Corrigé complet — Bac S 2003 Métropole rattrapage (ancien programme)

Physique-chimie, Bac S (épreuve écrite) **16 points** **3 h 30**

Ex 1	**La lumière une onde** Ondes mécaniques et ondes lumineuses · Diffraction par un fil · Écart angulaire et longueur d'onde · Lumière polychromatique · Indice de réfraction · Dispersion par un prisme	4 pts	52 min	14 questions	p. 2
Ex 2	**L'arôme de banane** Synthèse d'un ester · Catalyseur et facteurs cinétiques · Titrage acido-basique · Avancement et taux d'avancement final · Équilibre chimique · Optimisation d'une synthèse	6,5 pts	1 h 18	18 questions	p. 6
Ex 3	**Temps caractéristiques de quelques systèmes** Décroissance radioactive · Demi-vie · Circuit RC et constante de temps · Analyse dimensionnelle · Chute verticale avec frottements	5,5 pts	1 h 05	12 questions	p. 11
Ex 4	**Spécialité : Microscope optique** Lentille mince convergente · Relation de conjugaison · Image intermédiaire · Construction de rayons · Grandissement · Grossissement et diamètre apparent	4 pts	52 min	10 questions	p. 16

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

La lumière une onde

Bac S 2003 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1.1 Quelle erreur commet Huyghens en comparant la propagation de la lumière à celle des ondes mécaniques ?

Une onde mécanique (son, vague) a besoin d'un milieu matériel pour se propager. La lumière, elle, se propage aussi dans le vide.

Huyghens constate que la lumière traverse l'enceinte vide d'air, mais il lui attribue quand même un support matériel, l'éther.

L'erreur est de croire que la lumière a besoin d'un milieu matériel (l'éther) : elle se propage dans le vide.

COMPRENDRE
La lumière est une onde électromagnétique, pas une onde mécanique. L'éther n'a jamais été mis en évidence et l'idée a été abandonnée.

1.1.2 Citer deux propriétés générales des ondes que l'on peut retrouver dans le texte de Huyghens.

- « La lumière s'étend de toutes parts » : une onde se propage, à partir de la source, dans toutes les directions possibles.
- « Les ondes lumineuses se traversent l'une l'autre sans s'empêcher » : deux ondes se croisent sans se perturber.

Propagation dans toutes les directions offertes ; croisement de deux ondes sans perturbation.

COMPRENDRE
Une troisième propriété figure dans le texte et convient aussi : la propagation ne se fait pas « par le transport d'une matière ». Une onde transporte de l'énergie, pas de matière.

MÉTHODE
Pour une question sur un texte, citer entre guillemets le passage utilisé, puis le traduire avec le vocabulaire du cours.

1.2.1 La lumière du Soleil utilisée par Fresnel est-elle monochromatique ou polychromatique ?

La lumière solaire est une lumière blanche : elle est composée d'une infinité de radiations de fréquences (donc de couleurs) différentes.

La lumière du Soleil est **polychromatique**.

1.2.2 Le diamètre du fil a-t-il une importance pour observer la diffraction ? Si oui, quel doit être son ordre de grandeur ?

Oui : la diffraction est d'autant plus marquée que le fil est fin.

Pour qu'elle soit bien visible, le diamètre du fil doit se rapprocher de la longueur d'onde de la lumière, comprise entre 400 nm et 800 nm dans le visible. En pratique, un fil de quelques micromètres à quelques dizaines de micromètres convient.

Oui ; diamètre de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-5} m, le plus proche possible de λ.

PIÈGE
Ne pas écrire que le fil doit être plus petit que λ. Dans la partie 2, le fil le plus gros mesure $a = 10^{-4}$ m, soit près de 200 fois λ, et il diffracte.

2.1 Donner la relation entre L et D qui a permis de calculer θ pour chacun des fils.

Données utiles $D = 1{,}60$ m ; $\tan\theta \approx \theta$ (θ en radian)

Sur la figure 1, dans le triangle rectangle formé par le fil, le centre de la tache et son bord, le côté opposé à θ vaut $\frac{L}{2}$ et le côté adjacent vaut D :

$$\tan\theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$$

Comme θ est petit, $\tan\theta \approx \theta$.

$\theta = \frac{L}{2D}$ avec θ en radian, L et D dans la même unité.

PIÈGE
Oublier le facteur 2. L'angle θ est le demi-angle : il s'appuie sur la moitié de la tache centrale, pas sur sa largeur L entière.

2.2 Donner la relation liant θ, λ et a. Préciser les unités.

$\theta = \frac{\lambda}{a}$ avec θ en radian (rad), λ et a en mètre (m).

COMPRENDRE
Un rapport de deux longueurs est sans dimension, comme un angle en radian. Plus le fil est fin, plus θ est grand : la tache centrale s'élargit.

2.3 Montrer que la courbe $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ de la figure 2 est en accord avec l'expression de θ donnée en 2.2.

La courbe de la figure 2 est une droite qui passe par l'origine : θ est proportionnel à $\frac{1}{a}$, soit $\theta = k \times \frac{1}{a}$ avec k constant.

La relation de la question 2.2 s'écrit $\theta = \lambda \times \frac{1}{a}$: pour une lumière monochromatique, λ est constante, donc θ est bien proportionnel à $\frac{1}{a}$.

Droite passant par l'origine : θ proportionnel à $\frac{1}{a}$, en accord avec $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

PIÈGE
« C'est une droite » ne suffit pas. La proportionnalité exige une droite qui passe par l'origine : il faut écrire les deux.

2.4 Comment, à partir de la courbe précédente, pourrait-on déterminer la longueur d'onde λ ?

En identifiant $\theta = k \times \frac{1}{a}$ et $\theta = \lambda \times \frac{1}{a}$, on obtient $k = \lambda$.

λ est le coefficient directeur de la droite : on le calcule à partir d'un point de la droite.

MÉTHODE
Pour exploiter une loi en $\frac{1}{a}$, on trace la grandeur en fonction de $\frac{1}{a}$: on obtient une droite, dont le coefficient directeur donne la constante cherchée.

2.5 En utilisant la figure 2, préciser quelle est la longueur d'onde de la lumière utilisée : 560 cm ; 560 mm ; 560 µm ; 560 nm.

Données utiles figure 2 : θ en 10^{-2} rad, $\frac{1}{a}$ en 10^{4} m^{-1}

La droite passe par l'origine et par le point d'abscisse $\frac{1}{a} = 5{,}0 \times 10^{4}$ m^{-1} et d'ordonnée $\theta = 2{,}8 \times 10^{-2}$ rad.

