

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL BLANC

Lycée Français International de Bangkok
Session 2019

PHYSIQUE-CHIMIE

Jeudi 7 mars 2019

Série S

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

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 7 pages numérotées de 1 à 7:

Exercice 1 : Synthèse organique (5 points)

Exercice 2 : Le monde selon Hubble (7 points)

Exercice 3 : La poudre de cacao (5 points)

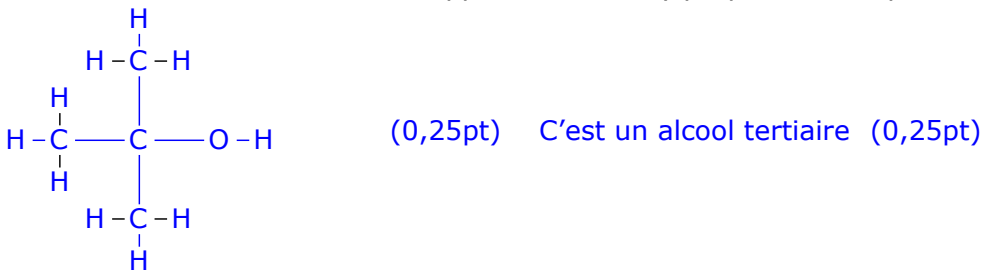
La page d'annexe (page 11) EST À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elle n'a pas été complétée.

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

Exercice n° 1 : Synthèse organique (8 points)

1. ASPECT MACROSCOPIQUE DE LA TRANSFORMATION CHIMIQUE (1pt)

1.1. Écrire la formule développée du 2-méthylpropan-2-ol et préciser la classe de cet alcool.



1.2. À quelle catégorie de réaction chimique appartient cette transformation ?

C'est une réaction de substitution du groupe chloro par le groupe hydroxyle -OH (0,25pt)

1.3. Cette réaction correspond-elle à des modifications de groupes caractéristiques ou de chaîne ?

La chaîne carbonée est conservée par contre il y a modification du groupe caractéristique. (0,25 pt)

2. ASPECT MICROSCOPIQUE DE LA TRANSFORMATION CHIMIQUE (2pt)

En annexe on a représenté le mécanisme réactionnelle en 3 étapes de cette synthèse.

L'annexe sera à compléter à la question 2.3 et à rendre avec la copie.

Document 1 : Électronégativité de quelques éléments chimiques

Atome	C	N	O	Cl	Br	I
Électronégativité (Échelle de Pauling)	2,5	3,0	3,5	3,2	3,0	2,7

2.1. Dans la première étape du mécanisme, déterminer les sites accepteurs d'électrons et les sites donateurs d'électrons en justifiant.

L'écart d'électronégativité est élevé ($\Delta EN = 0,7$), la liaison C-Cl est donc polarisée. Le carbone étant le moins électronégatif, il se retrouve être un accepteur d'électrons. (0,25pt)

Les atomes Cl et O possèdent des doublets non liant d'électrons ils sont donc donateurs d'électrons. (0,25pt)

Identifier un site donneur, un site accepteur de doublet d'électrons

Déterminer la polarisation des liaisons en lien avec l'électronégativité

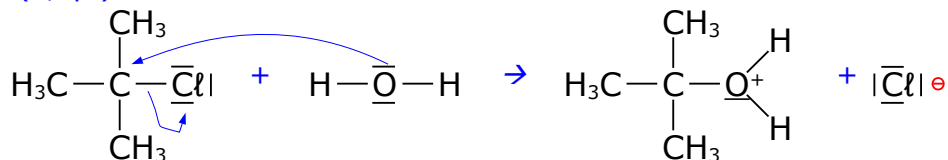
2.2. Dans la première étape du mécanisme il y a rupture de la liaison C-Cl. Proposer une explication.

