Corrigé complet — Bac S 2007 Amérique du Nord (ancien programme)

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

Ex 1	**Comment déterminer le relief du fond marin avec un sondeur** Onde mécanique progressive · Célérité et retard · Diffraction de la lumière · Exploitation d'un graphique · Écho et sondeur	5,5 pts	1 h 05	15 questions	p. 2
Ex 2	**Détermination de la teneur en élément azote d'un engrais** Acide et base selon Brönsted · Tableau d'avancement · Produit ionique de l'eau · Titrage pH-métrique · Équivalence · Pourcentage massique	6,5 pts	1 h 18	18 questions	p. 7
Ex 3	**Spécialité : étude d'un rétroprojecteur** Lentille mince convergente · Construction d'une image · Image réelle, image virtuelle · Miroir plan · Relation de conjugaison · Grandissement	4 pts	52 min	8 questions	p. 13
Ex 4	**Détermination de la concentration en dioxyde de soufre de l'air d'une grande agglomération** Niveaux d'énergie quantifiés · Absorption et émission d'un photon · Relation ΔE = hc/λ · Domaines de longueur d'onde · Proportionnalité et étalonnage	4 pts	52 min	9 questions	p. 18

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.

Comment déterminer le relief du fond marin avec un sondeur

Bac S 2007 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 1 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Définir une onde mécanique progressive.

Une onde mécanique progressive est la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel, de proche en proche, avec transport d'énergie mais sans transport de matière.

PIÈGE
Oublier « sans transport de matière » ou « milieu matériel » : ce sont les deux mots qui font la définition.

1.2 L'onde ultrasonore est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.

Les ultrasons sont une succession de compressions et de dilatations du milieu : les tranches d'eau se déplacent parallèlement à la direction dans laquelle l'onde avance.

L'onde ultrasonore est **longitudinale** : la perturbation a la même direction que la propagation.

COMPRENDRE
Une onde est transversale quand la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation, comme sur une corde ou à la surface de l'eau.

1.3.1 Citer un fait expérimental qui permet de décrire la lumière comme une onde.

La **diffraction** : un faisceau laser qui traverse une fente très fine s'étale et donne une figure faite d'une tache centrale et de taches secondaires, comme le fait une onde à la surface de l'eau devant une ouverture étroite.

COMPRENDRE
Les interférences lumineuses (fentes d'Young) sont une autre réponse acceptée : diffraction et interférences sont deux signatures d'une onde.

1.3.2 Quelle observation montre que la lumière n'est pas une onde mécanique ?

La lumière des étoiles et du Soleil nous parvient après avoir traversé le vide de l'espace.

La lumière se propage dans le vide, alors qu'une onde mécanique a besoin d'un milieu matériel : ce n'est pas une onde mécanique.

2.1 Pourquoi est-il nécessaire de déclencher l'acquisition lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B ?

Données utiles $v_{\text{air}} = 340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $v_{\text{eau}} > v_{\text{air}}$

Les deux salves partent au même instant et parcourent la même distance d. Comme les ultrasons vont plus vite dans l'eau de mer que dans l'air, la salve arrive d'abord sur le récepteur B, puis sur le récepteur A.

Il faut déclencher sur l'entrée B, celle du premier signal reçu : les deux signaux sont alors enregistrés et le retard se lit directement à partir du début de l'acquisition.

PIÈGE
Un déclenchement sur l'entrée A lancerait l'enregistrement après le passage de la salve dans l'eau : le signal B serait perdu.

2.2 Donner l'expression du retard Δt entre les deux réceptions en fonction de t_A et t_B.

Origine des dates à l'émission : la salve atteint A à la date t_A et B à la date t_B.

$t_A = \dfrac{d}{v_{\text{air}}}$ et $t_B = \dfrac{d}{v_{\text{eau}}}$; comme $v_{\text{eau}} > v_{\text{air}}$, on a $t_B < t_A$.

$$\boxed{\Delta t = t_A - t_B}$$

PIÈGE
Écrire $t_B - t_A$: un retard est une durée positive, on retranche la plus petite durée de la plus grande.

