Baccalauréat général

Session 2021 – (Asie 2) - Bac 2021

Épreuve de Physique-Chimie

Sujet de spécialité — Proposition de corrigé Sujet 2

Ce corrigé est composé de 11 pages

EXERCICE 1 - Commun à tous les candidats :

L'urée et la synthèse de l'acide barbiturique

1. $$H_3C - H_2C \boxed{\begin{matrix} & O \\ & \| \\ O - & C \end{matrix}} CH_2 \boxed{\begin{matrix} O & \\ \| & \\ C & - O \end{matrix}} CH_2 - CH_3$$
2. Les deux groupes caractéristiques identifiés sont des carboxyles, la famille est l'ester.

Synthèse de l'acide balbiturique

3. Le chauffage à reflux permet de limiter la perte de matière et d'accélérer la réaction.
4. Comme l'acide balbiturique est peu soluble dans l'eau froide et que la forme acide prédomine sur la forme basique dans un milieu acide, il se solidifie en cristaux blanc.

5. D'après l'équation de la réaction, si les réactifs sont apportés en quantité stœchiométrique :

$$\frac{n(CH_4N_2O)_i}{1} = \frac{n(C_7H_{12}O_4)_i}{1}$$

Or, $\frac{n(CH_4N_2O)_i}{1} = \frac{m(CH_4N_2O)_i}{M(CH_4N_2O)_i} = 0{,}025\ mol$

Et, $\frac{n(C_7H_{12}O_4)_i}{1} = \frac{m(C_7H_{12}O_4)_i}{M(C_7H_{12}O_4)_i} = \frac{\rho \times V}{M(C_7H_{12}O_4)_i} = \frac{1{,}05 \times 6{,}5}{160{,}6} \approx 0{,}043\ mol$

Donc comme $\frac{n(CH_4N_2O)_i}{1} < \frac{n(C_7H_{12}O_4)_i}{1}$, on en conclut que l'urée est le réactif limitant tel que : $x_{max} = 0{,}025\ mol$

6. $m_{bth} = n_{bth} \times M(A) \Longrightarrow d'après\ l'équation\ de\ la\ réaction\ m_{bth} = x_{max} \times M(A)$

$$m_{bth} = 0{,}025 \times 128{,}0 = \boxed{\mathbf{3{,}2\ g}}$$

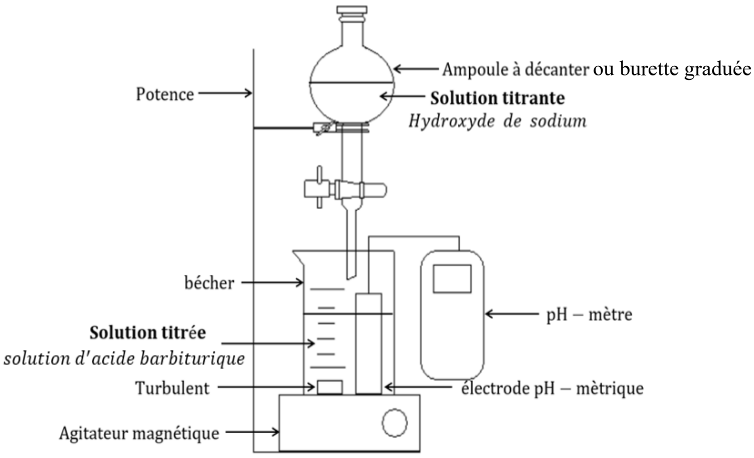
7. $\eta = \frac{m_b}{m_{bth}} = \frac{2{,}6}{3{,}2} \approx 0{,}81 \Longrightarrow 81\%$

On en conclut que la synthèse a un rendement de 81%. La perte de matière peut s'expliquer par des erreurs de manipulations, l'évaporation de la matière lors du chauffage, la perte de matière lors de la cristallisation ou des filtrations successives.

Pour augmenter le rendement, il peut s'agir de déplacer l'équilibre de la réaction afin de la rendre totale. On peut pour cela éliminer progressivement l'éthanol.

Contrôle de la pureté en acide barbiturique du produit recristallisé

8. $HA_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow A^-_{(aq)} + H_2O_{(aq)}$



9.

10. L'équivalence du titrage est atteinte lorsque l'on a réalisé un mélange stœchiométrique, les réactifs sont alors totalement consommés.

