Correction du Bac Blanc – Spécialité

I- Allumage progressif d'une lampe

1. Influence d'une bobine dans un circuit électrique

1.1. La lampe L_1 est en série avec un conducteur ohmique, elle s'allume immédiatement à la fermeture de l'interrupteur.
La lampe L_2 est en série avec une bobine, elle s'allume avec retard car la bobine s'oppose transitoirement à la variation du courant électrique dans la branche qui la contient.

1.2.1. Lorsque le régime permanent est établi, la bobine se comporte comme un conducteur ohmique. Tout se passe alors comme si cette portion de circuit était constituée de l'association en série d'un conducteur ohmique de résistance r et d'une lampe de résistance R_{Lampe}. La résistance de cette association est $R = r + R_{Lampe}$.
La tension aux bornes de cette association est E_1.
D'après la loi d'Ohm, l'intensité du courant a donc pour valeur $I = \frac{E_1}{R} = \frac{E_1}{r+R_{Lampe}}$.

1.2.2. Lorsque le régime permanent est établi, chaque lampe est traversée par un courant de même intensité car la résistance r de la bobine est égale à la résistance R_1 du conducteur ohmique et car les deux lampes sont identiques.
Les intensités étant les mêmes, les luminosités sont les mêmes.

1.3.1. La constante de temps a pour expression : $\tau = \frac{L}{R_{tot}} = \frac{L}{r+R}$.

1.3.2. Pour une bobine idéale $u_L = L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ donc $L = \frac{u_L}{\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}}$.

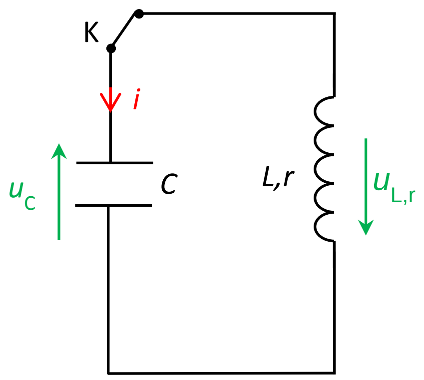
• L'inductance L d'une bobine s'exprime donc en H = V·s·A⁻¹.
• D'après la loi d'Ohm, pour un conducteur ohmique de résistance R on a $u_R = R\,i$ donc $R = \frac{u_R}{i}$.
La résistance R d'un conducteur ohmique s'exprime donc en Ω = V·A⁻¹.
• La constante de temps $\tau = \frac{L}{r+R}$ s'exprime donc en H·Ω⁻¹=V·s·A⁻¹·V⁻¹·A = s, c'est une durée.

1.3.3. $\tau = \frac{L}{r+R_{Lampe}} = \frac{1{,}2}{10+10} = 0{,}060$ s

1.3.4. La durée nécessaire pour atteindre la luminosité maximale est de 5τ soit 5 × 0,0 60 s = 0,30 s.
Le phénomène est détectable par un observateur car l'œil est capable de distinguer deux phénomènes consécutifs séparés d'au moins 0,1 s.

2. Vérification de la valeur de l'inductance L de la bobine utilisée

2.1. Lorsque le condensateur se décharge dans la bobine (commutateur K en position 2) le circuit peut être représenté comme ci-dessous.



D'après la loi d'additivité des tensions, on a alors : $u_C + u_{L,r} = 0$

Soit $u_C + L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + ri = 0$

Or $i = C\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$

Donc $u_C + L\frac{\mathrm{d}\left(C\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}\right)}{\mathrm{d}t} + rC\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = 0$

Soit $u_C + LC\frac{\mathrm{d}^2u_C}{\mathrm{d}t^2} + rC\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = 0$.

2.2. L'amortissement est du à des pertes d'énergie par effet Joule car le circuit possède une résistance (bobine, fils de connexion).

2.3. Pour que les oscillations ne soient pas amorties il faut « supprimer » la résistance dans le circuit. Pour cela il faut utiliser ajouter un dispositif électronique qui compense les pertes d'énergie par effet Joule.