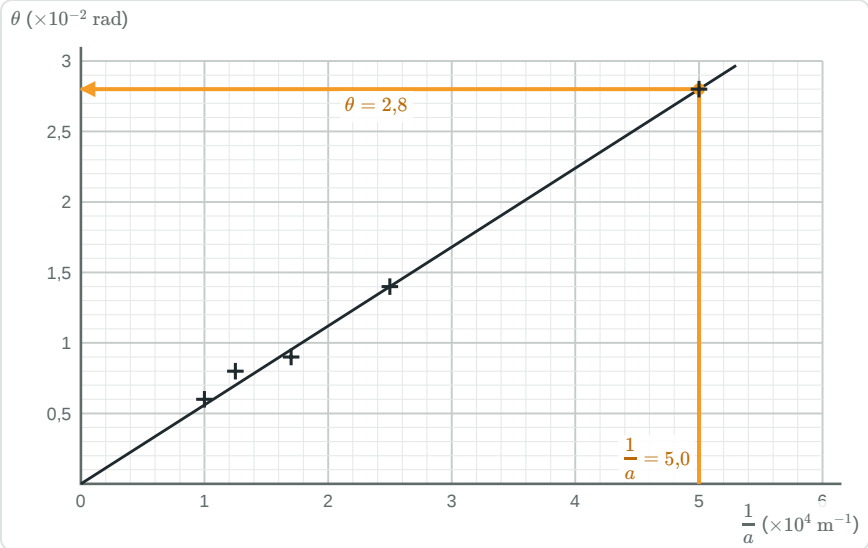
$$\lambda = \frac{\theta}{1/a} = \frac{2{,}8 \times 10^{-2}}{5{,}0 \times 10^{4}} = 5{,}6 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

Or $5{,}6 \times 10^{-7}\ \text{m} = 560 \times 10^{-9}\ \text{m}$.

$\lambda = 5{,}6 \times 10^{-7}$ m : la valeur à retenir est 560 nm.

PIÈGE
Oublier les puissances de dix des axes : $2{,}8 \div 5{,}0 = 0{,}56$ n'est pas λ. Il faut multiplier par $10^{-2} \div 10^{4} = 10^{-6}$.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les lectures graphiques. Sans calculer, seule 560 nm est dans le domaine visible (400 à 800 nm) : les autres valeurs sont absurdes pour un laser visible.



2.5 · Figure 2 du sujet, avec le point de la droite utilisé

MÉTHODE
Choisir un point de la droite tracée, loin de l'origine et sur un croisement du quadrillage, plutôt qu'un point de mesure.

2.6 En lumière blanche, on observerait des franges irisées. Justifier succinctement cet aspect à l'aide de la réponse à la question 2.2.

La lumière blanche contient toutes les radiations du visible. D'après $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$, pour un même fil, l'écart angulaire dépend de λ : la tache centrale du rouge est plus large que celle du bleu.

Chaque radiation donne donc sa propre figure de diffraction, de taille différente. Au centre, toutes les couleurs se superposent : on voit du blanc. Ailleurs, seules certaines radiations sont présentes : on voit des couleurs.

θ dépend de λ : les figures des différentes couleurs ne coïncident pas, d'où un centre blanc bordé de franges colorées.

COMPRENDRE
Le bord de la tache centrale est rougeâtre : le rouge ($\lambda \approx 800$ nm) est diffracté environ deux fois plus que le violet ($\lambda \approx 400$ nm) et s'étale donc plus loin.

3.1 Quelle caractéristique d'une onde lumineuse monochromatique est invariante quel que soit le milieu transparent traversé ?

La **fréquence** ν de l'onde (donc sa période) ne dépend pas du milieu traversé.

PIÈGE
Ne pas répondre « la longueur d'onde ». La célérité v change avec le milieu, donc $\lambda = \dfrac{v}{\nu}$ change aussi. C'est la fréquence, imposée par la source, qui caractérise la couleur.

3.2 Donner la définition de l'indice de réfraction n d'un milieu homogène transparent, pour une radiation de fréquence donnée.

L'indice de réfraction est le rapport de la célérité c de la lumière dans le vide à la célérité v de la radiation dans le milieu considéré.

$n = \dfrac{c}{v}$, grandeur sans unité.

COMPRENDRE
Comme $v \leqslant c$, on a toujours $n \geqslant 1$: $n = 1$ dans le vide (et pratiquement dans l'air), $n \approx 1{,}5$ dans le verre.

3.3 Rappeler la définition d'un milieu dispersif. Pour un tel milieu, l'indice de réfraction dépend-il de la fréquence de la radiation ?

Un milieu est dispersif si la célérité v d'une onde dans ce milieu dépend de sa fréquence.

Comme $n = \dfrac{c}{v}$ avec c constante, si v dépend de la fréquence, alors n en dépend aussi.

Milieu dispersif : v dépend de la fréquence ; oui, l'indice n dépend alors de la fréquence.

COMPRENDRE
Le vide n'est pas dispersif : toutes les radiations s'y propagent à la même célérité c. Le verre l'est : son indice est un peu plus grand pour le bleu que pour le rouge.

3.4 Expliquer succinctement, sans calcul, la phrase « Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière du faisceau qu'il reçoit ».

Données utiles $\sin(i_1) = n_v \sin(i_2)$; $n_a = 1$

Le verre est dispersif : son indice n_v dépend de la fréquence de la radiation (3.3).

Un faisceau de lumière polychromatique arrive sur le prisme : toutes ses radiations ont le même angle d'incidence i_1. D'après $\sin(i_2) = \dfrac{\sin(i_1)}{n_v}$, l'angle de réfraction i_2 dépend de n_v, donc de la fréquence.

Chaque radiation est donc déviée dans une direction différente : les couleurs, mélangées à l'entrée, sont séparées à la sortie.

n_v dépend de la fréquence, donc i_2 aussi : chaque couleur est déviée différemment et le prisme sépare les radiations.

PIÈGE
« Convenablement éclairé » signifie en lumière polychromatique. Une lumière monochromatique est déviée par le prisme, mais elle n'est pas décomposée.

COMPRENDRE
La seconde face du prisme accentue la séparation : chaque radiation y est de nouveau réfractée avec son propre indice. On obtient le spectre de la lumière.

L'arôme de banane

Bac S 2003 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1 Donner une des raisons qui peuvent conduire un industriel à préférer le composé artificiel.

Fabriquer l'acétate de butyle revient moins cher qu'extraire l'arôme du fruit.

Le composé artificiel a un **coût** plus faible que l'extrait naturel.

COMPRENDRE
Une seule raison est demandée. D'autres sont acceptables : production en grande quantité, indépendante des récoltes, composition constante d'un lot à l'autre.

2.1 À quelle famille de composés organiques appartient l'acétate de butyle ?

La molécule contient le groupe caractéristique $-CO-O-C$: un carbone doublement lié à un oxygène et simplement lié à un second oxygène, lui-même relié à une chaîne carbonée.

L'acétate de butyle appartient à la famille des **esters**.

PIÈGE
Confondre avec un acide carboxylique : dans un acide, le second oxygène porte un hydrogène ($-CO-OH$) ; ici, il porte un groupe butyle.

2.2 Reconnaître, parmi les composés proposés, l'acide carboxylique A et l'alcool B qui permettent la synthèse de l'ester E.

