caractérise par l'existence d'une tâche blanche sur la *rétine*.



[www.creteiloptalmo.fr/autres-pathologies/retinopathie-diabetique/](http://www.creteiloptalmo.fr/autres-pathologies/retinopathie-diabetique/)

Les objectifs de cet exercice sont les suivants :

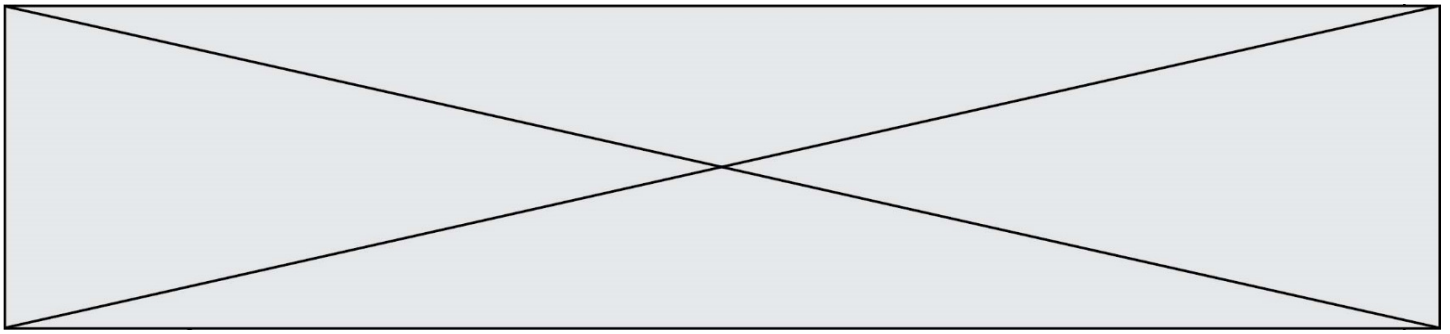
- comprendre l'origine physique du phénomène de fluorescence en étudiant l'expérience de Stokes ;
- l'étude du principe de photographie réalisée lors de l'angiographie ;
- l'analyse d'une solution de fluorescéine.

#### I. Origine physique du phénomène de fluorescence

Les travaux de nombreux scientifiques ont contribué à la compréhension de l'origine de la fluorescence ainsi qu'à son utilisation au quotidien dans la détection, les analyses et les diagnostics. Parmi ces scientifiques nous pouvons citer Sir Gabriel Stokes (1819-1903) dont l'expérience est décrite ci-dessous.

En 1852, Sir Georges Gabriel Stokes, professeur de mathématiques et de physique à l'université de Cambridge étudia les propriétés d'une solution de sulfate de quinine dont la surface est de couleur bleue lorsqu'elle est éclairée en lumière blanche...

L'expérience qu'il réalise consiste, dans un premier temps, à décomposer la lumière du Soleil par un prisme afin d'obtenir un spectre d'émission. Puis il éclaire la solution de sulfate de quinine avec les différentes parties du spectre obtenu en allant du rouge au violet. Il observe que la solution est traversée par la quasi-totalité de la lumière qu'elle reçoit, sans perturbation particulière, lorsque les radiations se situent entre le rouge et bleu du spectre. Par contre lorsque la solution est éclairée avec les rayonnements violets



du spectre visible et au-delà c'est-à-dire dans l'ultraviolet, la solution émet une lumière de couleur bleue.

Cette dernière observation permet à Sir Stokes de prouver que l'émission bleutée observée provient d'une absorption de la lumière dans l'ultraviolet. Il aboutit à la conclusion selon laquelle : « **la longueur d'onde d'une lumière émise par une solution colorée sera supérieure à celle du rayonnement incident à l'origine de cette émission** » : c'est la loi de Stokes.