2.3.1 Donner l'expression de Δt en fonction de d, v_{air} et v_{eau}.

$$\Delta t = t_A - t_B = \frac{d}{v_{\text{air}}} - \frac{d}{v_{\text{eau}}}$$

$$\boxed{\Delta t = d\left(\frac{1}{v_{\text{air}}} - \frac{1}{v_{\text{eau}}}\right)}$$

2.3.2 Justifier l'allure de la courbe $\Delta t = f(d)$ obtenue.

Les deux célérités sont constantes, donc $\Delta t = a\,d$ avec $a = \dfrac{1}{v_{\text{air}}} - \dfrac{1}{v_{\text{eau}}}$ constant et positif.

Δt est proportionnel à d : les points sont alignés sur une droite croissante qui passe par l'origine, ce que montre le graphe.

2.3.3 Déterminer graphiquement le coefficient directeur de la droite $\Delta t = f(d)$, puis en déduire la célérité v_{eau} des ultrasons dans l'eau de mer.

Données utiles $v_{\text{air}} = 340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; graphe $\Delta t = f(d)$

La droite passe par l'origine et par le point ($d = 1{,}10$ m ; $\Delta t = 2{,}50$ ms) :

$$a = \frac{\Delta t}{d} = \frac{2{,}50\times10^{-3}}{1{,}10} = 2{,}27\times10^{-3}\ \text{s}\cdot\text{m}^{-1}$$

D'après 2.3.1 : $a = \dfrac{1}{v_{\text{air}}} - \dfrac{1}{v_{\text{eau}}}$, donc $\dfrac{1}{v_{\text{eau}}} = \dfrac{1}{v_{\text{air}}} - a$ et

$$v_{\text{eau}} = \frac{1}{\dfrac{1}{v_{\text{air}}} - a} = \frac{1}{\dfrac{1}{340} - \dfrac{2{,}50\times10^{-3}}{1{,}10}}$$

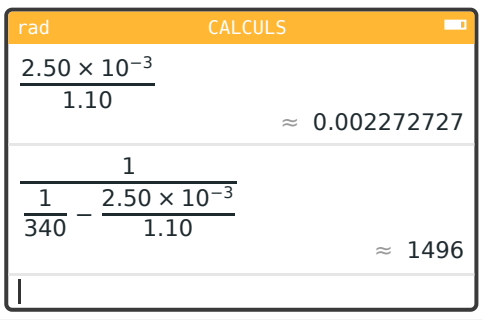
$$\boxed{a = 2{,}27\times10^{-3}\ \text{s}\cdot\text{m}^{-1} \text{ et } v_{\text{eau}} = 1{,}50\times10^{3}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}$$

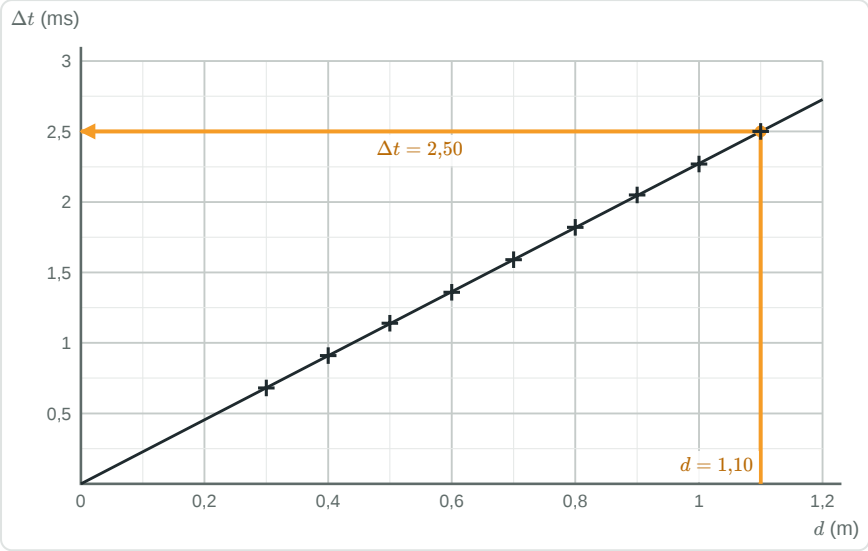
PIÈGE
Lire Δt en ms sans convertir en secondes : le coefficient directeur doit être en $\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$ pour être comparé à $1/v$.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme les lectures et v_{air}. On soustrait deux nombres voisins : avec a arrondi à $2{,}27\times10^{-3}$, on trouve $1{,}49\times10^{3}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Garder la valeur non arrondie.