L'ester s'écrit $CH_3-CO-O-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$.

La partie CH_3-CO^- (deux atomes de carbone) provient de l'acide : A est l'acide éthanoïque CH_3-CO_2H.

La partie $-O-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ (quatre atomes de carbone) provient de l'alcool : B est le butan-1-ol $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$.

A : **acide éthanoïque** (acide acétique) ; B : **butan-1-ol**.

MÉTHODE
Dans le nom d'un ester, le premier mot (ici éthanoate) désigne l'acide d'origine, le second (butyle) désigne l'alcool. On coupe la molécule entre le carbone du groupe $C=O$ et l'oxygène voisin.

3.1 Indiquer pourquoi il faut placer initialement le becher dans un bain d'eau glacée.

La température est un facteur cinétique : à basse température, la transformation entre l'acide et l'alcool est extrêmement lente.

Le système n'évolue donc pratiquement pas pendant la préparation et la répartition du mélange.

Le froid **bloque la réaction** : elle ne démarre vraiment qu'à la date $t_0 = 0$ choisie par l'expérimentateur, lors du passage à 80 °C.

3.2 Justifier l'intérêt d'ajouter de l'acide sulfurique, sachant qu'il ne participe pas à la transformation étudiée.

L'acide sulfurique apporte des ions H^+ qui n'apparaissent pas dans l'équation de la réaction mais qui augmentent sa vitesse.

L'acide sulfurique est un **catalyseur** : il accélère la synthèse sans modifier l'état final.

PIÈGE
Écrire que le catalyseur « améliore le rendement ». Il permet d'atteindre plus vite l'état final, mais l'avancement final reste le même.

3.3 Écrire l'expression littérale de la quantité d'acide carboxylique A introduite dans un volume V_A.

Données utiles $\mu_A = 1{,}05\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $M_A = 60\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $V_A = 5{,}8\ \text{mL}$

La masse d'acide introduite est $m_A = \mu_A \times V_A$, et $n_A = \dfrac{m_A}{M_A}$, d'où :

$$n_A = \frac{\mu_A \times V_A}{M_A}$$

Vérification : $n_A = \dfrac{1{,}05 \times 5{,}8}{60} = \dfrac{6{,}09}{60} = 0{,}10\ \text{mol}$, valeur annoncée par l'énoncé.

$n_A = \dfrac{\mu_A \times V_A}{M_A}$ (soit 0,10 mol)

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme V_A et M_A. Les unités sont cohérentes : μ_A en $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ et V_A en mL donnent une masse en grammes, sans conversion.

3.4 Déterminer l'avancement maximal de la réaction dans ces conditions.

Données utiles $n_A = n_B = 0{,}10\ \text{mol}$

Équation : $\text{A} + \text{B} = \text{E} + \text{H}_2\text{O}$. À l'avancement x, il reste $n_A - x$ d'acide et $n_B - x$ d'alcool.

Le mélange est équimolaire et les nombres stœchiométriques de A et B valent 1 : les deux réactifs seraient épuisés en même temps si la transformation était totale.

$0{,}10 - x_{max} = 0$

$x_{max} = 0{,}10\ \text{mol}$

4.1 Quel est le rôle de l'indicateur coloré ?

L'indicateur coloré change de teinte lorsque l'acide dosé vient d'être entièrement consommé par la soude.

Son changement de couleur permet de **repérer l'équivalence** du titrage.

4.2 Justifier, sans calcul, l'évolution au cours du temps du volume de soude versé à l'équivalence.

La synthèse de l'ester consomme l'acide carboxylique : la quantité d'acide restant dans un tube diminue au cours du temps, il faut donc de moins en moins de soude pour le doser.

À partir de 60 min, la composition du système n'évolue plus : la quantité d'acide restant est constante.

V_{eq} **diminue** (de 10,0 mL à 3,3 mL) puis **reste constant** à 3,3 mL.

4.3 Définir l'équivalence correspondant au titrage de l'acide carboxylique par la soude.

L'équivalence est l'état du système pour lequel les réactifs titré et titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction de titrage : ils sont tous deux entièrement consommés.

À l'équivalence : $n(\text{RCO}_2\text{H})_{\text{dosé}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}}$

COMPRENDRE
L'équivalence marque aussi le changement de réactif limitant : avant, c'est l'ion hydroxyde versé ; après, c'est l'acide.

4.4 Pour un tube, exprimer la quantité d'acide carboxylique présent à la date t en fonction de c et V_{eq}.

À l'équivalence, la quantité d'ions hydroxyde versée est $n(\mathrm{HO^-}) = c \times V_{eq}$.

D'après l'équation du titrage, une mole d'acide réagit avec une mole d'ions hydroxyde, donc :

$$n_{A,\text{tube}}(t) = c \times V_{eq}$$

PIÈGE
V_{eq} doit être exprimé en litres puisque c est en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Le tableau le donne en millilitres.

4.5.1 Préciser la relation entre l'avancement de la réaction de synthèse et la quantité d'ester formé.

Dans l'équation $\mathrm{A + B = E + H_2O}$, le nombre stœchiométrique de l'ester vaut 1 et il n'y a pas d'ester à l'état initial.

$$n_E(t) = x(t)$$

4.5.2 Montrer qu'à une date t donnée, l'avancement de la synthèse vaut $x = 0{,}10 - 10 \cdot c \cdot V_{eq}$.

Données utiles $n_{A,\text{tube}} = c \times V_{eq}$ (4.4) ; quantité initiale d'acide : $0{,}10$ mol

Chaque tube contient un dixième du mélange : le mélange total renferme dix fois plus d'acide qu'un tube.

$n_A(t) = 10 \times c \times V_{eq}$

D'après l'équation de la synthèse, l'acide restant dans le mélange total est aussi $n_A(t) = 0{,}10 - x$.

En égalant les deux expressions : $0{,}10 - x = 10 \times c \times V_{eq}$

$x = 0{,}10 - 10 \cdot c \cdot V_{eq}$, avec x en mol et V_{eq} en L : relation attendue.

COMPRENDRE
Contrôle à $t = 0$: $V_{eq} = 10{,}0 \times 10^{-3}$ L donne $x = 0{,}10 - 10 \times 1{,}0 \times 10{,}0 \times 10^{-3} = 0$. Aucun ester n'est encore formé, ce qui est cohérent.

5.1 Déterminer graphiquement l'avancement final, puis montrer que le taux d'avancement final est inférieur à 1.

Données utiles $x_{max} = 0{,}10$ mol (3.4)

La courbe présente un palier horizontal à partir de 60 min environ. Son ordonnée donne l'avancement final : $x_f = 6{,}7 \times 10^{-2}$ mol.