2.4. S'il n'y a plus de résistance on a : $u_C + LC\frac{\mathrm{d}^2u_C}{\mathrm{d}t^2} = 0$

2.5. La solution de cette équation est une fonction sinusoïdale du temps dont l'amplitude est constante.
Ce peut être : $u_C = \mathrm{U}_m \cos\left(\frac{2\pi t}{T_0}\right)$ ou $u_C = \mathrm{U}_m \sin\left(\frac{2\pi t}{T_0} + \varphi\right)$

2.6.1. Sur le graphique on lit : $4\,T = 0{,}188$ s donc $T = \frac{0{,}188}{4} = 0{,}047$ s.

2.6.2. $T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{L\,C}$ donc $L \approx \frac{T^2}{4\pi^2 C} = \frac{0{,}0470^2}{4\pi^2 47\times10^{-6}} = 1{,}2$ H.
Le résultat obtenu est cohérent avec celui donné dans le paragraphe 1.

3. Étude expérimentale de la luminosité d'une lampe dans un circuit électrique contenant une bobine.

3.1. branchement de Y1 en B
branchement de Y2 en C
branchement de M en A

3.2.1 Loi d'additivité des tensions : $u_{CA} = u_{CB} + u_{BA}$
Donc $u(t) = u_{CB} = u_{CA} - u_{BA}$

3.2.2. Aux bornes d'un conducteur ohmique on peut appliquer la loi d'Ohm :
$$u_{BA} = R_0 i$$
Donc $i(t) = \frac{u_{BA}}{R_0}$

3.2.3. Puissance : $p(t) = u(t) \times i(t) = (u_{CA} - u_{BA})\frac{u_{BA}}{R_0}$

3.3. En régime permanent, l'intensité du courant dépend de la résistance totale du circuit, plus cette résistance est faible et plus l'intensité est grande. Une faible résistance pour le conducteur ohmique permet donc d'avoir un éclat plus important.

3.4. Le réveil se produira lorsque $p = \frac{90}{100}p_{max} = \frac{90}{100} \times 3{,}25 = 2{,}9$ W.
Graphiquement on constate que cela correspond à une date t = 0,16 s.

3.5. Cette durée est trop faible pour un réveil en douceur avec une « lampe à diffusion douce ».
Il faudrait augmenter cette durée, donc augmenter la constante de temps du circuit et donc augmenter l'inductance ou diminuer la résistance totale.

II- Un engrais à utiliser avec modération : le nitrate d'ammonium

A- Vérification du pourcentage en masse de l'élément azote dans l'engrais

1. Étude de la réaction de titrage

1.1. On peut écrire $NH_4^+{}_{(aq)} = NH_{3(aq)} + H^+{}_{(aq)}$; l'ion ammonium cède un proton H^+, c'est donc un acide selon Brönsted.

1.2.1 Équation chimique		$NH_4^+{}_{(aq)}$ +	$HO^-{}_{(aq)}$ =	$NH_{3(aq)}$ +	$H_2O_{(l)}$
État du système	**Avancement (mol)**	**Quantités de matière (mol)**			
État initial	**0**	n = C.V	$n_1 = C_1.V_1$	0	Beaucoup
État au cours de la transformation	**x**	C.V – x	$C_1.V_1 - x$	x	Beaucoup
État final si la transformation est totale	$\mathbf{x_{max}}$	C.V – x_{max}	$C_1.V_1 - x_{max}$	x_{max}	Beaucoup
État final réel	$\mathbf{x_f}$	C.V – x_f	$C_1.V_1 - x_f$	x_f	Beaucoup

1.2.2 quantité de matière d'ions ammonium introduite n = C.V,
n = 0,0300×0,10 = **3,0×10⁻³ mol**
quantité de matière d'ions hydroxyde introduite $n_1 = C_1.V_1$,
n_1 = 0,0150×0,10 = **1,5×10⁻³ mol**

1.2.3 $[H_3O^+{}_{(aq)}]_f = 10^{-pH}$ et $K_e = [H_3O^+{}_{(aq)}]_f.[HO^-{}_{(aq)}]_f$
soit $[HO^-{}_{(aq)}]_f = \frac{K_e}{\left[H_3O^+_{(aq)}\right]} = \frac{K_e}{10^{-pH}}$

$[HO^-{}_{(aq)}]_f = \frac{n_{HO^-\ finale}}{V + V_1}$ donc $n_{HO^-\ finale} = [HO^-{}_{(aq)}]_f\ .\ (V+V_1)$

$$\boxed{n_{HO^-\ finale} = \frac{K_e}{10^{-pH}}\ .\ (V+V_1)}$$

$n_{HO^-\ finale}$ = $(1{,}0.10^{-14} / 10^{-9.2}).(30{,}0 + 15{,}0).10^{-3}$ = **7,1×10⁻⁷ mol** d'ions hydroxyde

Avancement final ?