11. **D'après l'équation de réaction,** $\frac{\boldsymbol{n(HA)_i}}{\mathbf{1}} = \frac{\boldsymbol{n(HO^-)_{eq}}}{\mathbf{1}}$

$$\boldsymbol{m(HA)i = n(HO^-)_{eq} \times M(HA)_i = V_{eq} \times C_b \times M(HA)_i}$$
$$\boldsymbol{= 15,6 \times 10^{-3} \times 5,00 \times 10^{-1} \times 128,1 = 9,99 \times 10^{-1}\ g}$$

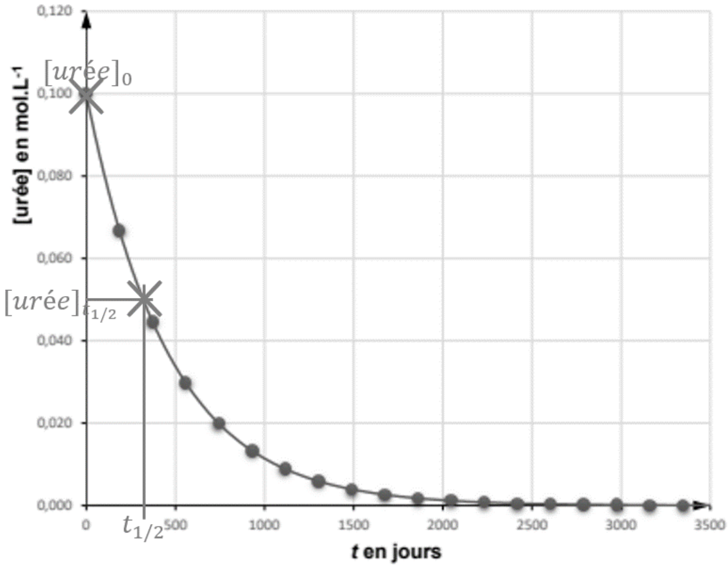
12. $\frac{m(HA)_i}{m(HA)_{th}} = \frac{9{,}99\times10^{-1}}{1{,}00} \approx 0{,}999 \Longrightarrow \boxed{99{,}9\%}$

La recristallisation est donc **satisfaisante** car le solide contient 99,9% d'acide barbiturique.

Partie 2 – Étude de la cinétique de l'hydrolyse de l'urée

13. D'après l'annexe 1, au bout de 2500 jours, la concentration en urée est nulle, donc au moins l'un des réactifs est entièrement consommé. La réaction est totale.

14. D'après l'annexe 1, la réaction dure plus longtemps que quelques secondes, on en conclut que c'est une réaction lente.



15.

La concentration initiale est l'ordonnée du premier point soit $[urée]_0 = 0{,}100\ mol.L^{-1}$.

Le temps de demi-réaction est la durée nécessaire pour que la moitié du réactif limitant (l'urée car l'eau est en excès) soit consommé. Ainsi $[urée]_{t_{1/2}} = 0{,}050\ mol.L^{-1}$ On regarde l'abscisse correspondante au point d'intersection avec la courbe, on observe que $t_{1/2} = 300\ Jours$

16. D'après les paramètres cinétiques déterminés pour l'urée, il est improbable d'utiliser une telle réaction en laboratoire car elle serait trop lente sans catalyseur ou facteur cinétique.

17. Par définition : $v_{D(urée)} = -\frac{d[urée]_t}{dt}$

18. D'après la figure 2. On observe que la vitesse de disparition de l'urée est proportionnelle (car droite passant par l'origine) à la concentration en urée telle que : $v_{D(urée)} = k[urée]_t$, elle suit donc une loi de vitesse d'ordre 1.

19. $k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{0{,}0002-0}{0{,}088-0} = 2{,}27 \times 10^{-3}\ j^{-1}$

20. L'uréase est dégradée et régénérée au cours de cette hydrolyse, il s'agit donc d'un catalyseur enzymatique.

21. Sans catalyseur : $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{2{,}2\times10^{-3}} \approx 315\ J \approx 3{,}2 \times 10^2\ J$

Avec catalyseur : $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{8{,}0\times10^9} \approx \mathbf{8{,}7 \times 10^{-11} J \Rightarrow 7{,}5 \times 10^{-6} s}$

En conclusion, on peut dire que l'utilisation de l'uréase comme catalyseur enzymatique permet la réalisation de cette hydrolyse en laboratoire car celle-ci est rendue **rapide**.