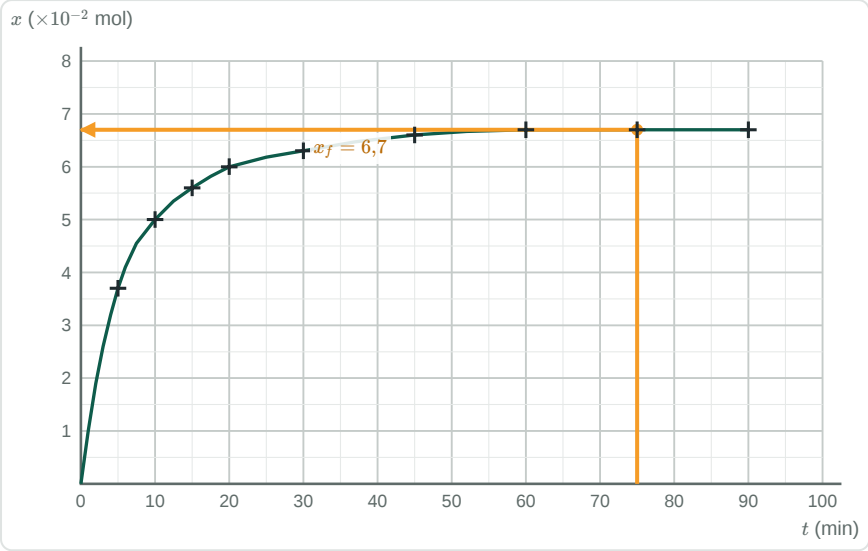
Taux d'avancement final :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{6{,}7 \times 10^{-2}}{0{,}10} = 0{,}67$$

$x_f = 6{,}7 \times 10^{-2}$ mol et $\tau = 0{,}67 < 1$

PIÈGE
L'axe vertical est gradué en 10^{-2} mol : lire « 6,7 » sans la puissance de dix donnerait un taux supérieur à 1, ce qui est impossible.

COMPRENDRE
Le tableau confirme la lecture : avec $V_{eq} = 3{,}3$ mL, la relation de la question 4.5.2 donne $x = 0{,}10 - 0{,}033 = 0{,}067$ mol.



5.1 · Courbe du sujet : lecture de l'avancement final sur le palier

5.2 Justifier les deux propositions : la transformation est lente ; la transformation n'est pas totale.

Données utiles $\tau = 0{,}67$ (5.1)

Lente : l'avancement n'atteint sa valeur finale qu'au bout d'une heure environ, bien que le mélange soit chauffé à 80 °C et catalysé. L'évolution du système peut être suivie pendant des dizaines de minutes.

Non totale : $x_f = 6{,}7 \times 10^{-2}$ mol est inférieur à $x_{max} = 0{,}10$ mol. Dans l'état final, il reste à la fois de l'acide et de l'alcool.

Palier atteint vers 60 min : transformation **lente** ; $\tau = 0{,}67 < 1$: transformation **non totale**.

5.3 Expliquer l'expression « équilibre dynamique ».

Équilibre : à l'échelle macroscopique, les quantités de matière des quatre espèces (acide, alcool, ester, eau) ne varient plus.

Dynamique : à l'échelle microscopique, la réaction de synthèse de l'ester et la réaction inverse (hydrolyse de l'ester) se poursuivent, mais à la même vitesse.

La composition du système est constante parce que l'ester est formé aussi vite qu'il est détruit, et non parce que les réactions ont cessé.

5.4.1 Avec les mêmes réactifs et le même catalyseur, indiquer une méthode pour accélérer la synthèse et une méthode pour augmenter le taux d'avancement à l'équilibre.

Accélérer : élever la température du mélange réactionnel (chauffage à reflux, à une température supérieure à 80 °C), car la température est un facteur cinétique.

Augmenter le taux d'avancement : introduire l'un des réactifs en large excès, ou bien éliminer l'eau au fur et à mesure de sa formation. L'eau est l'espèce la plus volatile du mélange ($\theta_{éb} = 100{,}0$ °C) : une distillation permet de l'extraire.

Plus vite : **augmenter la température**. Plus loin : **excès d'un réactif** ou **élimination de l'eau**.

PIÈGE
Proposer la température pour augmenter le taux d'avancement : pour cette synthèse, chauffer fait gagner du temps mais ne change pratiquement pas l'état d'équilibre.

COMPRENDRE
Retirer un produit empêche la réaction inverse de compenser la réaction directe : le système évolue alors de nouveau dans le sens de la formation de l'ester.

5.4.2 Donner le nom et la formule semi-développée du dérivé de l'acide A qui rend la synthèse rapide et totale.

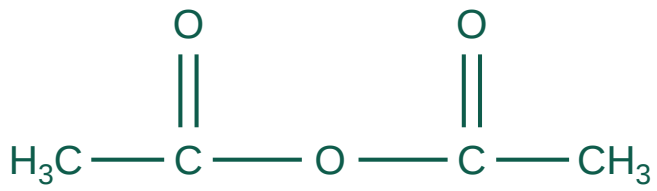
On remplace l'acide éthanoïque par son anhydride. L'équation de la synthèse devient :

$$(CH_3CO)_2O + C_4H_9OH \longrightarrow CH_3CO_2C_4H_9 + CH_3CO_2H$$

La transformation ne produit plus d'eau : l'ester ne peut pas être hydrolysé, la réaction inverse n'a pas lieu.

Anhydride éthanoïque : $CH_3-CO-O-CO-CH_3$

COMPRENDRE
Le second produit est l'acide éthanoïque et non l'eau : c'est ce qui rend la transformation totale.



5.4.2 · Formule semi-développée de l'anhydride éthanoïque

Temps caractéristiques de quelques systèmes

Bac S 2003 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Définir le temps de demi-vie (ou demi-vie).

La demi-vie $t_{1/2}$ d'un noyau radioactif est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans un échantillon se soient désintégrés.

$$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$

COMPRENDRE
La définition vaut à partir de n'importe quelle date : pendant chaque durée $t_{1/2}$, la population restante est encore divisée par deux. L'activité de l'échantillon, proportionnelle à N, est divisée par deux en même temps.

1.2 En utilisant la définition du temps de demi-vie, établir l'expression de λ en fonction de $t_{1/2}$.

Données utiles $N = N_0\, e^{-\lambda t}$

À la date $t = t_{1/2}$: $N_0\, e^{-\lambda t_{1/2}} = \dfrac{N_0}{2}$, donc $e^{-\lambda t_{1/2}} = \dfrac{1}{2}$.

On prend le logarithme népérien des deux membres : $-\lambda\, t_{1/2} = \ln\dfrac{1}{2} = -\ln 2$.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

PIÈGE
Oublier le signe : $\ln\frac{1}{2} = -\ln 2$ est négatif, ce qui compense le signe « $-$ » de l'exposant. La constante λ est positive et s'exprime en s^{-1} si $t_{1/2}$ est en secondes.

1.3 Dans le cas de l'expérience 3, déterminer graphiquement la valeur du temps de demi-vie, en faisant apparaître la construction sur la courbe (3).