*Texte Inspiré de « Lumière et Phosphorescence » de Bernard Valeur*

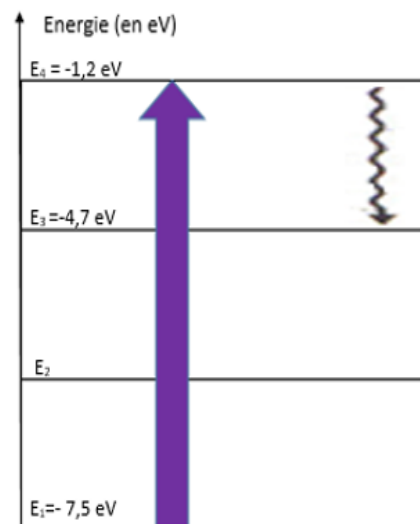
#### Données :

- Constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J.s ;
- $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19}$  J ;
- la relation de Planck Einstein reliant  $\Delta E$ ,  $h$ ,  $c$  et  $\lambda$  est supposée connue.
- Diagramme simplifié de Perrin-Jablonski

Le diagramme ci-contre est une représentation simplifiée de la voie de désexcitation d'une molécule fluorescente après **absorption** d'un photon du niveau fondamental au deuxième niveau d'énergie électronique.

La désexcitation comporte deux phases :

- la première qui porte le nom de **processus de conversion interne** permet à la molécule de passer d'un niveau excité supérieur à un niveau excité intermédiaire inférieur. Au cours de cette étape il n'y a pas d'émission de photons mais il peut y avoir des transferts thermiques.
- la deuxième phase, **la fluorescence**, est le retour à l'état fondamental avec *émission d'un photon*.



1. D'après les conclusions de Sir Gabriel Stokes, quelle est l'origine de la couleur bleue fluorescente de la solution de quinine ?
2. À partir des mots soulignés dans le document présentant le diagramme simplifié de Perrin-Jablonski, compléter **l'annexe à rendre avec la copie**.
3. Proposer une explication, s'appuyant sur des calculs, permettant de justifier que les transitions représentées dans le diagramme simplifié de Perrin-Jablonski sont en accord avec la « loi de Stokes ».

## II. Principes de la photographie réalisée lors de l'angiographie rétinienne

L'appareil photographique utilisé pour l'angiographie peut être modélisé par :

- une lentille convergente de centre O, correspondant à l'objectif. Sa distance focale image est égale à  $\overline{OF'} = f' = 60 \text{ mm}$  ;

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /

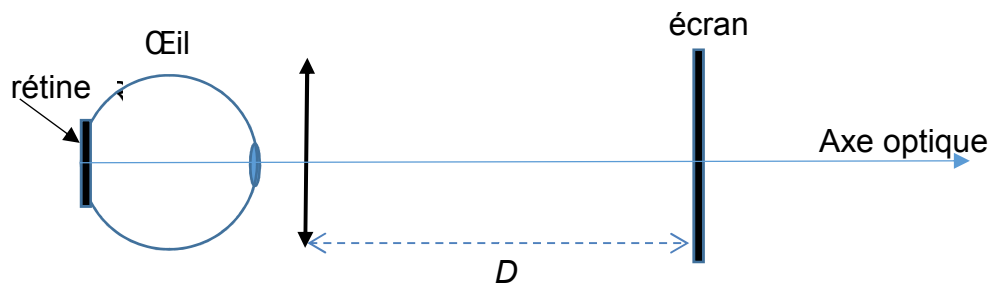
Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

- un écran correspondant au capteur numérique de l'appareil photographique.

On suppose par la suite que l'objectif de l'appareil photographique est proche de l'œil au cours de cette analyse médicale comme le montre le schéma ci-dessous.

Schéma représentant l'expérience réalisée, sans souci d'échelle.



- La tâche blanche présente sur la rétine est représentée par le segment AB. Son image sur l'écran est notée A'B'. Sachant que le grandissement de l'objectif de l'appareil photographique utilisé lors de cette analyse est  $\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA} = -1$ , donner les caractéristiques de l'image de la tâche blanche formée sur le capteur numérique dans l'hypothèse où  $\overline{AB} > 0$ .
- Exprimer, en fonction de  $f'$  et  $\gamma$ , la distance  $\overline{OA'}$  pour laquelle l'image de la tâche blanche est nette sur le capteur de l'appareil photographique. Donner la valeur de la distance  $D$  et commenter la valeur obtenue.