L'atome de carbone ne pouvant faire plus de 4 liaisons (règle de l'octet) l'atome de chlore, plus électronégatif que le carbone, récupère le doublet liant. (0,5pt)

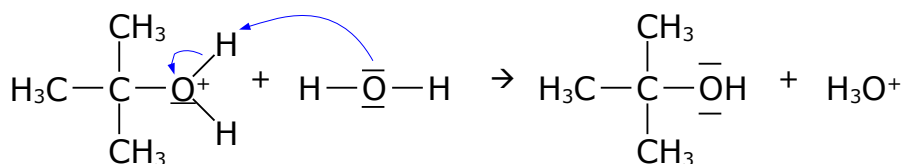
2.3. Sur l'annexe à rendre avec la copie représenter par une flèche courbe le mouvement des doublets d'électrons pour chaque étape sans justification.

Relier par une flèche courbe les sites donneur et accepteur en vue d'expliquer la formation et/ou la rupture de liaisons.

Première étape : (0,5pt)



Deuxième étape : (0,5pt)



3. SUIVI DE LA RÉACTION PAR SPECTROSCOPIE IR (2pts)

- 3.1. Expliquer comment suivre l'évolution de la réaction à l'aide de tracés de spectre infrarouge. Vous argumenterez votre réponse en vous appuyant sur les différences notables entre les deux spectres fournis dans le document 2 et en attribuant les bandes aux liaisons concernées à partir de l'extrait des tables IR (doc. 3).

Il y a 2 liaisons particulières que l'on peut étudier :

- La liaison C-Cl entre 500 et 700 cm^{-1} du 2-chloro-2-méthylpropane qui va disparaître progressivement du mélange.
- Tandis que la liaison O-H (alcool avec liaison H) entre 3200 et 3400 cm^{-1} du 2-méthylpropan-2-ol va apparaître.

Exploiter un spectre IR pour mettre en évidence des groupes caractéristiques à l'aide de tables de données et comparer des spectres IR (2pt)

4. SUIVI CINÉTIQUE DE LA TRANSFORMATION CHIMIQUE (3pts)

Dans cette partie on s'intéresse à l'influence du solvant sur la durée de la réaction. En effet, plus cette durée est importante et plus le coût de la synthèse sera élevé. Le chimiste doit donc trouver les conditions optimales en termes de vitesse de réaction.

On réalise donc 2 expériences, décrites dans le document 4, en modifiant uniquement la nature du solvant. Une 1^{re} expérience avec un solvant polaire : l'eau. Une 2^e expérience avec un mélange d'eau et d'éthanol, un solvant beaucoup moins polaire que l'eau (presque apolaire).

Dans les deux expériences on a mesuré l'avancement x au cours du temps. Les mesures ont été reporté dans le document 5.

- 4.1. La transformation étant totale, déterminer la valeur de l'avancement final x_{max} attendu. La quantité de matière initiale de 2-chloro-2-méthylpropane introduite dans le bécher sera notée n_0 .

Masse molaire du 2-chloro-2-méthylpropane : $M = 4.M_C + 9.M_H + M_{Cl} = 4*12,0 + 9*1,0 + 35,5 = 92,5$

Quantité de matière du 2-chloro-2-méthylpropane : $n_0 = \frac{m}{M} = \frac{C_m \times V}{M} = \frac{93 \times 5,0 \times 10^{-3}}{92,5} \approx 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

Le 2-chloro-2-méthylpropane étant le réactif limitant et son coefficient stœchiométrique égale à 1 on peut en déduire l'avancement maximale $x_{\text{max}} = n_0 = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ou tableau d'avancement.

Détermination des quantités des espèces mises en jeu, du réactif limitant et de l'avancement maximal (1,5pt)

- 4.2. À partir de l'exploitation des courbes du document 5, déterminer le temps de demi-réaction de chacune des expériences.

Expérience 1 : $t_{1/2} = 1 \text{ min}$

Expérience 2 : $t_{1/2} = 2 \text{ min}$ (0,5pt)

- 4.3. La cinétique d'une transformation est toujours imposée par l'étape la plus lente, on dit que c'est l'étape cinétiquement déterminante.

A partir de cette information, du document 6 et des résultats précédents donner une réponse rigoureuse et argumentée à la question : le solvant a-t-il une influence sur l'évolution de la transformation ?