Données utiles x est proportionnel au nombre N de noyaux radioactifs présents

Comme x est proportionnel à N, la demi-vie est la date à laquelle $x = \dfrac{x_0}{2}$.

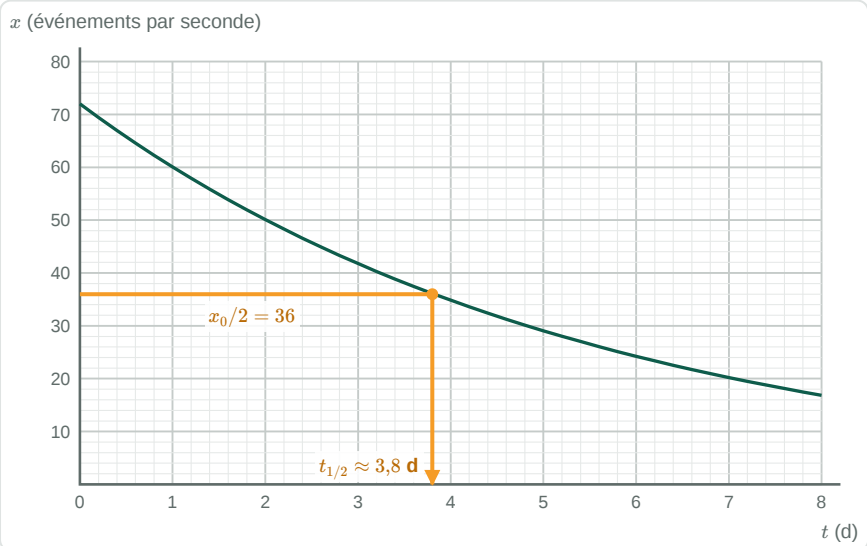
Sur la courbe (3), on lit $x_0 \approx 72$, donc $\dfrac{x_0}{2} \approx 36$.

On trace l'horizontale d'ordonnée 36 jusqu'à la courbe, puis la verticale jusqu'à l'axe des dates : on lit $t \approx 3{,}8$ d.

$t_{1/2} \approx 3{,}8$ d, soit environ 4 jours pour le radon 222.

COMPRENDRE
Une lecture graphique sur une courbe ajustée à des points dispersés ne justifie pas plus de deux chiffres significatifs. Toute valeur comprise entre 3,7 et 4 jours, avec la construction tracée, est acceptable.

MÉTHODE
Lire x_0 sur la courbe modélisée et non sur le premier point de mesure, qui est dispersé. Vérification : à $t = 2\,t_{1/2} \approx 7{,}6$ d, la courbe doit passer par $x_0/4 = 18$, ce qui est bien le cas.



1.3 · Courbe (3) de l'annexe : lecture de la demi-vie du radon 222

1.4 Préciser, en justifiant, si les grandeurs caractéristiques puis les conditions initiales ont une influence sur la valeur du temps de demi-vie.

Données utiles expériences 1 et 2 : $t_{1/2} = 55{,}5$ s ; expérience 3 : $t_{1/2} \approx 3{,}8$ d (1.3)

Conditions initiales : les expériences 1 et 2 portent sur le même noyau (radon 220) avec des populations initiales différentes ($N_0 \neq N_0'$), et la demi-vie reste égale à 55,5 s. Les conditions initiales n'ont pas d'influence.

Grandeurs caractéristiques : entre les expériences 1 (ou 2) et 3, la nature du noyau change et la demi-vie passe de 55,5 s à environ 4 jours. Comme la population initiale ne joue pas, cet écart vient du noyau.

La demi-vie dépend de la nature du noyau, mais pas de la population initiale de noyaux.

MÉTHODE
Pour conclure sur un facteur, comparer deux expériences qui ne diffèrent que par ce facteur. Ici l'expérience 3 change à la fois le noyau et N_0 : il faut donc traiter d'abord les conditions initiales.

2.1 Dans le cas de l'expérience 4, déterminer graphiquement, par une méthode explicitée, la constante de temps du circuit.

Données utiles $U_0 = 4{,}25$ V

Lors de la charge, à la date $t = \tau$, la tension aux bornes du condensateur atteint 63 % de sa valeur finale U_0 :

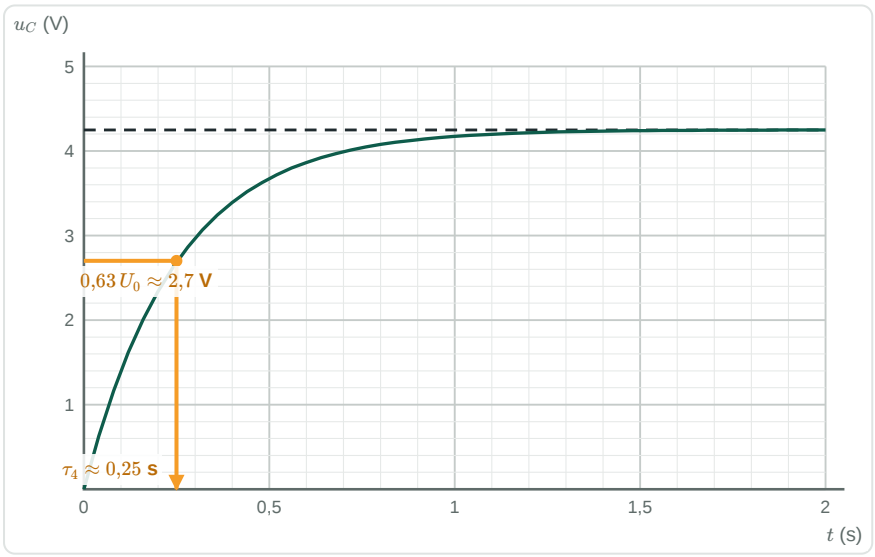
$u_C(\tau) = 0{,}63 \times U_0 = 0{,}63 \times 4{,}25 \approx 2{,}7$ V.

Sur la courbe (4), on trace l'horizontale d'ordonnée 2,7 V jusqu'à la courbe, puis la verticale jusqu'à l'axe des dates.

$\tau_4 \approx 0{,}25$ s

COMPRENDRE
Le facteur 0,63 vient de $u_C(t) = U_0\,(1 - e^{-t/\tau})$: à $t = \tau$, $u_C = U_0\,(1 - e^{-1}) \approx 0{,}63\,U_0$. Sans calculatrice : $0{,}63 \times 4{,}25 \approx 0{,}6 \times 4{,}25 + 0{,}03 \times 4{,}25 \approx 2{,}55 + 0{,}13$.

MÉTHODE
Autre méthode acceptée : la tangente à la courbe à l'origine coupe l'asymptote $u_C = U_0$ à la date $t = \tau$. Elle est moins précise ici, car la tangente est difficile à tracer sur une courbe aussi raide.



2.1 · Début de la courbe (4) de l'annexe : lecture de la constante de temps

2.2 Préciser, en justifiant, si les grandeurs caractéristiques puis les paramètres extérieurs ont une influence sur la valeur de la constante de temps.