### III. Analyse de la solution de fluorescéine utilisée pour l'angiographie

La solution de fluorescéine utilisée lors de l'angiographie rétinienne doit avoir les caractéristiques suivantes :

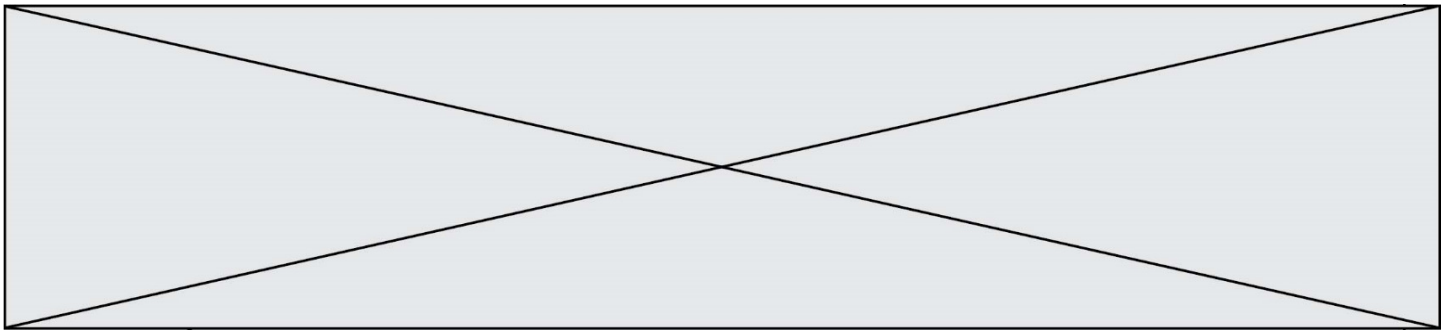
- fluorescéine sodique : 10,00 g pour 100 mL de solution injectable ;
- une ampoule de 5 mL contient 0,5 g de fluorescéine sodique.

<http://agence-prd.ansm.sante.fr/php/ecodex/rcp/R0287916.htm>

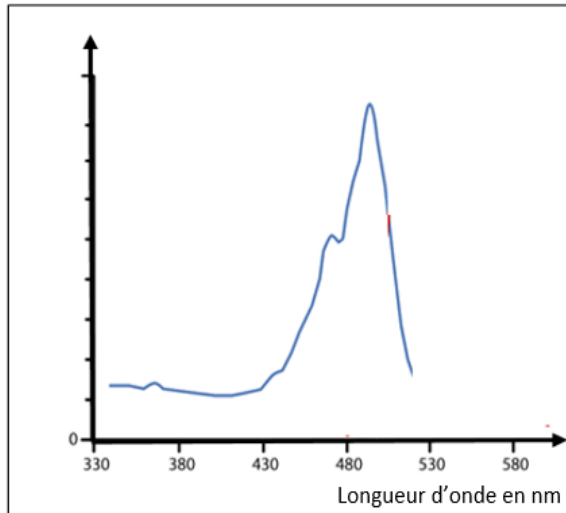
On souhaite vérifier la concentration en fluorescéine d'une solution commerciale afin de s'assurer qu'elle puisse être utilisée lors d'une angiographie rétinienne.

#### Données :

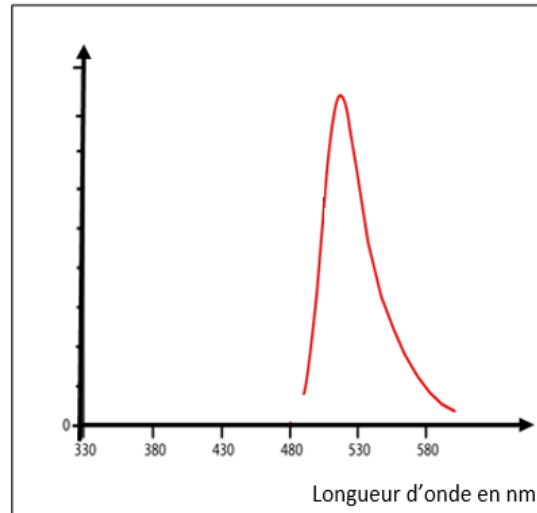
- Formule brute de la fluorescéine :  $C_{20}H_{12}O_5$  ;
- Masses molaires atomiques :  
 $M(C) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(O) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$
- Spectres d'absorption et de fluorescence de la fluorescéine :