$n_{HO^-\ finale} = n_{HO^-\ initiale} - x_f = n_1 - x_f$

$$\boxed{x_f = n_1 - n_{HO^-\ finale}}$$

$\mathbf{x_f}$ = 1,5×10⁻³ – 7,2×10⁻⁷ = **1,5×10⁻³ mol**

1.2.4 Si les ions ammonium correspondent au réactif limitant, $C.V - x_{max} = 0$
soit $x_{max} = C.V$ $\quad x_{max} = 0{,}10 \times 30{,}0 \times 10^{-3} = 3{,}0 \times 10^{-3}$ mol

Si les ions hydroxyde correspondent au réactif limitant, $C_1.V_1 - x_{max1} = 0$,
soit $x_{max1} = C_1.V_1$ $\quad x_{max1} = 0{,}10 \times 15 \times 10^{-3} = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol

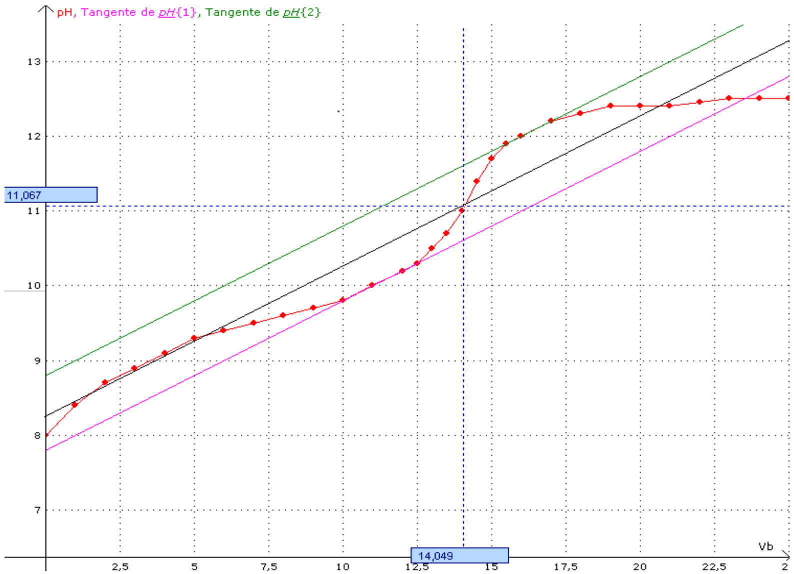
$x_{max1} < x_{max}$, les ions hydroxyde correspondent au réactif limitant
et $\quad \mathbf{x_{max} = 1{,}5 \times 10^{-3}}$ **mol**

1.2.5 $x_f = x_{max}$, donc la **transformation est totale**.

2. Titrage pH-métrique

2.1 L'équivalence correspond au changement de réactif limitant. À l'équivalence les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques. Ici on a versé autant d'ions hydroxyde qu'il y avait initialement d'ions ammonium.

2.2



Les coordonnées du point équivalent E sont (V_{BE} = 14 mL ; pH_E = 11,1)

2.3. L'ajout d'eau déminéralisée ne modifie pas la quantité d'ions NH_4^+ initialement présente dans le bécher. La quantité de soude à verser pour atteindre l'équivalence n'est donc pas modifiée.

2.4. On fait calculer la dérivée $\dfrac{dpH}{dv_B}$; V_{BE} correspond à l'abscisse de l'extremum de la courbe $\dfrac{dpH}{dv_B} = f(v_B)$

3. Détermination du pourcentage massique en élément azote dans l'engrais

3.1. À l'équivalence les réactifs sont totalement consommés, en utilisant le tableau d'avancement pour les quantités de réactifs mis en présence à l'équivalence :

$n_{NH_4^+\ finale} = 0$, soit $\quad n_0(NH_4^+) - x_{max} = 0$ soit $x_{max} = n_0(NH_4^+)$

$n_{HO^-\ finale} = 0$, soit $\quad n_e(HO^-) - x_{max} = 0$ soit $x_{max} = n_e(HO^-)$

Finalement $\mathbf{n_e(HO^-) = n_0(NH_4^+)}$

3.2. $n_0(NH_4^+) = C_B.v_{BE}$

$n_0(NH_4^+) = 0{,}400 \times 14 \times 10^{-3} = \mathbf{5{,}6 \times 10^{-3}}$ **mol** dans 20 mL de solution S

3.3. On a prélevé un volume V = 20 mL de la solution S, la fiole jaugée a un volume de 200 mL soit un volume 10 fois plus grand.