Données utiles $\tau_1 = \tau_2 = 0{,}62$ s ; $\tau_3 = 0{,}31$ s ; $\tau_4 \approx 0{,}25$ s (2.1)

Grandeurs caractéristiques (R et C) :

- expériences 1 et 3 : seule R change (20 kΩ puis 10 kΩ) et τ passe de 0,62 s à 0,31 s ;
- expériences 1 et 4 : seule C change (31 µF puis 12,5 µF) et τ passe de 0,62 s à 0,25 s.

Paramètres extérieurs (U_0) : entre les expériences 1 et 2, seule U_0 change (4,25 V puis 5,00 V) et τ reste égale à 0,62 s.

La constante de temps dépend de R et de C, mais pas de la tension U_0 du générateur.

PIÈGE
Comparer les expériences 2 et 3, ou 2 et 4 : deux conditions y changent à la fois (U_0 et R, ou U_0 et C). La justification doit s'appuyer sur des expériences qui ne diffèrent que par une seule grandeur.

2.3.1 À partir de l'étude expérimentale, justifier qu'une seule des six expressions proposées pour τ est à retenir.

Données utiles (1) U_0RC ; (2) $\dfrac{U_0}{RC}$; (3) $\dfrac{R}{C}$; (4) $\dfrac{C}{R}$; (5) RC ; (6) $\sqrt{RC}$

- τ ne dépend pas de U_0 (2.2) : les expressions (1) et (2) sont écartées.
- Expériences 1 et 3 : quand R est divisée par 2, τ est divisée par 2 ($0{,}62/2 = 0{,}31$). τ est proportionnelle à R : on écarte (4), où τ doublerait, et (6), où τ serait divisée par $\sqrt{2}$.
- Expériences 1 et 4 : quand C diminue, τ diminue. On écarte (3), où τ augmenterait.

Seule l'expression (5), $\tau = RC$, est compatible avec les quatre expériences.

COMPRENDRE
Vérification chiffrée : C est divisée par $31/12{,}5 = 2{,}48$ et τ par $0{,}62/0{,}25 = 2{,}48$. τ est donc proportionnelle à C comme à R. De plus $20 \times 10^3 \times 31 \times 10^{-6} = 0{,}62$ s.

2.3.2 Vérifier par une analyse dimensionnelle l'expression de la constante de temps retenue.

Loi d'Ohm, $u = R\,i$: $[R] = \dfrac{[U]}{[I]}$.

Pour le condensateur, $q = C\,u$ et $q = i\,\Delta t$, donc $C = \dfrac{i\,\Delta t}{u}$: $[C] = \dfrac{[I]\,[T]}{[U]}$.

$$[RC] = \frac{[U]}{[I]} \times \frac{[I]\,[T]}{[U]} = [T]$$

Le produit RC a la dimension d'un temps : l'expression $\tau = RC$ est homogène.

PIÈGE
Écrire seulement « $\Omega \times \mathrm{F} = \mathrm{s}$ » sans le démontrer : c'est le résultat à établir. Une analyse dimensionnelle ne fixe pas un éventuel coefficient numérique ; c'est l'étude expérimentale qui montre qu'il vaut 1.

MÉTHODE
Ramener chaque grandeur à une tension, une intensité et un temps, à l'aide d'une relation du cours qui la contient. On peut aussi partir de $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$, qui donne directement $[C]$.

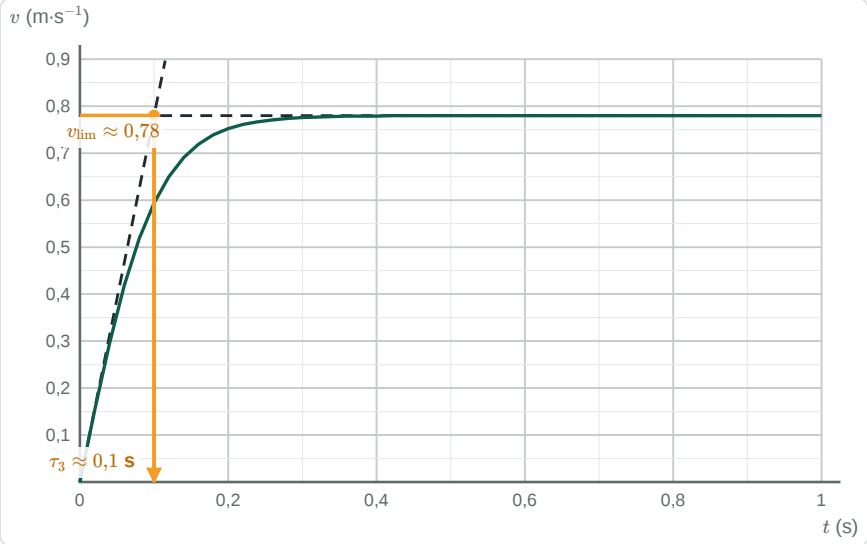
3.1 Dans le cas de l'expérience 3, déterminer graphiquement le temps caractéristique, en faisant apparaître la construction sur la courbe.

Sur la courbe (3), la vitesse tend vers une valeur limite $v_{\text{lim}} \approx 0{,}78\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: on trace l'asymptote horizontale correspondante.

On trace ensuite la tangente à la courbe à l'origine. Le temps caractéristique est l'abscisse du point où cette tangente coupe l'asymptote.

$\tau_3 \approx 0{,}1$ s

COMPRENDRE
La tangente à l'origine est délicate à tracer : le résultat est une valeur approchée, à un seul chiffre significatif. Une valeur entre 0,08 s et 0,1 s est acceptable si la construction est visible.



3.1 · Courbe (3) de l'annexe : tangente à l'origine et asymptote

3.2 Préciser, en justifiant, si les grandeurs caractéristiques puis les paramètres extérieurs ont une influence sur la valeur du temps caractéristique.

Données utiles $\tau_1 = 0{,}21$ s ; $\tau_2 = 0{,}15$ s ; $\tau_3 \approx 0{,}1$ s (3.1)

Grandeurs caractéristiques : entre les expériences 1 et 3, seule la masse du solide change (même volume, même fluide) et le temps caractéristique passe de 0,21 s à environ 0,1 s.

Paramètres extérieurs : entre les expériences 1 et 2, seul le fluide change (eau puis détergent, même solide A) et le temps caractéristique passe de 0,21 s à 0,15 s.

Le temps caractéristique de la chute dépend de la masse du solide et de la nature du fluide.

PIÈGE
Comparer les expériences 2 et 3 : le solide et le fluide y changent tous les deux, on ne peut rien en conclure. Attention aussi à l'unité de la courbe (2), graduée en $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$.

3.3 Préciser sans calcul, en justifiant, la nature du mouvement du centre d'inertie du solide au cours du régime initial, puis au cours du régime asymptotique.

La chute est verticale : la trajectoire du centre d'inertie est une droite, le mouvement est rectiligne.