EXERCICE A - Cave à vin :

Partie 1 – Evolution de la température - Durée du refroidissement

1. Pour $\{vin + bouteille\}$, le transfert énergétique n'est constitué que d'un transfert thermique d'après la situation décrite, donc d'après la première loi de la thermodynamique :

$$\Delta U = Q + W \Longrightarrow \boxed{\Delta U = Q}\ [1]\ car\ W = 0\ J$$

2. Par définition, $\Phi = \frac{Q}{\Delta t} \Leftrightarrow \boxed{\underbrace{\boldsymbol{Q}}_{en\,J} = \underbrace{\boldsymbol{\Phi}}_{en\,J.s^{-1}} \times \underbrace{\boldsymbol{\Delta t}}_{en\,s}}$ [2]

3. Comme, $\Delta U = C \times \Delta T$ Alors d'après [1] $Q = C \times \Delta T$

D'après [2] il vient : $C \times \Delta T = \Phi \times \Delta t \Leftrightarrow \boxed{\boldsymbol{\Phi} = \frac{\boldsymbol{C \times \Delta T}}{\boldsymbol{\Delta t}}}$

4. En appliquant la loi de Newton au système incompressible, alors :

$$-\mathrm{h} \times \mathrm{S} \times (\mathrm{T} - \mathrm{T_{air}}) = \frac{C \times \Delta T}{\Delta t} \Leftrightarrow \frac{\boldsymbol{\Delta T}}{\boldsymbol{\Delta t}} = -\frac{\boldsymbol{hS}}{\boldsymbol{C}}(\boldsymbol{T} - \boldsymbol{T_{air}})$$

Or lorsque Δt tend vers 0, la limite de $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ est le dérivé de T par rapport au temps t notée $\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t}$,

Il vient :

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t} = -\frac{hS}{C}(T - T_{air}) \Leftrightarrow \boxed{\frac{\mathbf{d}\boldsymbol{T}}{\mathbf{d}\boldsymbol{t}} = -\frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{\tau}}(\boldsymbol{T} - \boldsymbol{T_{air}})}\ avec\ \underbrace{\tau}_{en\,J} = \frac{\underbrace{C}_{J.K^{-1}}}{\underbrace{h}_{m^{-2}.K^{-1}}\ \underbrace{S}_{m^2}}$$

5. Graphiquement on peut lire que $T_0 = 294{,}8K$, $T_{air} = 286\ K$

6. La température souhaitée est 13°C soit 286 K (13 + 273). Graphiquement on peut lire que cette température est atteinte au bout de 37 000 s soit 10 h 18 min.

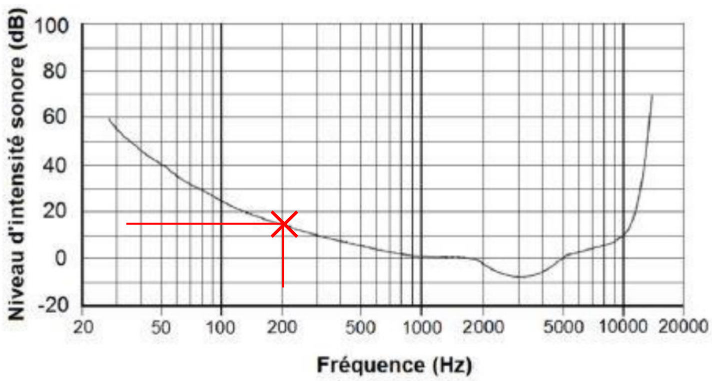
Partie 2 – Cave à vin et niveau d'intensité sonore

7. Comme $L = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ $donc\ si\ L' = 10\log\left(\frac{2I}{I_0}\right)$ $alors\ L' = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) + 10\log(2) = L + 3\ dB.$

On en conclut que lorsque l'intensité sonore double, le niveau d'intensité sonore augmente de 3dB. Ainsi, de l'addition de deux sources de 42 dB résulte un niveau d'intensité sonore de 45 dB.

