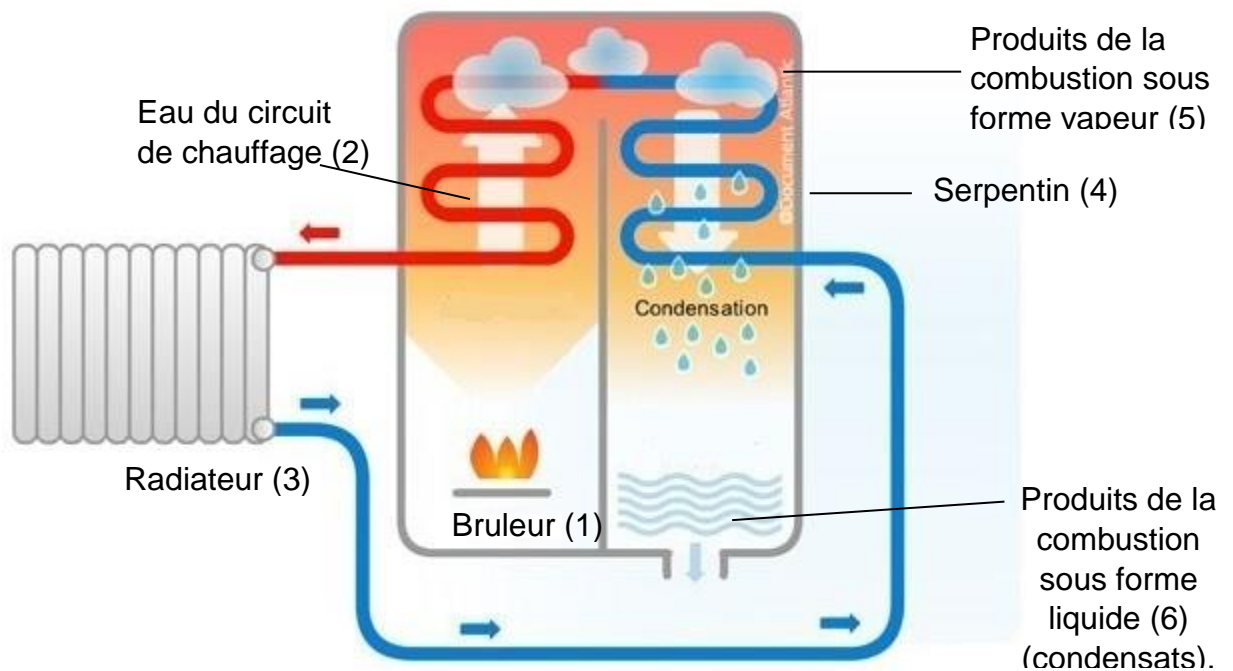




un serpentin (4) mis en contact avec les produits de la combustion du gaz naturel (5). Ces produits se condensent au contact de l'eau froide et les condensats produits dans la chaudière (6) sont ensuite rejetés à l'éégout. La condensation étant un phénomène exothermique, de l'énergie thermique est ainsi fournie à l'eau du circuit de chauffage.



Principe de fonctionnement d'une chaudière à condensation.
D'après <https://ma-maison-eco-confort.atlantic.fr/>

Données :

- le « gaz naturel » est principalement constitué de méthane ;
- énergies molaires des liaisons en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

Liaison	C-H	C=O (dans CO_2)	O=O	O-H
énergie de liaison ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)	411	795	494	459

- masses molaires atomiques en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: H : $1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; C : $12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; O : $16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- numéros atomiques : H : 1 C : 6 O : 8 ;
- la valeur de l'énergie libérée par la condensation d'un gramme d'eau est : $2,3 \text{ kJ}$;
- masse volumique de l'eau liquide : $\rho = 1,0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$.

1.1. Écrire l'équation de la réaction modélisant la combustion du gaz naturel dans le dioxygène. La formule du méthane est CH_4 et les produits de combustion sont le dioxyde de carbone et l'eau.

1.2. Établir le schéma de Lewis des molécules de dioxyde de carbone et d'eau.