- L'étape 1 du mécanisme réactionnel est l'étape cinétiquement déterminante : plus la rupture de la liaison C-Cl sera facile, plus la réaction sera rapide.
- L'eau est un solvant plus polaire que l'éthanol (sa constante diélectrique est environ 3 fois plus grande).
- Un solvant polaire favorise la formation et séparation des charges : donc plus le solvant sera polaire plus la rupture de la liaison C-Cl sera rapide
- L'eau étant plus polaire que l'éthanol favorise la rupture de la liaison C-Cl la réaction est alors plus rapide ce qui confirme que le temps de demi-réaction est plus petit dans l'expérience 1 que 2.

Réponse argumentée (1pt)

Exercice n° 2 : Le monde selon Hubble (7 points)

Cet exercice comporte deux parties A et B indépendantes.

PARTIE A : Étude des satellites Hubble et ISO

1. Intérêt des télescopes spatiaux (1pt)

1.1. Indiquer les limites en longueur d'onde de la partie visible du spectre électromagnétique.

La partie visible du spectre électromagnétique s'étend, en longueurs d'onde, de 400 nm à 800 nm. (0,25pt)

1.2. Justifier précisément l'expression «...en infrarouge ou ultraviolet, sans les contraintes dues à l'atmosphère terrestre. ».

Comme le montre le document 3, l'atmosphère terrestre absorbe une partie des rayonnements électromagnétiques issus de l'espace. Le télescope Hubble situé au-dessus de l'atmosphère terrestre n'est pas gêné pour observer l'espace. (0,5pt)

1.3. Citer une source de rayonnement ultraviolet extraterrestre détectable par le HST.

Par exemple les étoiles très chaudes émettent un rayonnement situé majoritairement dans le domaine des ultra-violets. (0,25pt)

2. Mouvement du satellite Hubble (1,5pt)

On suppose que les durées de parcours du satellite sur sa trajectoire circulaire entre les points H_1 et H'_1 puis H_2 et H'_2 sont égales.

2.1. Énoncer la deuxième loi de Kepler et compléter la figure de l'ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE pour illustrer cette loi.

Le rayon vecteur \vec{TH} allant du centre T de la Terre au centre H du satellite balaye des surfaces égales pendant des intervalles de temps égaux. Les aires S_1 et S_2 sont égales. (0,5pt)

2.2. En déduire que le mouvement circulaire du satellite est uniforme.

Pendant la durée Δt , le satellite parcourt l'arc $H_1H'_1$ à la vitesse $v_1 = \frac{H_1H'_1}{\Delta t}$

Pendant cette même durée, le satellite parcourt l'arc $H_2H'_2$ à la vitesse $v_2 = \frac{H_2H'_2}{\Delta t}$

D'après la deuxième loi de Kepler les aires S_1 et S_2 sont égales et dans un mouvement circulaire le rayon TH est constant, alors les arcs $H_1H'_1$ et $H_2H'_2$ sont égaux.

Donc $v_1 = v_2$ le mouvement du satellite est uniforme.

Démontrer que, dans l'approximation des trajectoires circulaires, le mouvement d'un satellite, d'une planète, est uniforme (1pt)

3. Mouvement du satellite ISO (1,5pt)

3.1. Énoncer la 1^{re} loi de Kepler appliquée au satellite ISO.

Le satellite ISO a une trajectoire elliptique dont l'un des foyers est la Terre. (0,5pt)

3.2. Énoncer la 3^e loi de Kepler appliquée aux satellites ISO et HST, et l'exploiter pour déterminer la période de révolution d'ISO autour de la Terre.

Le rapport de la période au carré sur le demi-grand axe au cube $\frac{T^2}{a^3}$ des satellites tournant autour de la Terre (ISO et HST) est constant. (0,5pt)

$$\frac{T_{HST}^2}{a_{HST}^3} = \frac{T_{ISO}^2}{a_{ISO}^3} \Leftrightarrow T_{ISO}^2 = \frac{T_{HST}^2}{a_{HST}^3} \cdot a_{ISO}^3 \quad T_{ISO} = \sqrt{\frac{97 \text{ min}^2}{6990 \text{ km}^3} \times 42200 \text{ km}^3} \approx 1,4 \times 10^3 \text{ min} \quad (0,5pt)$$

Sans arrondir on trouve quasiment 24h.