8. Derrière la cloison, d'après la caractéristique d'atténuation pour une fréquence de 200 Hz le niveau d'intensité sonore subit une atténuation de 25 dB

$$L_{Cloison} = L' - 25 = 45 - 25 = 20\ dB$$

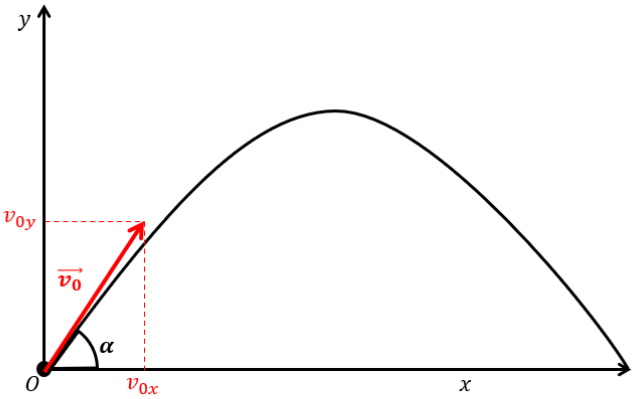


Or d'après le graphique à 200 Hz, le seuil d'audibilité est de 15 Hz, donc le signal sonore de 20 Hz émis par les deux caves serait audible par les clients.

EXERCICE B - « Water bottle flip »:

$\{Bouteille + eau\}$

Recherche des conditions initiales sur la vitesse



1.
2.
   - Hauteur de la bouteille sur le schéma : 2,7 cm
     - Hauteur " réelle : 18,8
   - Longueur G_0G_1 sur le schéma : 2,1 cm
     - Hauteur "' réelle : $G_0G_1 = \frac{18,8}{2,7} \times 2,1 \times 10^{-2} = 14,6 \times 10^{-2} m$

   Donc, $v_0 = \frac{G_0G_1}{\Delta t} = \frac{14,6\times10^{-2}}{40\times10^{-3}} = 3,65 \approx 3,7\ m.s^{-1}$ ce qui est très proche de 3,6 $m.s^{-1}$
3. Projetons les coordonnées de G1 sur les axes x et y,
   - Sur l'axe x : $G1_x = 1,0\ cm$
   - Sur l'axe y : $G1_y = 1,7\ cm$

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{OG1_y}{OG1_x}\right) = \operatorname{atan}\left(\frac{1,7}{1,0}\right) \approx 59,5° \approx 60°$$

Modélisation du déplacement du centre de masse

4. Comme le mobile n'est soumis qu'à la force de gravitation, d'après la deuxième loi de Newton, il vient : $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m.\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m.\vec{a}$

$$m.\vec{g} = m.\vec{a}$$
$$\vec{a} = \vec{g}$$
$$\boxed{\boldsymbol{\vec{a}(t)}\begin{cases} \boldsymbol{a_x(t) = 0} \\ \boldsymbol{a_y(t) = -g} \end{cases}}$$

5. Cherchons une primitive du vecteur accélération de tel que :

$$F(t) = \vec{v}(t)\begin{cases} v_x(t) = C_1 \\ v_y(t) = -gt + C_2 \end{cases} or\ \overrightarrow{v_0}\begin{cases} v_{0x} = v_0 \times \cos(\alpha) = C_1 \\ v_{0y} = v_0 \times \sin(\alpha) = C_2 \end{cases}$$

$$D'où\ \boxed{\boldsymbol{\vec{v}(t)}\begin{cases} \boldsymbol{v_x(t) = v_0 \times \cos(\alpha)} \\ \boldsymbol{v_y(t) = -gt + v_0 \times \sin(\alpha)} \end{cases}}$$