Régime initial : la courbe $v(t)$ est croissante, la valeur de la vitesse augmente. Le mouvement est rectiligne accéléré.

Régime asymptotique : la courbe $v(t)$ est une droite horizontale, la vitesse garde la valeur constante v_{lim}. Le mouvement est rectiligne uniforme.

Régime initial : mouvement rectiligne accéléré ; régime asymptotique : mouvement rectiligne uniforme.

PIÈGE
Écrire « uniformément accéléré » pour le régime initial. La pente de la courbe, qui représente l'accélération, diminue au cours du temps : l'accélération n'est pas constante.

COMPRENDRE
En régime asymptotique, d'après le principe d'inertie, les forces se compensent : le poids est équilibré par la force de frottement et la poussée d'Archimède exercées par le fluide.

4 Pour l'ensemble des trois systèmes, dire si chaque proposition est juste, fausse, ou si les informations sont insuffisantes : le temps caractéristique dépend (1) des grandeurs caractéristiques, (2) des conditions initiales, (3) des paramètres extérieurs.

Proposition 1 : proposition juste (nature du noyau ; R et C ; masse du solide).

Proposition 2 : proposition fausse (la demi-vie ne dépend pas de la population initiale ; les conditions initiales n'ont pas été modifiées pour les deux autres systèmes).

Proposition 3 : proposition fausse (la constante de temps du circuit RC ne dépend pas de U_0 ; les paramètres extérieurs n'ont pas été modifiés pour la radioactivité).

Proposition 1 : juste ; proposition 2 : fausse ; proposition 3 : fausse.

COMPRENDRE
Un seul système qui contredit la proposition suffit pour qu'elle ne soit pas vérifiée pour les trois à la fois, même si un autre système n'a pas été testé. Les parenthèses ne sont pas exigées : aucune justification n'est demandée.

COMPRENDRE
Lecture différente parfois retenue : répondre « informations insuffisantes » aux propositions 2 et 3, parce qu'un des systèmes n'a pas été testé. La consigne du sujet prête à discussion ; la logique conduit plutôt à « fausse ».

Spécialité : Microscope optique

Bac S 2003 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Peut-on observer à l'œil nu des cellules d'épiderme d'oignon de quelques dizaines de micromètres ? Justifier.

D'après le texte, l'œil nu discerne des détails de l'ordre du millimètre.

Quelques dizaines de micromètres, c'est quelques centièmes de millimètre : par exemple $50\ \mu\text{m} = 0{,}050\ \text{mm}$, soit vingt fois moins que $1\ \text{mm}$.

Non : ces cellules sont trop petites pour être distinguées à l'œil nu.

MÉTHODE
Pour comparer deux longueurs, les écrire dans la même unité : $1\ \mu\text{m} = 10^{-3}\ \text{mm}$.

1.2 Faire un schéma, sans souci d'échelle et sans rayons, du microscope décrit dans le texte : lentilles, centres optiques, foyers, objet (AB), image intermédiaire (A_1B_1) et œil.

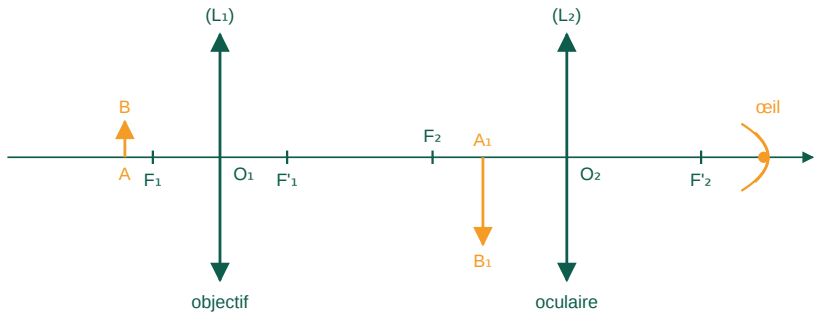
Le schéma respecte les indications du texte :

- l'objet (AB) est devant l'objectif (L_1), un peu plus loin que le foyer objet F_1 ;
- l'image intermédiaire (A_1B_1) est renversée, plus grande que l'objet, située entre le foyer objet F_2 et l'oculaire (L_2) ;
- l'œil est placé juste derrière l'oculaire.

Voir le schéma ci-dessous.

PIÈGE
Inverser les foyers : la lumière va de gauche à droite, le foyer objet (F_1, F_2) est avant la lentille, le foyer image (F'_1, F'_2) après. Oublier l'œil ou les centres optiques fait aussi perdre des points.

COMPRENDRE
Le principe est celui de la lunette afocale : un objectif forme une image intermédiaire, un oculaire sert de loupe pour la regarder. Ici l'objet est tout proche de l'objectif, donc l'image intermédiaire est agrandie.



1.2 · Schéma de principe du microscope (sans échelle, sans rayons)

1.3 Pour quelle lentille l'image intermédiaire joue-t-elle le rôle d'objet ? Pour quelle lentille joue-t-elle le rôle d'image ?

(A_1B_1) est l'image de l'objet (AB) donnée par l'objectif (L_1). Elle est ensuite observée à travers l'oculaire (L_2), qui en donne l'image définitive.

Elle est image pour l'objectif (L_1) et objet pour l'oculaire (L_2).

2.1.1 Justifier, à partir d'une relation de conjugaison, que l'image intermédiaire se forme nécessairement au foyer objet de l'oculaire.

Données utiles image définitive (A_2B_2) à l'infini

Pour l'oculaire (L_2), l'objet est A_1 et l'image est A_2. Relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{O_2A_2}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{\overline{O_2F'_2}}$$

L'image définitive est à l'infini : $\overline{O_2A_2}$ est infiniment grand, donc $\frac{1}{\overline{O_2A_2}} = 0$. Il reste :

$$-\frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{\overline{O_2F'_2}} \quad \text{soit} \quad \overline{O_2A_1} = -\overline{O_2F'_2} = \overline{O_2F_2}$$

$\overline{O_2A_1} = \overline{O_2F_2}$: le point A_1 est confondu avec le foyer objet F_2 de l'oculaire.

PIÈGE
Les grandeurs sont algébriques : $\overline{O_2A_1}$ est négatif (objet avant la lentille). Écrire la relation avec des distances positives donne un signe faux.

COMPRENDRE
Les foyers d'une lentille mince sont symétriques par rapport au centre optique : $\overline{O_2F_2} = -\overline{O_2F'_2} = -4{,}0$ cm. L'image intermédiaire est donc à $4{,}0$ cm avant l'oculaire.

2.1.2 Sur la figure 1, placer les foyers F_2 et F'_2, construire la marche du faisceau délimité par les deux rayons représentés, et en déduire où se trouve l'image définitive (A_2B_2).

Données utiles $f'_2 = 4{,}0$ cm ; échelle 1/1 ; A_1 en F_2 (2.1.1)

Les foyers sont à $4{,}0$ cm de part et d'autre de O_2 : F_2 avant la lentille (confondu avec A_1), F'_2 après.