PARTIE B : Observer avec le télescope Hubble

4. L'âge des étoiles (3pts)

4.1. Comment est modifiée la lumière perçue sur Terre par rapport à la lumière émise par l'étoile, en fonction de leur mouvement relatif ?

(0,5pt) L'éloignement des galaxies observées provoque un décalage spectral vers les plus grandes longueurs d'onde (« redshift »).

4.2. Quel phénomène est associé à cette modification ? Donner un exemple de ce type de phénomène observable sur Terre.

(0,25) Ce phénomène est dû à l'effet Doppler-Fizeau (modification de la fréquence apparente perçue par un récepteur quand la distance émetteur-récepteur varie).

(0,25) On peut citer comme exemples de l'effet Doppler : la sirène d'une ambulance qui s'éloigne ou se rapproche, l'échographie Doppler (mesure de la vitesse d'écoulement du sang), les « radars » au bord des routes (cinémomètres).

4.3. La plus vieille galaxie repérée à ce jour grâce au télescope Hubble se situe à environ 10 milliards d'années-lumière de la Terre. Son décalage spectral (redshift) est de 7,6. On considère une jeune étoile située dans cette galaxie et dont la température de surface est de 42 400 K.

4.3.1. L'intensité maximale du spectre électromagnétique de cette étoile sera-t-elle observée par le télescope Hubble dans le domaine de l'ultraviolet, de l'infrarouge ou du visible ? Une démarche permettant la détermination de la longueur d'onde du rayonnement capté par le récepteur est attendue.

(1,5pt) Pour répondre à la question, on connaît $T = 42400$ K et $z = 7,6$.

La loi de Wien nous permet de déterminer la longueur d'onde correspondant au maximum

d'émissivité : $\lambda_{max} = \frac{2,90 \times 10^{-3}}{T} = \frac{2,90 \times 10^{-3}}{42400} = 6,83 \times 10^{-8} m = 68,3 nm$ (cohérent car situé dans le

domaine l'UV)

Cependant, à cause de l'effet Doppler-Fizeau, cette longueur d'onde va être perçue par le télescope Hubble avec un décalage tel que :

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \quad \text{ici } \lambda_{max} = \lambda_0$$

$$\lambda = \frac{2,90 \times 10^{-3}}{42400} \times (7,6 + 1) = 5,88 \times 10^{-7} m = 588 nm$$

Conclusion : le décalage spectral est si important que l'intensité maximale est perçue dans le visible (entre 400 et 800 nm).

4.3.2. En déduire s'il est possible d'observer des étoiles jeunes dans des galaxies plus anciennes que 10 milliards d'années en utilisant le rayonnement ultraviolet.

(0,5pt) L'énoncé indique que le redshift z est « proportionnel à la vitesse d'éloignement des étoiles » ; or, leur vitesse d'éloignement « est d'autant plus grande que celles-ci se trouvent éloignées de la Terre » donc le rayonnement émis par des étoiles jeunes (émettant dans l'UV) situées dans galaxies plus anciennes que 10 milliards d'années, donc à une distance supérieure à 10 milliards d'année-lumière aura un décalage spectral très important et ce rayonnement sera capté sur Terre dans le visible ou même l'infrarouge.

Exercice n° 3 : La poudre de cacao (5 points)

Le but de l'exercice est d'étudier une application pratique de la diffraction : la détermination de la taille moyenne de poudre de cacao par granulométrie.

Les deux parties de l'exercice sont indépendantes.

1. Partie A : vérification de la longueur d'onde d'une des diodes laser utilisées (3,5pts)

1.1. Pour une longueur d'onde donnée, décrire l'évolution du demi-angle θ_0 en fonction du diamètre a du fil. Donner la relation qui lie λ , θ_0 et a .