MÉTHODE
Coefficient directeur : choisir un point de la droite tracée, le plus éloigné possible de l'origine et placé sur un croisement du quadrillage.

À LA CALCULATRICE





2.3.3 · Graphe du sujet : droite passant par l'origine et lecture du point choisi

3.1.1 Identifier les signaux observés sur chaque voie de l'oscillogramme, en justifiant.

L'écho ne peut être reçu qu'après l'émission de la salve. Sur l'écran, le temps s'écoule de gauche à droite et la salve de la voie 1 est la plus à gauche.

Voie 1 : signal émis. Voie 2 : signal reçu (écho), en retard sur le premier.

3.1.2 À partir de l'oscillogramme, déterminer la durée Δt entre l'émission de la salve et la réception de son écho.

Données utiles sensibilité horizontale : 10 ms / div

Entre le début de la salve émise et le début de l'écho, on mesure 2,7 divisions.

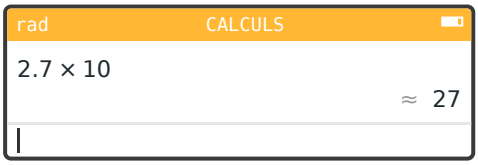
$\Delta t = 2{,}7 \times 10 = 27$ ms

$\Delta t = 27 \text{ ms} = 2{,}7 \times 10^{-2}$ s

COMPRENDRE
La lecture se fait au dixième de division : deux chiffres significatifs seulement pour Δt, donc pour les profondeurs qui en découlent.

MÉTHODE
Mesurer d'un début de salve à l'autre début (ou de fin à fin), jamais du début de l'une à la fin de l'autre.