$n(NH_4^+) = 10 \times n_0(NH_4^+) = \mathbf{5{,}6 \times 10^{-2}}$ **mol** dans 200 mL de solution S

D'après l'équation de dissolution $NH_4NO_{3(s)} = NH_4^+{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$ considérée totale, une mole de nitrate d'ammonium conduit à l'apparition d'une mole d'ions ammonium : la quantité de nitrate d'ammonium est la même que $n(NH_4^+)$.
$\mathbf{n(NH_4NO_3) = n(NH_4^+) = 5{,}6 \times 10^{-2}}$ **mol**

3.4. Dans une mole de nitrate d'ammonium NH_4NO_3 il y a 2 moles d'azote, soit n(N) = 2 moles.
$n(N) = \dfrac{m(N)}{M(N)}$ donc $m(N) = n(N).M(N) = 2 \times 14{,}0 =$ **28,0 g d'azote** dans une mole de NH_4NO_3.

masse d'azote dans l'échantillon :
28 g $\Leftrightarrow$ 1 mole de NH_4NO_3
m g $\Leftrightarrow$ $5{,}6 \times 10^{-2}$ mol de NH_4NO_3
$m = 28{,}0 \times 5{,}6 \times 10^{-2} =$ **1,6 g d'azote** dans l'échantillon.

3.5. $\%(N) = \dfrac{m(N)}{m}$ $\qquad \%(N) = 1{,}6 / 4{,}8 = 33\%$

Le fabricant donne un pourcentage de 34,4%, ce qui fait un écart de relatif de 4%, l'indication donnée par le fabricant semble correcte.

B- Cinétique de la réduction des ions nitrate par des bactéries

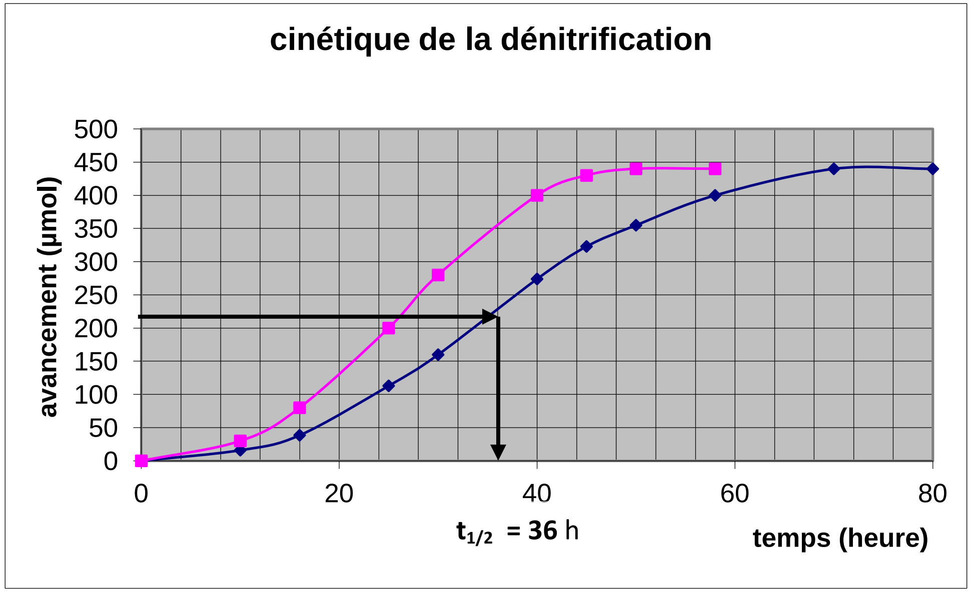
1.1. dx/dt est le coefficient directeur de la tangente à la courbe x = f(t) en un point donné.

1.2. D'après le graphique :
A t = 0 la tangente est quasiment horizontale, donc $(dx/dt)_{t=0}$ est presque nulle : la vitesse volumique est donc très faible.
Puis la vitesse augmente, passe par une valeur maximale aux alentours de 35 h, et diminue pour quasiment s'annuler à nouveau vers t = 80 h.

1.3. L'augmentation initiale de la vitesse de réaction est due à la multiplication rapide des bactéries. La population des bactéries augmentant, la dénitrification se fait plus rapidement.
Puis la vitesse diminue car le milieu s'appauvrit en réactifs et on sait que la concentration en ions NO_3^- est un facteur cinétique de la transformation.

2. Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement de la réaction est égal à la moitié de l'avancement final.
Graphiquement on lit x_f = 450 µmol , d'où $x(t_{1/2}) = x_f/2$ = 225 µmol ce qui donne $t_{1/2} \approx 36$ h

3. La température est un facteur cinétique qui augmente la vitesse de la transformation et la croissance de la population de bactéries : d'où l'allure de la nouvelle courbe x = g(t) à 40°C.



III- Modélisation d'un microscope sur banc optique

A. Étude de l'image donnée par l'objectif

A. 1. Soit A_1 l'image de A donnée par objectif (L_1) de centre optique O_1 et de distance focale f'_1.

D'après la relation de conjugaison des lentilles minces, on a : $\frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f'_1}$

D'où : $\overline{O_1A_1} = \frac{f'_1 \times \overline{O_1A}}{f'_1 + \overline{O_1A}}$

A.N. : $\overline{O_1A_1} = \frac{10{,}0 \times (-12{,}5)}{10{,}0 - 12{,}5} = \mathbf{50{,}0\ cm}$

L'image intermédiaire A_1B_1 se forme à 50,0 cm du centre optique de l'objectif L_1.

A. 2. D'après la relation de grandissement, on a : $\gamma_1 = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}}$

A.N. : $\gamma_1 = \frac{50{,}0}{-12{,}5} = -4{,}00$

Le grandissement de l'objectif est de **4,00**.

Or : $\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}$ d'où $\overline{A_1B_1} = \gamma_1 \times \overline{AB}$

A.N. : $\overline{A_1B_1} = -4{,}00 \times 5{,}0 = -20\ \text{mm} = -2{,}0\ \text{cm}$

La taille de l'image intermédiaire A_1B_1 est de **2,0 cm** (et cette image est renversée).

B. Étude de l'image donnée par l'oculaire

B. *Lorsque l''élève observe l'image définitive A'B' en regardant à travers l'oculaire, son œil n'accommode pas.*

B. 1. L'œil n'accommode pas (il ne se fatigue donc pas) lorsque ce qu'il observe se trouve à l'infini. Par conséquent, l'image définitive A'B' se forme à l'infini.

B. 2. Pour que l'image A'B' puisse se former à l'infini, l'image intermédiaire A_1B_1 doit être située dans le plan focal objet de l'oculaire L_2.

Donc : $\overline{O_2A_1} = \overline{O_2F_2} = -f'_2 = -20{,}0\ cm.$

C. Construction de la marche de rayons lumineux à travers le microscope

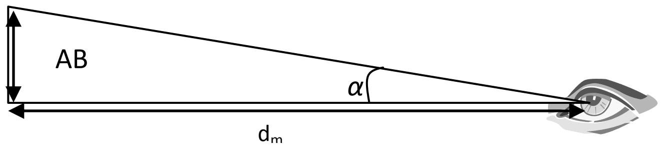
C. 1. Voir **la figure 1.**

C. 2. Voir **la figure 1**.

D. Détermination du grossissement du microscope

D. 1. $\tan\alpha \approx \alpha$ donc $\alpha \approx \frac{AB}{d_m}$

A.N. : $\alpha \approx \frac{5{,}0.10^{-3}}{0{,}25} =$ $\mathbf{2{,}0.10^{-2}\ \boldsymbol{rad}}$



Le diamètre apparent α de l'objet AB est de 2,0.10[-2] rad.

D. 2. D'après la figure 1 : $\alpha' \approx \frac{\mathrm{A_1B_1}}{f'_2}$ $(\tan\alpha' \approx \alpha')$

D. 3. D'après la formule du grossissement : $G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\mathrm{A_1B_1}}{f'_2 \times \alpha}$

A.N. : $G = \frac{2{,}0.10^{-2}}{20{,}0.10^{-2} \times 2{,}0.10^{-2}} = 5{,}0$

Le grossissement de ce microscope vaut **5,0**.

E. Cercle oculaire

E. 1. Le cercle oculaire est l'image de l'objectif donnée par l'oculaire.

E. 2. Voir **la figure 2 de l'annexe**.

E. 3. Notons CD le diamètre de l'objectif, C'D' le diamètre du cercle oculaire et O_1' le centre du cercle oculaire (image du centre optique O_1 de l'objectif donnée par l'oculaire).