Spectre d'absorption de la fluorescéine



Spectre de fluorescence de la fluorescéine



*Pour simplifier leurs exploitations, ces spectres sont ramenés au même maximum.*

6. Les spectres d'absorption et de fluorescence de la fluorescéine sont-ils en accord avec la loi de Stokes ? Justifier votre réponse.

Pour déterminer la concentration en quantité de matière en fluorescéine de la solution commerciale, l'absorbance de plusieurs solutions de fluorescéine de concentrations en quantité de matière connues a été mesurée.

Les mesures ont permis d'obtenir les résultats suivants :

<b>Concentration C de la solution en <math>\mu\text{mol. L}^{-1}</math></b>	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0
<b>Absorbance A de la solution</b>	0,10	0,21	0,31	0,64	0,80	0,96

La courbe d'étalonnage représentant l'évolution de l'absorbance en fonction de la concentration en quantité de matière en fluorescéine est reproduite ci-dessous.



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

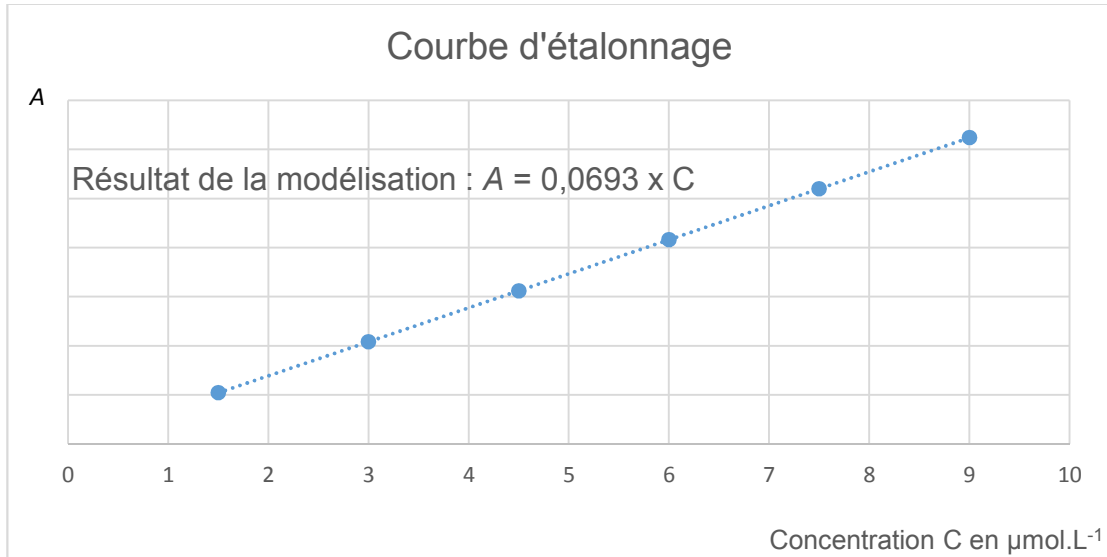
N° d'inscription :



Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1



7. À quelle longueur d'onde doit-on se placer afin de réaliser les mesures décrites ? Justifier votre réponse.

Afin d'analyser la solution commerciale, il faut la diluer. On prépare ainsi une solution  $S_1$  en diluant 30 000 fois la solution commerciale.

8. La valeur de l'absorbance de la solution  $S_1$  mesurée étant de 0,67, déterminer la concentration en quantité de matière  $C$  de fluorescéine, contenue dans la solution commerciale.

9. L'incertitude-type sur la valeur de  $C$  est estimée à  $\Delta C = 0,02 \text{ mol.L}^{-1}$  dans les conditions de l'expérience. Comparer la valeur expérimentale obtenue à la valeur retenue pour les angiographies rétinienne. Conclure.