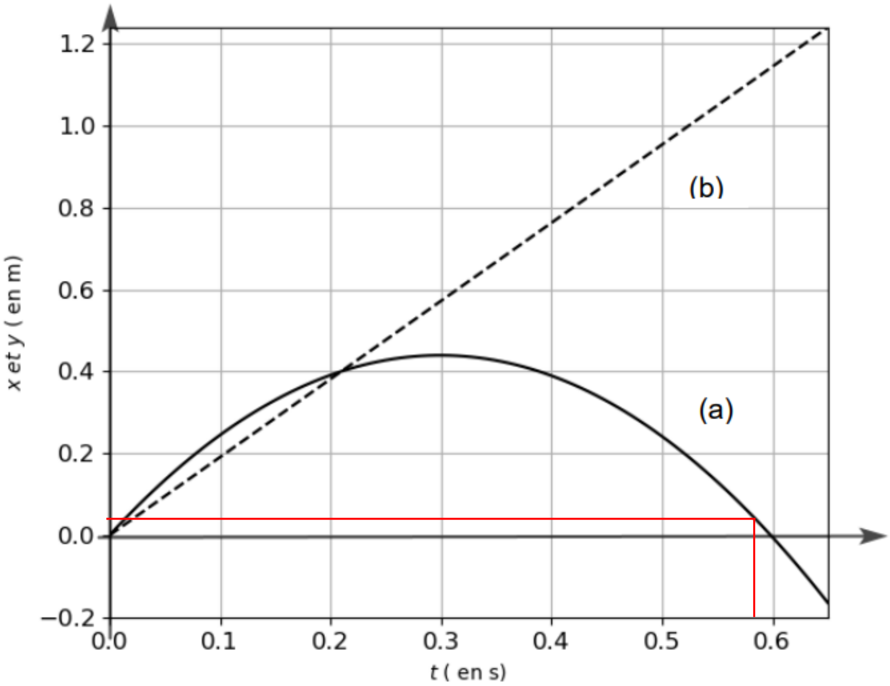
Cherchons une primitive du vecteur vitesse de tel que :

$$F(t) = \overrightarrow{OG}(t)\begin{cases} x(t) = \boldsymbol{v_0} \times \boldsymbol{\cos(\alpha)} \times \boldsymbol{t} + C_3 \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \times \sin(\alpha) \times t + C_4 \end{cases} or\ \overrightarrow{v_0}\begin{cases} OG_0 = 0 = C_3 \\ OG_0 = 0 = C_4 \end{cases}$$

$$D'où\ \boxed{\overrightarrow{OG}(t)\begin{cases} x(t) = v_0 \times \cos(\alpha) \times t \\ y(t) = -\dfrac{1}{2}gt^2 + v_0 \times \sin(\alpha) \times t \end{cases}}$$

6. L'évolution de y en fonction de t est décrite par une fonction polynôme du second degré, il s'agit donc de la courbe (a). Tandis que x(t) décrit une droite qui passe par l'origine, il s'agit de (b).

7. $y = -0{,}5 * g * t ** 2 + \boxed{v_0 * \sin(alpha * pi\ /\ 180)} * t$



8. La durée du mouvement peut être estimée à 0,58 s selon la modélisation.

9. Il est possible que l'angle de tir α ne soit pas respecté ($\neq$ 59°). Négliger les frottements avec l'air lors de la modélisation apporte aussi des imprécisions, tout comme le mouvement de l'eau dans la bouteille.

10. Graphiquement, nous observons que la distance à laquelle la bouteille tombe sur la table par rapport à l'origine du repère est de 1,16 m (ordonnée de $x(0{,}58)$). Tandis qu'en réalité la distance de chute sera proche de 0,95 m (ordonnée de $x(0{,}50)$).

EXERCICE C - Une lunette d'amateur pour voir des étoiles doubles :

Estimation de la valeur de la distance focale de l'objectif commercial à l'aide de la lunette modélisée

1. Comme le foyer image F_1' de l'objectif est confondu avec le foyer F_2 de l'oculaire, il se forme d'un objet à l'infini une image à l'infini. C'est un système qui ne comporte pas de foyer, il est donc afocal.
2. $O_1O_2 = f_1' + f_2'$
3. D'après l'énoncé : $O_1O_2 = 56\ cm$
   Il y a deux oculaires : soit $f_2' = 0{,}6\ cm$ soit $f_2' = 1{,}2\ cm$
   Or $f_1' = O_1O_2 - f_2'$
   $$Donc\ \boxed{soit\ f_1' = 56 - 0{,}6 = 55{,}4\ cm\ soit\ f_1' = 54{,}8\ cm}$$