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

1.3. À partir du tableau donnant les valeurs des énergies de liaison, calculer celle de l'énergie molaire de réaction de la combustion du gaz naturel dans le dioxygène et justifier du caractère exothermique de la transformation. En déduire que le pouvoir calorifique du méthane est d'environ $50 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$.

1.4. Calculer l'énergie thermique libérée au cours de la combustion de 100 g de méthane. Montrer qu'au cours de cette combustion il se forme 225 g de vapeur d'eau.

1.5. On fait l'hypothèse que toute la vapeur d'eau formée lors de la combustion se condense et que seule l'énergie libérée lors de la condensation de l'eau est récupérée. Calculer la valeur de l'énergie associée à la condensation de la vapeur d'eau formée pour 100 g de méthane puis montrer que l'utilisation de cette énergie permet de réaliser un gain maximal d'environ 10 % en énergie.

2. Eau chaude sanitaire

Dans ce logement l'eau chaude sanitaire est fournie par chauffe-eau qui fonctionne à l'électricité. Le principe est simple : une résistance électrique placée dans le cumulus chauffe l'eau jusqu'à une température définie appelée température de consigne.

Les caractéristiques techniques du chauffe-eau indiquées par le constructeur sont en partie reproduites :

Capacité	Tension de fonctionnement	Puissance	Temps de chauffe ⁽¹⁾
150 L	230 V	1800 W	5 h 15

(1) Le temps de chauffe est indiqué pour une eau dont la température initiale est de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ et la température finale de $65 \text{ }^\circ\text{C}$.

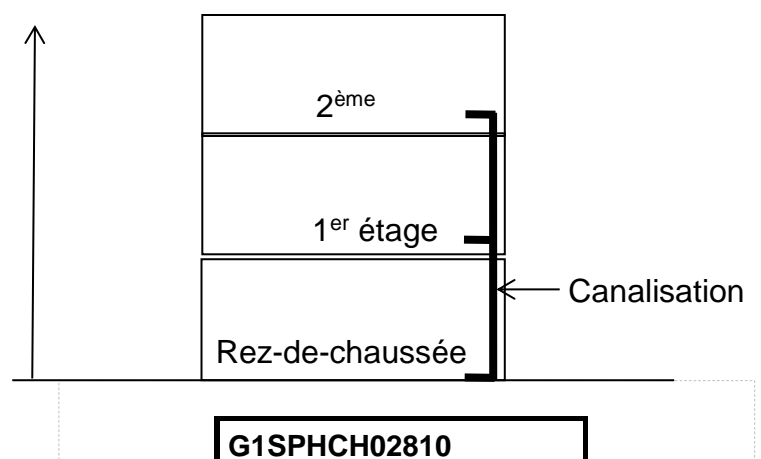
Données :

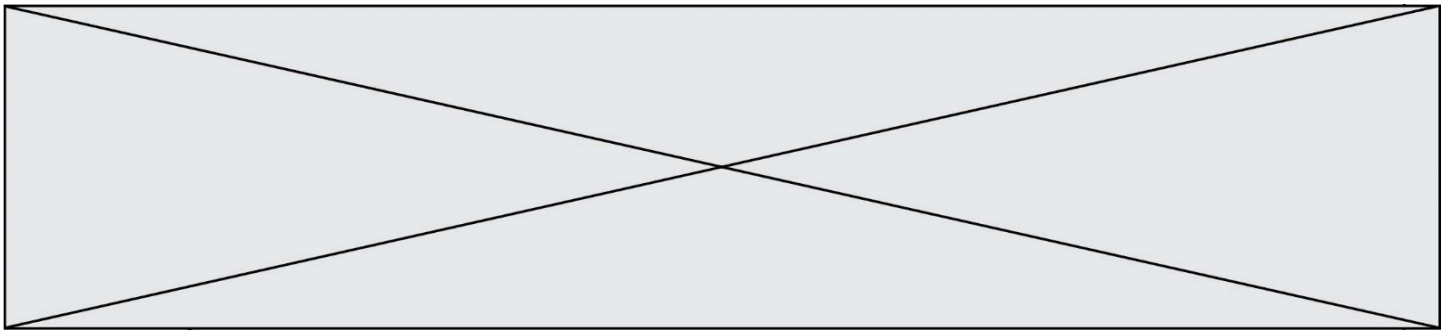
- L'énergie thermique E nécessaire pour élever la température d'une masse m d'eau liquide de ΔT est donnée par la relation $E = m \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta T$ où c_{eau} est la capacité thermique massique de l'eau ($c_{\text{eau}} = 4,18 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) ;
- masse volumique de l'eau $\rho = 1,00 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$;
- $\Theta(^\circ\text{C}) = T(\text{K}) - 273$; $1,0 \text{ J} = 3,6 \text{ kWh}$; $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.