À LA CALCULATRICE

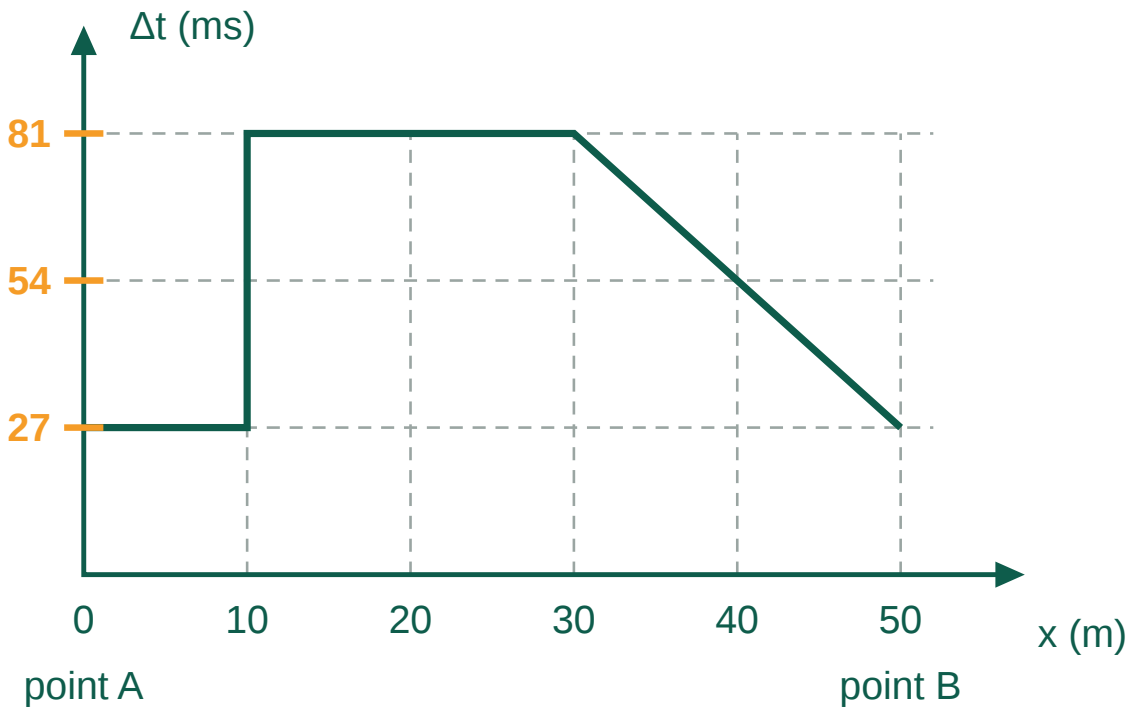


3.1.3 En déduire la graduation de l'axe des ordonnées de la figure 3 de l'annexe.

Données utiles $\Delta t = 27$ ms en A (3.1.2)

En A ($x = 0$ m), la courbe de la figure 3 se trouve à la hauteur d'un carreau, et on a mesuré $\Delta t = 27$ ms à cette position.

Un carreau vertical représente 27 ms : les lignes de la figure 3 sont à 27 ms, 54 ms et 81 ms.



3.1.3 · Figure 3 de l'annexe, axe des ordonnées gradué

3.2 Déterminer la relation permettant de calculer la profondeur p en fonction de Δt et v_{eau}.

Pendant la durée Δt, la salve descend jusqu'au fond puis remonte jusqu'à la sonde : elle parcourt la distance $2p$ à la célérité v_{eau}.

$$v_{\text{eau}} = \frac{2p}{\Delta t}$$

$$\boxed{p = \frac{v_{\text{eau}}\,\Delta t}{2}}$$

PIÈGE
Oublier le facteur 2 de l'aller-retour : toutes les profondeurs seraient doublées.

3.3 Tracer sur la figure 4 de l'annexe l'allure du fond marin exploré, en précisant la profondeur p en mètres en fonction de la position x du bateau.

Données utiles $v_{\text{eau}} = 1{,}50 \times 10^3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; un carreau de la figure 3 : 27 ms (3.1.3) ; $p = \frac{v_{\text{eau}}\,\Delta t}{2}$ (3.2)

De $x = 0$ à 10 m : $\Delta t = 27$ ms, donc $p = \frac{1{,}50 \times 10^3 \times 27 \times 10^{-3}}{2} = 20$ m.

De $x = 10$ à 30 m : $\Delta t = 3 \times 27 = 81$ ms, donc $p = \frac{1{,}50 \times 10^3 \times 81 \times 10^{-3}}{2} = 61$ m.

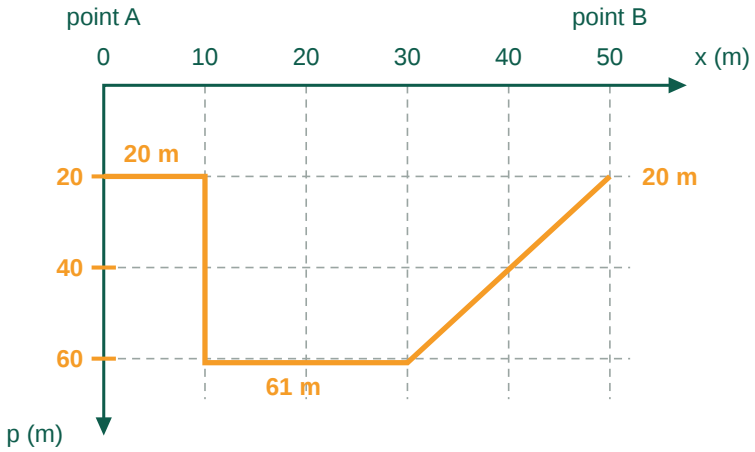
De $x = 30$ à 50 m : Δt décroît régulièrement de 81 ms à 27 ms, donc le fond remonte en pente régulière de 61 m à 20 m.

Comme p est proportionnelle à Δt, on gradue l'axe de la figure 4 avec un carreau pour 20 m : le profil a la forme de la figure 3, retournée vers le bas.