L'importance du phénomène de diffraction est liée au rapport de la longueur d'onde aux dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle ; ainsi, si la longueur d'onde est fixée, le demi-angle θ_0 sera plus élevé si le diamètre du fil est faible. On retrouve cette idée dans la relation $\theta_0 = \frac{\lambda}{a}$. (0,5pt)

1.2. On fait l'hypothèse que l'angle θ_0 est petit. Dans ce cas, on peut écrire $\tan \theta_0 \approx \theta_0$ avec θ_0 en radian. À l'aide du schéma, démontrer que la largeur de la tache centrale est donnée par l'expression :

$$L = k \cdot \frac{1}{a} \text{ avec } k = 2 \cdot \lambda \cdot D$$

À l'aide du schéma, on peut écrire : $\tan \theta_0 = \frac{L/2}{D}$

Dans le cadre de l'approximation des petits angles donné : $\theta_0 \approx \tan \theta_0 = \frac{L}{2D}$

or $\theta_0 = \frac{\lambda}{a}$ donc $\theta_0 = \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$ ou $L = 2\lambda D/a$

On en déduit que $L = k \cdot 1/a$ avec $k = 2\lambda D$ (1pt)

1.3. Expérimentalement, on mesure la largeur de la tache centrale L pour des fils calibrés de différentes valeurs de diamètre a . on porte les valeurs obtenues sur le graphique ci-dessous.

À partir du graphique, déterminer la longueur d'onde λ de la diode laser utilisée. (1pt)

Vu que $L = k \cdot \frac{1}{a}$ avec $k = 2\lambda D$, la courbe $L = f\left(\frac{1}{a}\right)$ est une droite passant par l'origine de coefficient directeur k .

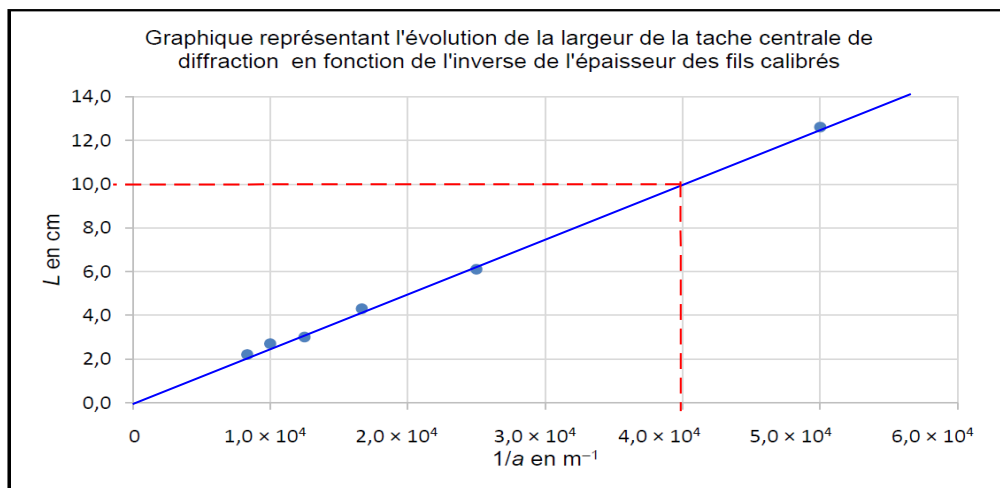
On trace la droite modélisée (passant au plus près de tous les points expérimentaux), on détermine

son coefficient directeur : $k = \frac{\Delta L}{\Delta(1/a)} = \frac{10,0 \times 10^{-2} - 0}{4,0 \times 10^4 - 0} = 2,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

(ATTENTION L doit être en mètre pour que la relation soit homogène)

Or $k = 2\lambda D$ donc $\lambda = \frac{k}{2D}$

$$\lambda = \frac{2,5 \times 10^{-6}}{2 \times 200 \times 10^{-2}} = 6,25 \times 10^{-7} \text{ m} = 6,3 \times 10^{-7} \text{ m}$$



- 1.4. L'incertitude absolue sur la longueur d'onde λ , notée $U(\lambda)$, peut être déterminée à partir de la relation suivante :

$$\left(\frac{U(\lambda)}{\lambda}\right)^2 = \left(\frac{U(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{U(k)}{k}\right)^2$$

L'incertitude absolue sur la valeur du coefficient directeur est $U(k) = 1,2 \times 10^{-7} \text{ m}^2$.

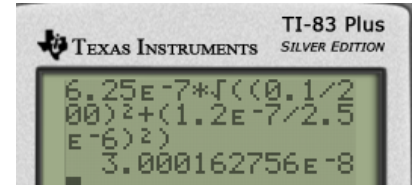
Exprimer la valeur de la longueur d'onde λ avec son incertitude. Confronter aux valeurs données par le fabricant de l'appareil ; conclure.