2.1. Nommer le phénomène physique qui permet le chauffage de l'eau dans le cumulus. Déterminer la valeur de la résistance chauffante du cumulus.

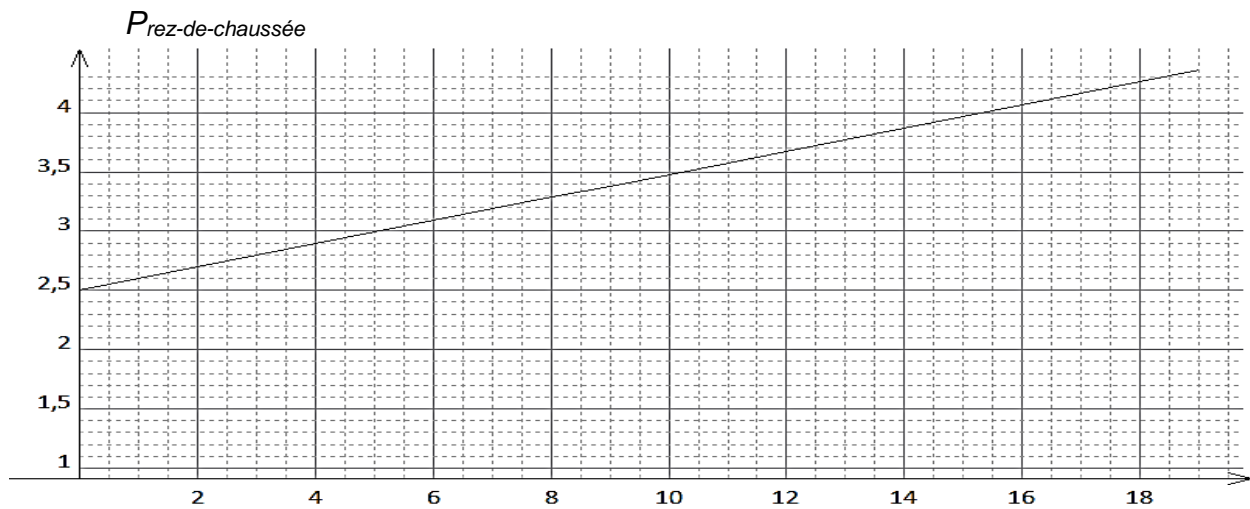
2.2. À l'aide des caractéristiques techniques du constructeur et des données, calculer la valeur de l'énergie thermique nécessaire à l'élévation de la température de la totalité de l'eau du cumulus.

2.3. Utiliser la puissance du chauffe-eau pour en déduire la durée nécessaire à cette élévation de température. Comparer à la valeur indiquée par le constructeur et proposer une explication à une éventuelle différence.





Le cumulus est installé au rez-de-chaussée d'une maison de deux étages (schéma ci-contre). Le graphe ci-dessous indique la pression minimale de l'eau en sortie du cumulus en fonction de l'altitude z du point de distribution de l'eau chaude. Pour un fonctionnement correct l'eau doit arriver au point de distribution avec une pression minimale de 2,50 bar.



Pression de l'eau en sortie de cumulus en fonction de l'altitude de la distribution

2.4. Commenter l'allure du graphe puis l'utiliser pour estimer la pression minimale de l'eau en sortie du cumulus nécessaire à la distribution d'eau chaude dans une maison de deux étages.

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*.