Fond plat à 20 m jusqu'à $x = 10$ m, marche verticale, fond plat à 61 m de 10 à 30 m, puis remontée régulière jusqu'à 20 m en B.

PIÈGE
Tracer le profil vers le haut comme la figure 3 : l'axe des profondeurs de la figure 4 est orienté vers le bas.

COMPRENDRE
Avec un carreau pour 20 m, le palier profond se place à trois carreaux (60 m) : l'écart avec 61 m est inférieur à la précision de la lecture de Δt.



À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1.50 \times 10^3 \times 27 \times 10^{-3}}{2} \approx 20.25$$

$$\frac{1.50 \times 10^3 \times 81 \times 10^{-3}}{2} \approx 60.75$$

3.3 · Figure 4 de l'annexe complétée : profil du fond marin

3.4 Le signal émis et son écho ne doivent pas se chevaucher. Déterminer la période minimale T_m des salves pour un sondeur utilisable jusqu'à 360 m de profondeur.

Données utiles $p_{\max} = 360$ m ; $v_{\text{eau}} = 1{,}50 \times 10^3$ m · s^{-1}

L'écho venant de la profondeur maximale doit être revenu avant l'émission de la salve suivante : $T \geqslant \Delta t_{\max}$, avec $\Delta t_{\max} = \dfrac{2\,p_{\max}}{v_{\text{eau}}}$ (3.2).

$$T_m = \frac{2\,p_{\max}}{v_{\text{eau}}} = \frac{2 \times 360}{1{,}50 \times 10^3}$$

$T_m = 0{,}480$ s

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{2 \times 360}{1.50 \times 10^3} \approx 0.48$$

PIÈGE

Confondre T, période de répétition des salves, avec la période de l'onde ultrasonore $1/f = 5{,}0 \times 10^{-6}$ s : la fréquence de 200 kHz ne sert pas ici.

COMPRENDRE

Avec une période plus courte, l'écho d'un fond profond arriverait après la salve suivante : le sondeur l'attribuerait à cette salve et afficherait une profondeur trop faible.

Détermination de la teneur en élément azote d'un engrais

Bac S 2007 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 2 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 L'ion ammonium $NH_4^+(aq)$ est-il un acide ou une base selon Brönsted ? Justifier.

Dans le couple $NH_4^+(aq)$ / $NH_3(aq)$, l'ion ammonium peut céder un ion H^+ : $NH_4^+ = NH_3 + H^+$.

NH_4^+ est un **acide** selon Brönsted : c'est une espèce capable de céder un ion H^+.

MÉTHODE
Dans l'écriture d'un couple acide/base, l'acide est toujours à gauche. La justification attendue reste la définition, appuyée sur la demi-équation.

1.2.1 Compléter, sans valeur numérique, le tableau d'avancement de l'annexe.

Les quantités initiales sont $C\,v$ pour NH_4^+ et $C_1\,v_1$ pour HO^- ; il n'y a pas d'ammoniac au départ. Les nombres stœchiométriques valent tous 1 : chaque réactif perd x, l'ammoniac gagne x. L'eau est le solvant, en large excès.

Tableau complété : voir l'annexe ci-dessous.

Équation chimique		$NH_4^+(aq)$ + $HO^-(aq)$ = $NH_3(aq)$ + $H_2O(\ell)$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0	C·v	C₁·v₁	0	solvant
État au cours de la transformation	x	C·v − x	C₁·v₁ − x	x	solvant
État final si transfo. totale	x_{max}	C·v − x_{max}	C₁·v₁ − x_{max}	x_{max}	solvant
État final réel	x_f	C·v − x_f	C₁·v₁ − x_f	x_f	solvant

1.2.1 · Annexe complétée (en orange, ce que l'élève écrit)

1.2.2 Calculer les quantités de matière des réactifs initialement introduites dans le bécher.

Données utiles $v = 20{,}0$ mL ; $C = 0{,}15\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $v_1 = 10{,}0$ mL ; $C_1 = 0{,}15\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