Estimation de la valeur du grossissement commercial

4. **____ : en rouge sur l'annexe**
5. $$\boxed{\tan(\alpha) = \frac{A_1B_1}{f_1'}}$$
6. **____ : en bleu sur l'annexe**
7. **____ : en violet sur l'annexe**
   $$\boxed{\tan(\alpha') = \frac{A_1B_1}{f_2'}}$$
8. $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ Or si on suppose que $\tan(\alpha) = \alpha\ et\ \tan(\alpha') = \alpha'$ alors
   $$\alpha = \frac{A_1B_1}{f_1'}\ et\ \alpha' = \frac{A_1B_1}{f_2'}\ d'où$$
   $$G = \frac{A_1B_1}{f_2'} \times \frac{f_1'}{A_1B_1}$$
   $$\boxed{G = \frac{f_1'}{f_2'}}$$
9. Comme G est inversement proportionnelle à f_2', plus f_2' est petit par rapport à f_1' plus G est grand.
10. L'expression « Grossissement jusqu'à 100 × » n'est pas pertinente car le grossissement G peut prendre deux valeurs :
   $$G = \frac{55{,}4}{0{,}60} \approx \boxed{92}\ ou\ G = \frac{54{,}8}{1{,}2} \approx \boxed{46}$$
   Or, aucune de ces valeurs indique un grossissement de 100.

Observation d'étoiles doubles

11. *Avec l'oculaire à la plus grande focale (1,2 cm) : on observe 1 seul point lumineux car le diamètre apparent de l'image est le plus petit.*
   $$\theta < 3{,}0 \times 10^{-4}\ rad$$

Donc comme, $\alpha = \frac{\theta}{G}$

$$\alpha < \frac{3{,}0 \times 10^{-4}}{46} \approx 6{,}5 \times 10^{-6}\ rad$$

Avec l'oculaire à la plus petite focale (0,6 cm) : on observe deux points lumineux car le diamètre apparent de l'image est le plus grand.

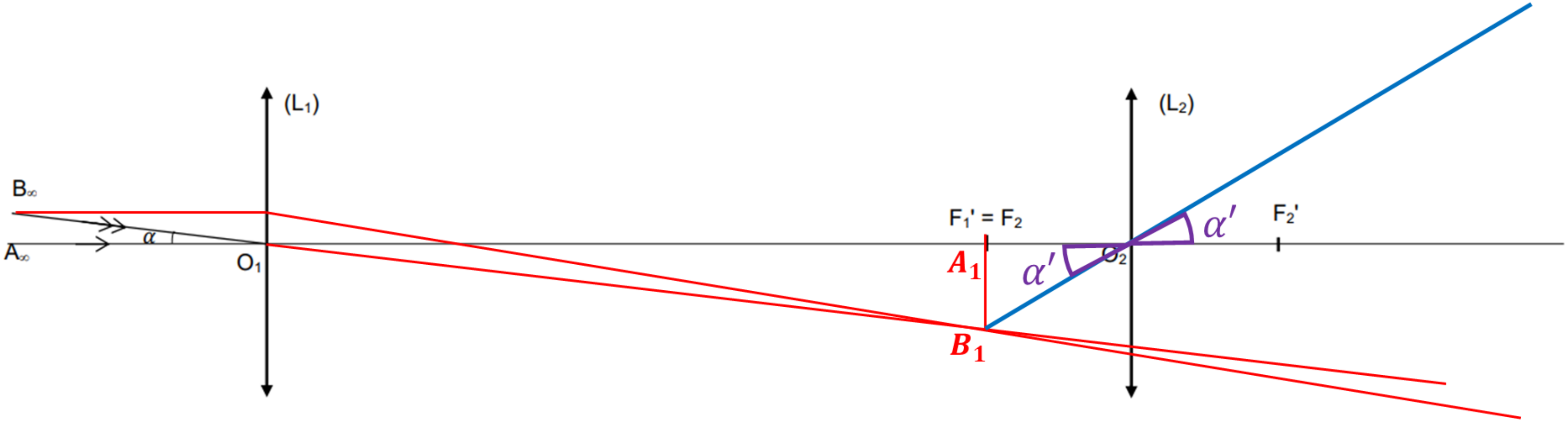
$$\theta > 3{,}0 \times 10^{-4}\ rad$$

Donc comme, $\alpha = \frac{\theta}{G}$

$$\alpha > \frac{3{,}0 \times 10^{-4}}{92} \approx 3{,}3 \times 10^{-6}\ rad$$

D'où, $\boxed{\mathbf{3,3 \times 10^{-6}\ rad < \alpha < 6,5 \times 10^{-6}\ rad}}$

ANNEXE 2 relative à l'exercice C à RENDRE AVEC LA COPIE



GRANDIDIER Laëtitia
pour le site www.sujetdebac.fr