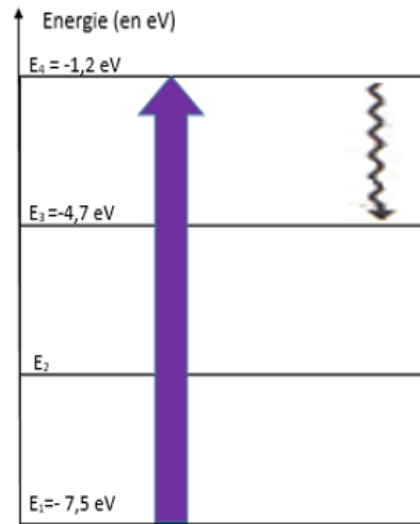


- Diagramme simplifié de Perrin-Jablonski

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 ».

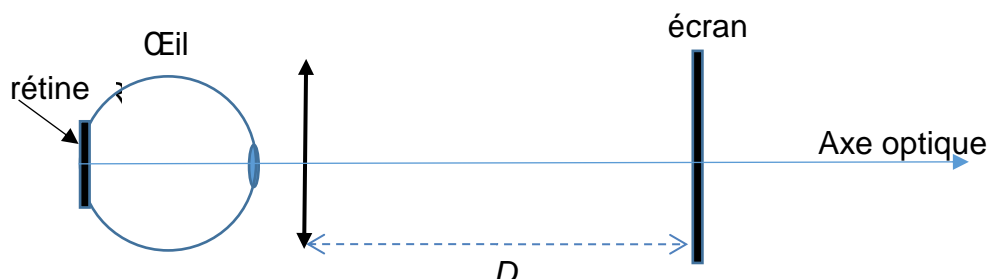
II. Principes de la photographie réalisée lors de l'angiographie rétinienne

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 $\overline{OF'} = f' = 60 \text{ mm}$;
- 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.





4. 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 $\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = -1$, donner les caractéristiques de l'image de la tâche blanche formée sur le capteur numérique dans l'hypothèse où $\overline{AB} > 0$.
5. Exprimer, en fonction de f' et γ , 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.

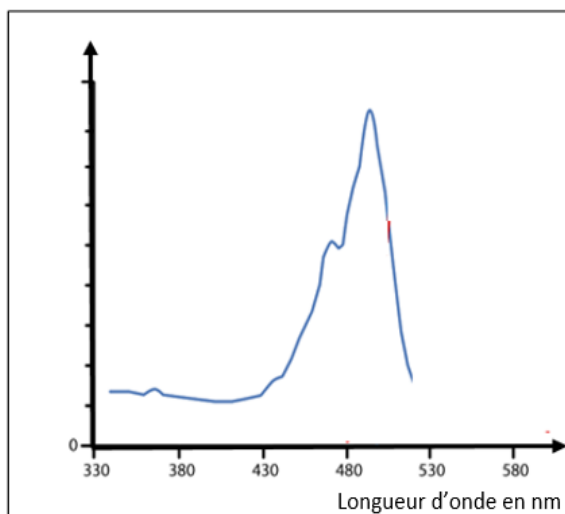
<http://agence-prd.ansm.sante.fr/php/ecodex/rcp/R0287916.htm>

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.

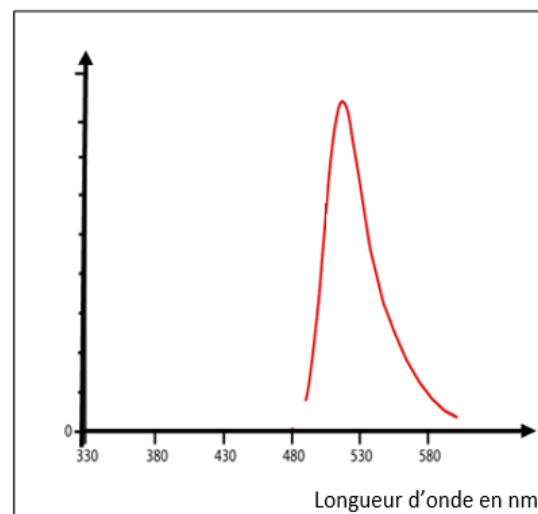
Données :

- 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 :