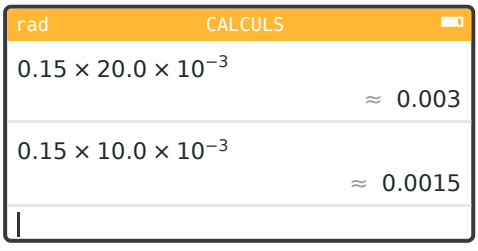
Ions ammonium : $n_i(NH_4^+) = C\,v = 0{,}15 \times 20{,}0 \times 10^{-3} = 3{,}0 \times 10^{-3}$ mol

Ions hydroxyde : $n_i(HO^-) = C_1\,v_1 = 0{,}15 \times 10{,}0 \times 10^{-3} = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol

$n_i(NH_4^+) = 3{,}0 \times 10^{-3}$ mol et $n_i(HO^-) = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les concentrations (0,15), qui sont les données les moins précises. Les volumes sont convertis en litres.

À LA CALCULATRICE



1.2.3 À partir de la mesure du pH, déterminer la quantité d'ions hydroxyde à l'état final. Montrer que l'avancement final x_f vaut $1{,}5 \times 10^{-3}$ mol.

Données utiles $\text{pH} = 9{,}2$; $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$; $v + v_1 = 30{,}0$ mL ; $n_i(\text{HO}^-) = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol (1.2.2)

$[\text{H}_3\text{O}^+]_f = 10^{-\text{pH}}$ et $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+]_f \times [\text{HO}^-]_f$.

Donc $[\text{HO}^-]_f = \dfrac{K_e}{10^{-\text{pH}}}$.

Dans le volume total $v + v_1$:

$$n_f(\text{HO}^-) = \frac{K_e}{10^{-\text{pH}}} \times (v + v_1)$$

$$n_f(\text{HO}^-) = \frac{1{,}0 \times 10^{-14}}{10^{-9{,}2}} \times 30{,}0 \times 10^{-3} = 4{,}8 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

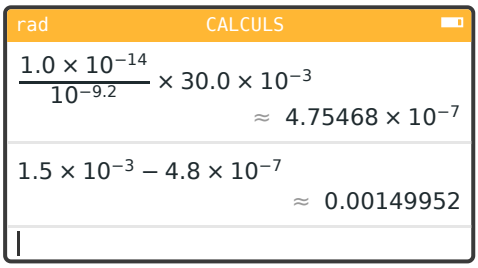
D'après le tableau : $n_f(\text{HO}^-) = C_1\, v_1 - x_f$, donc $x_f = C_1\, v_1 - n_f(\text{HO}^-) = 1{,}5 \times 10^{-3} - 4{,}8 \times 10^{-7}$.

$n_f(\text{HO}^-) = 4{,}8 \times 10^{-7}$ mol et $x_f = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol, valeur attendue.

PIÈGE
Oublier que le volume du mélange est $v + v_1 = 30{,}0$ mL, et non 20,0 mL : la concentration finale se rapporte au volume total.

COMPRENDRE
La quantité restante d'ions hydroxyde est environ 3000 fois plus petite que la quantité introduite : elle ne modifie pas x_f à deux chiffres significatifs.

À LA CALCULATRICE



1.2.4 Calculer la valeur de l'avancement maximal x_{max} de la réaction.

Données utiles $n_i(\text{NH}_4^+) = 3{,}0 \times 10^{-3}$ mol et $n_i(\text{HO}^-) = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol (1.2.2)

Si NH_4^+ est limitant : $C\, v - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = 3{,}0 \times 10^{-3}$ mol.

Si HO^- est limitant : $C_1\, v_1 - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol.

On retient la plus petite valeur : l'ion hydroxyde est le réactif limitant.

$x_{max} = C_1\, v_1 = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol

1.2.5 Que peut-on dire de la transformation ?

Données utiles $x_f = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol (1.2.3) ; $x_{max} = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol (1.2.4)

Le taux d'avancement final vaut $\tau = \dfrac{x_f}{x_{max}} = \dfrac{1{,}5 \times 10^{-3}}{1{,}5 \times 10^{-3}} = 1{,}0$.

$x_f = x_{max}$: la transformation est **totale**.