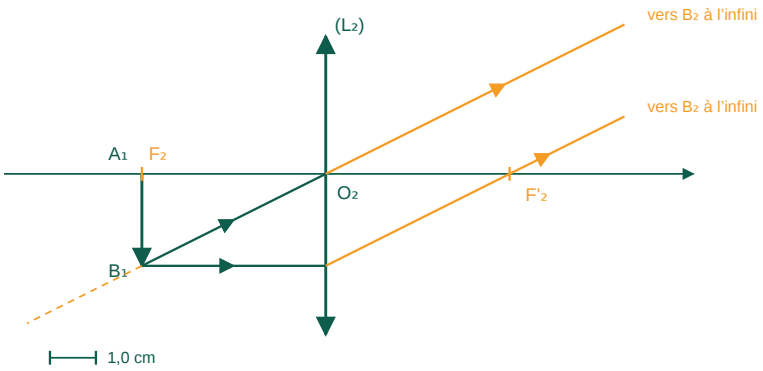
Les deux rayons issus de B_1 :

- celui qui passe par le centre optique O_2 n'est pas dévié ;
- celui qui arrive parallèlement à l'axe optique émerge en passant par le foyer image F'_2.

Les deux rayons émergents sont parallèles entre eux : ils ne se coupent pas à distance finie.

L'image définitive (A_2B_2) est rejetée à l'infini.

COMPRENDRE
Un objet placé dans le plan focal objet d'une lentille convergente donne un faisceau émergent parallèle. L'œil reçoit ce faisceau comme s'il venait d'un objet très lointain : il observe sans accommoder, donc sans fatigue.



2.1.2 · Figure 1 complétée : les deux rayons émergent parallèles entre eux

2.2.1 Sur la figure 2, construire l'objet (AB) dont l'objectif donne l'image intermédiaire (A_1B_1).

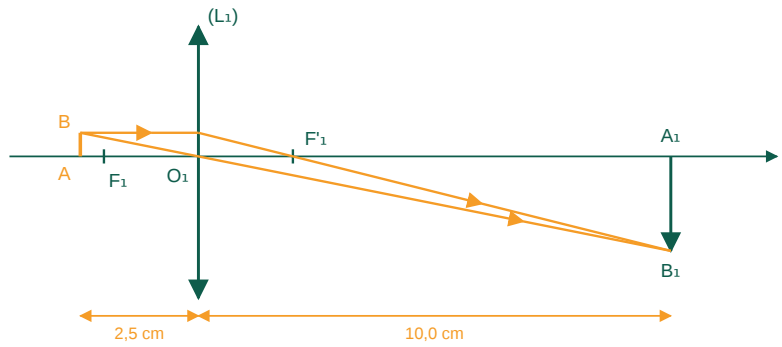
On remonte la lumière à partir de B_1 avec deux rayons :

- le rayon passant par O_1 n'est pas dévié : on trace la droite (B_1O_1) et on la prolonge avant la lentille ;
- le rayon qui arrive en B_1 en passant par F_1' était, avant la lentille, parallèle à l'axe optique.

Le point B est à l'intersection de ces deux rayons incidents. Le point A est le projeté de B sur l'axe optique.

L'objet (AB) est droit, situé à $2{,}5$ cm en avant de O_1, juste avant F_1.

MÉTHODE
Troisième rayon possible pour contrôler : celui qui passe par F_1 avant la lentille ressort parallèle à l'axe et arrive en B_1.



2.2.1 · Figure 2 complétée : l'objet (AB) est à 2,5 cm en avant de l'objectif

2.2.2 Définir le grandissement γ_{ob} de l'objectif. Montrer, à l'aide de la construction graphique, qu'il est de l'ordre de -4.

Données utiles lectures sur la figure 2 complétée (2.2.1)

Le grandissement est le rapport algébrique de la taille de l'image à celle de l'objet :

$$\gamma_{ob} = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}}$$

Sur la figure, à l'échelle 1/1 : $\overline{O_1A_1} = 10{,}0$ cm et $\overline{O_1A} = -2{,}5$ cm.

$$\gamma_{ob} = \frac{10{,}0}{-2{,}5} = -4{,}0$$

$\gamma_{ob} = -4{,}0$: le grandissement de l'objectif est bien de l'ordre de -4.

PIÈGE
Seule l'échelle horizontale est garantie. On passe par les positions $\overline{O_1A_1}$ et $\overline{O_1A}$; le résultat ne dépend pas de la taille choisie pour (A_1B_1).

COMPRENDRE
Le signe négatif traduit une image renversée ; la valeur absolue 4 indique une image quatre fois plus grande que l'objet. Le grandissement n'a pas d'unité.

2.3.1 En tenant compte de la relation $G = |\gamma_{ob}| \cdot G_{oc}$, indiquer quel abus de langage fréquent figure dans le texte.

Le texte annonce que le grossissement du microscope est le produit des grossissements de l'oculaire et de l'objectif. Or, dans la relation, l'objectif intervient par son grandissement γ_{ob}.

L'auteur appelle « grossissement de l'objectif » ce qui est en réalité son grandissement.

COMPRENDRE
Grandissement : rapport de deux longueurs (image sur objet). Grossissement : rapport de deux angles (diamètres apparents avec et sans instrument). L'objectif donne une image réelle à distance finie : on la caractérise par un grandissement.

2.3.2 Calculer le diamètre apparent α' de l'image définitive d'une cellule d'épiderme d'oignon observée à travers le microscope modélisé.

Données utiles $G = 25$; $\alpha = 3{,}2 \times 10^{-4}$ rad

$G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$ donc $\alpha' = G \times \alpha$.

$$\alpha' = 25 \times 3{,}2 \times 10^{-4} = 80 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$\alpha' = 8{,}0 \times 10^{-3}$ rad

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme α. La valeur de α se retrouve par l'approximation des petits angles : $\alpha \approx \dfrac{80 \times 10^{-6}}{0{,}25} = 3{,}2 \times 10^{-4}$ rad.

MÉTHODE

Sans calculatrice : $25 \times 3{,}2 = 100 \times 3{,}2 \div 4 = 80$.

2.3.3 Deux points sont discernables à l'œil s'ils sont vus sous un diamètre apparent d'au moins 4×10^{-3} rad. Le microscope modélisé permet-il d'observer une cellule d'épiderme d'oignon ? Justifier.

Données utiles $\alpha' = 8{,}0 \times 10^{-3}$ rad (2.3.2)

À travers le microscope, la cellule est vue sous l'angle $\alpha' = 8{,}0 \times 10^{-3}$ rad, supérieur à la limite 4×10^{-3} rad.

À l'œil nu, $\alpha = 3{,}2 \times 10^{-4}$ rad est inférieur à cette limite, ce qui confirme la réponse à la question 1.1.

Oui : $\alpha' > 4 \times 10^{-3}$ rad, la cellule est discernable au microscope.