Sur la figure, on lit $D = 200,0 \pm 0,1 \text{ cm}$, on en déduit que $U(D) = 0,1 \text{ cm}$

$$U(\lambda) = 6,25 \times 10^{-7} \times \sqrt{\left(\frac{0,1}{200,0}\right)^2 + \left(\frac{1,2 \times 10^{-7}}{2,5 \times 10^{-6}}\right)^2} = 3 \times 10^{-8} \text{ m}$$

Ainsi :

$$\lambda = (6,3 \pm 0,3) \times 10^{-7} \text{ m}$$



La valeur de $635 \text{ nm} = 6,35 \times 10^{-7} \text{ m}$ donnée par le fabricant est bien incluse dans l'intervalle de confiance. Les mesures sont validées. (1pt)

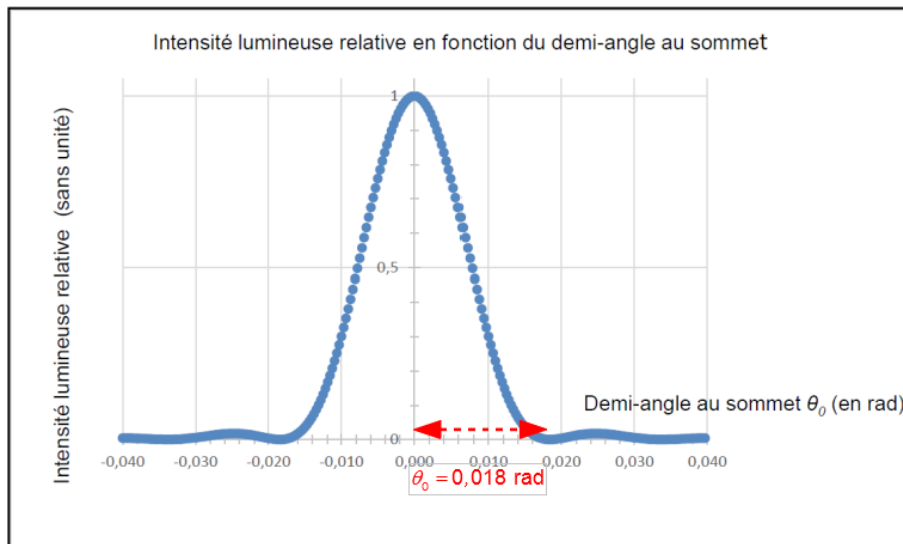
2. Partie 2 : Étude de la diffraction par la poudre de cacao (1,5pt)

- 2.1. En utilisant un montage proche de celui donné ci-dessus, on réalise l'expérience sur un échantillon de poudre de cacao. Sachant que les grains de cacao sont assimilés à des sphères, justifier le fait qu'on observe une figure de diffraction identique à celle obtenue avec un trou circulaire.

Le grain sphérique se comporte comme un obstacle circulaire et donne donc la même figure de diffraction qu'un trou de même dimension (tout comme une fente et un fil de mêmes dimensions donnent la même figure de diffraction). (0,5pt)

- 2.2. Après traitement informatique des résultats expérimentaux lors du contrôle d'un échantillon de poudre de cacao, on obtient le graphe ci-dessous donnant l'intensité lumineuse relative sur l'écran en fonction du demi-angle θ_0 . Peut-on utiliser cet échantillon pour un chocolat de couverture ?

D'après la courbe fournie, $\theta_0 = 0,018 \text{ rad}$



Or $\sin \theta_0 = \frac{1,22 \cdot \lambda}{a}$ donc $a = \frac{1,22 \cdot \lambda}{\sin \theta_0}$

$$a = \frac{1,22 \times 635 \times 10^{-9}}{\sin(0,018)} = 4,3 \times 10^{-5} \text{ m} = 43 \text{ } \mu\text{m}$$

D'après le document 2, ces grains sont trop gros pour être utilisés comme chocolat de couverture dont le diamètre moyen vaut $a = 10 \text{ } \mu\text{m}$. (1pt)