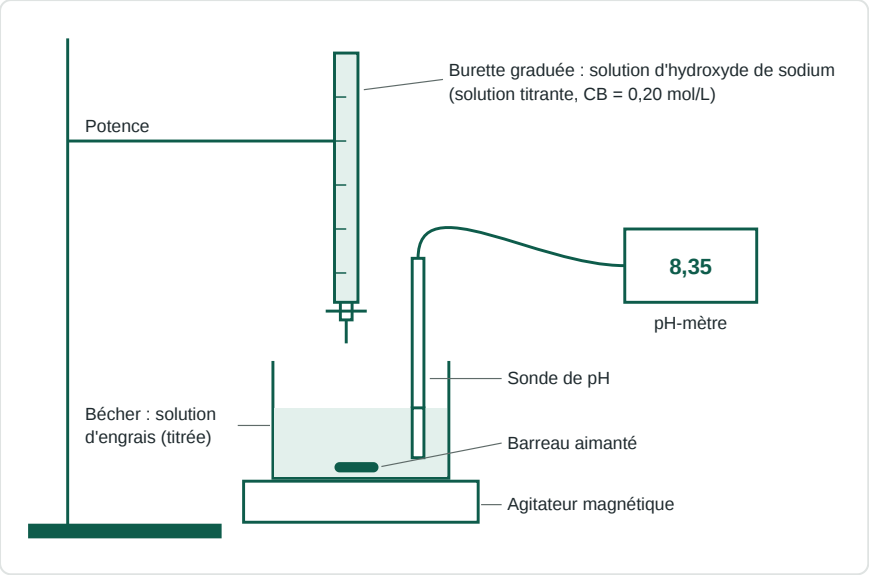
COMPRENDRE
C'est une condition indispensable pour qu'une réaction serve de support à un titrage : elle doit être totale (et rapide).

2.1 Schématiser et légender le montage permettant de réaliser un titrage pH-métrique.

La solution titrante d'hydroxyde de sodium est dans la burette graduée ; la solution d'engrais à titrer est dans le bécher, sous agitation magnétique ; la sonde du pH-mètre plonge dans le bécher.

Montage légendé : voir le schéma ci-dessous.

PIÈGE
Légendes souvent oubliées : le barreau aimanté, la sonde reliée au pH-mètre, et la nature des deux solutions (titrante dans la burette, titrée dans le bécher).



2.1 · Montage du titrage pH-métrique

2.2.1 Laquelle des deux courbes de l'annexe permet de déterminer les coordonnées du point d'équivalence avec le plus de précision ? Justifier.

Le saut de pH est nettement plus ample et plus raide sur la courbe du bécher B1 que sur celle du bécher B2, où la solution est très diluée. Le point d'équivalence se repère d'autant mieux que le saut est marqué.

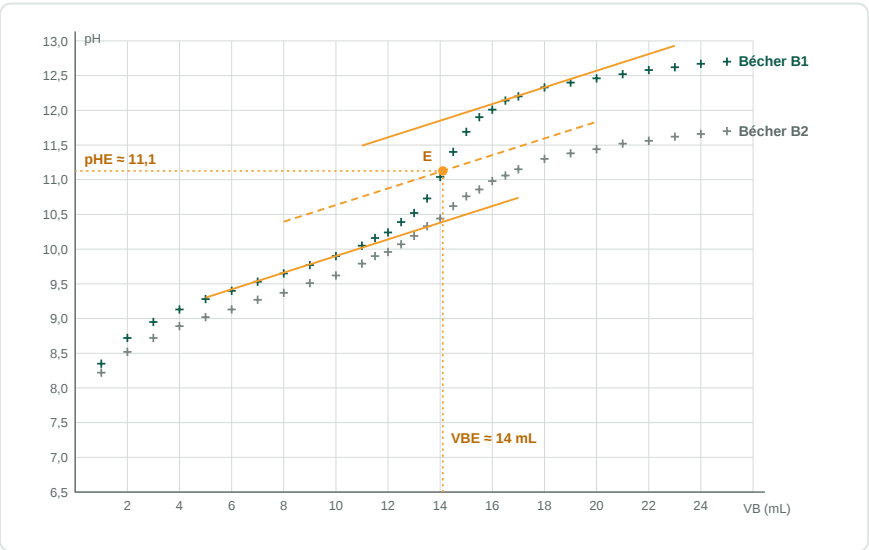
On choisit la courbe du **bécher B1**.