D'après la relation du grandissement de l'oculaire : $\gamma_2 = \frac{\overline{\mathrm{C'D'}}}{\overline{\mathrm{CD}}} = \frac{\overline{\mathrm{O_2O'_1}}}{\overline{\mathrm{O_2O_1}}}$

D'où : $\overline{\mathrm{C'D'}} = \frac{\overline{\mathrm{O_2O'_1}}}{\overline{\mathrm{O_2O_1}}} \times \overline{\mathrm{CD}}$

avec $\overline{\mathrm{O_2O_1}} = \overline{\mathrm{O_2F_2}} + \overline{\mathrm{F_2F'_1}} + \overline{\mathrm{F'_1O_1}} = -f'_2 - \Delta - f'_1 = -20{,}0 - 40{,}0 - 10{,}0 = -70{,}0cm$

A.N. : $\overline{\mathrm{C'D'}} = \frac{28{,}0}{-70{,}0} \times (-6{,}0) = \mathbf{2{,}4\ cm}$

Le diamètre du cercle (étant de 2,4 cm) est supérieur au diamètre de la pupille de l'œil réduit utilisé. L'œil réduit ainsi placé ne peut donc pas recevoir toute la lumière qui traverse le microscope.

ANNEXE

Figure 1 : Construction des images A_1B_1 et A'B'

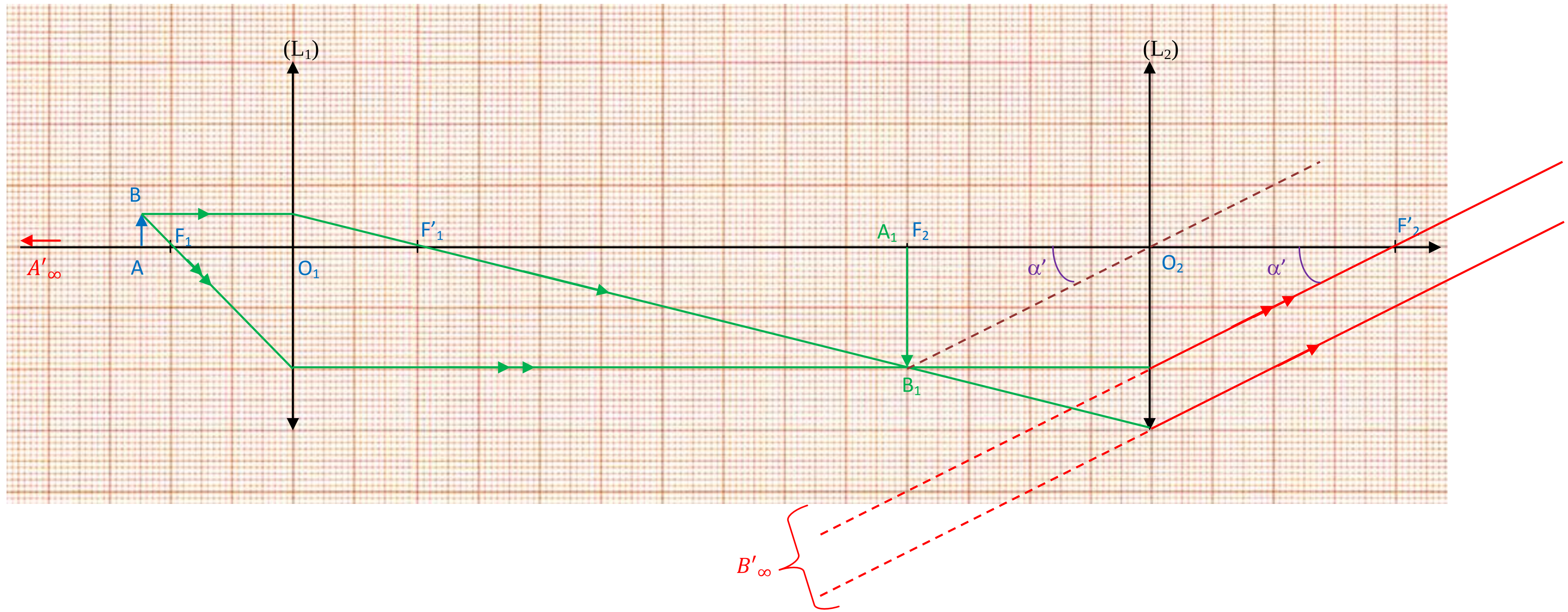


Figure 2 : Cercle oculaire *(le schéma ci-dessous a été réalisé sans souci d'échelle)*