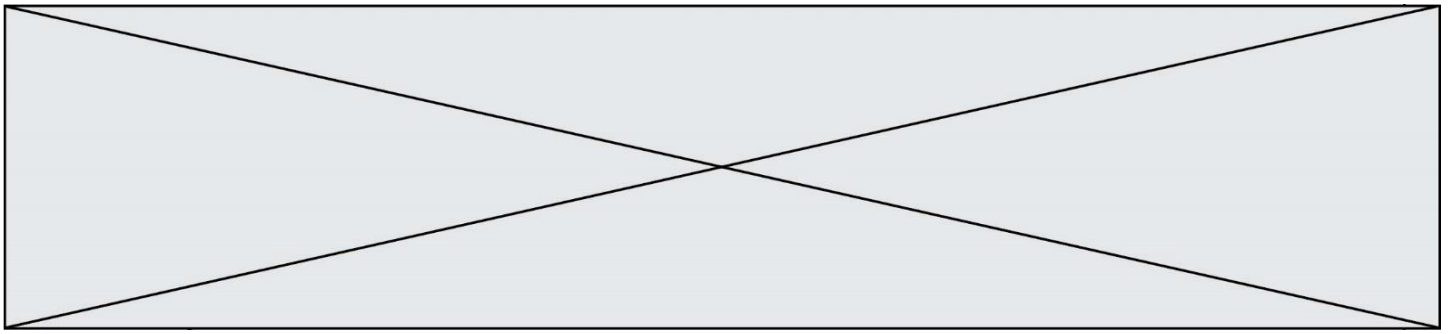
Spectre d'absorption de la fluorescéine



Spectre de fluorescence de la fluorescéine



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



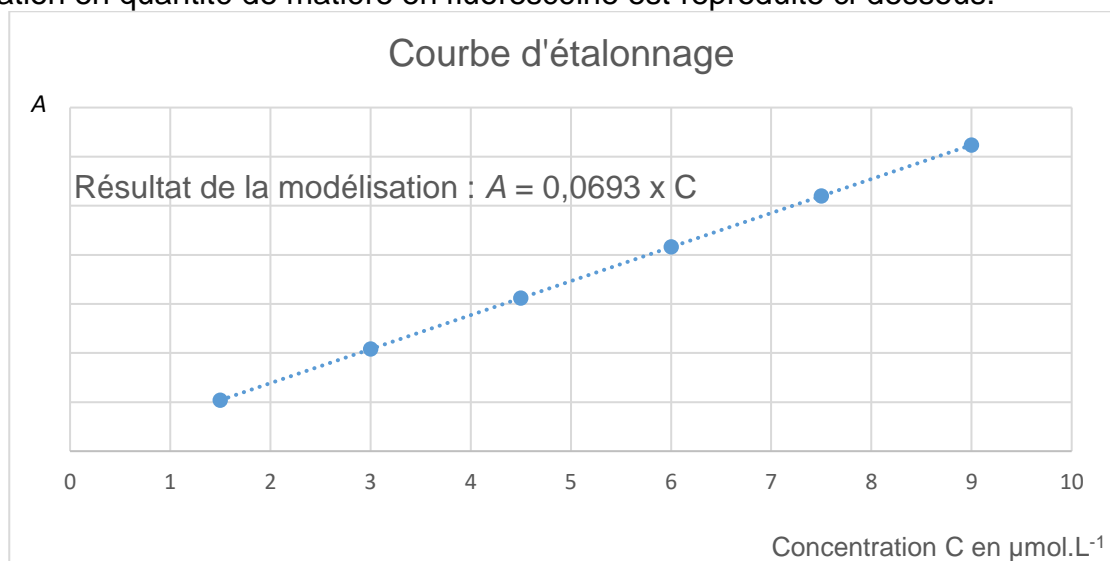
6. Les spectres d'absorption et de fluorescence de la fluorescéine sont-ils en accord avec la loi de Stokes ? Justifier votre réponse.

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 :

Concentration C de la solution en $\mu\text{mol. L}^{-1}$	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0
Absorbance A de la solution	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.



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 rétiniennes. Conclure.