2.2.2 Déterminer graphiquement les coordonnées du point équivalent sur la courbe choisie.

Méthode des tangentes parallèles sur la courbe B1 : on trace deux tangentes parallèles de part et d'autre du saut de pH, puis la droite parallèle et équidistante des deux. Elle coupe la courbe au point équivalent E.

E : $V_{BE} \approx 14$ mL et $\text{pH}_E \approx 11{,}1$

COMPRENDRE
La lecture est délicate, car le saut reste peu marqué : V_{BE} est connu à environ 0,5 mL près. Toute valeur voisine de 14 mL, avec les tracés apparents, est acceptée.



2.2.2 · Annexe : méthode des tangentes parallèles sur la courbe du bécher B1 (tracés de l'élève en orange)

2.2.3 L'ajout d'eau déminéralisée a-t-il une influence sur le volume versé à l'équivalence ? Expliquer.

Ajouter de l'eau diminue la concentration des ions ammonium, mais ne change pas leur quantité de matière dans le bécher : les deux béchers contiennent les mêmes 10 mL de solution S. Il faut donc verser la même quantité d'ions hydroxyde pour atteindre l'équivalence. Les deux courbes le confirment : les sauts de pH se situent au même volume.

Non : le volume équivalent est le même pour B1 et B2.

PIÈGE
Confondre dilution et changement de quantité de matière. La dilution modifie l'allure de la courbe (pH, hauteur du saut), pas l'abscisse de l'équivalence.

2.3 Quelle autre méthode, plus précise, peut-on utiliser pour déterminer le point d'équivalence ?

On fait calculer par un tableur la dérivée $\frac{\mathrm{dpH}}{\mathrm{d}V_B}$ et on trace sa courbe en fonction de V_B.

Méthode de la courbe dérivée : V_{BE} est l'abscisse de l'extremum (ici le maximum) de $\frac{\mathrm{dpH}}{\mathrm{d}V_B}$.

COMPRENDRE
À l'équivalence, la pente de la courbe $\mathrm{pH} = f(V_B)$ est la plus forte : sa dérivée y passe donc par un maximum.

3.1 Définir l'équivalence d'un dosage.

À l'équivalence, le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction de titrage : ils sont tous deux entièrement consommés.

COMPRENDRE
Avant l'équivalence, le réactif titrant est limitant ; après, c'est le réactif titré. L'équivalence correspond donc au changement de réactif limitant.

3.2 Quelles espèces chimiques sont présentes dans le mélange réactionnel à l'équivalence ? Justifier le pH basique de la solution en ce point.

À l'équivalence, $\mathrm{NH_4^+}$ et $\mathrm{HO^-}$ ont été consommés. Le mélange contient : l'ammoniac $\mathrm{NH_3}$ formé, l'eau, et les ions spectateurs $\mathrm{Na^+}$ (apportés par la burette) et $\mathrm{NO_3^-}$ (apportés par l'engrais).

L'ammoniac est une base (couple $\mathrm{NH_4^+}$ / $\mathrm{NH_3}$) ; les ions $\mathrm{Na^+}$ et $\mathrm{NO_3^-}$ n'ont pas de propriétés acido-basiques. La base réagit avec l'eau : $\mathrm{NH_3 + H_2O = NH_4^+ + HO^-}$.

Espèces : $\mathrm{NH_3}$, $\mathrm{H_2O}$, $\mathrm{Na^+}$, $\mathrm{NO_3^-}$. La solution contient une base, $\mathrm{NH_3}$: le pH est basique.

PIÈGE
Oublier les ions spectateurs. Ils n'apparaissent pas dans l'équation du titrage, mais ils sont bien présents dans le bécher.

3.3 Déterminer la relation entre la quantité d'ions ammonium dosés $n_0(\mathrm{NH_4^+})$ et la quantité d'ions hydroxyde versés à l'équivalence $n_e(\mathrm{HO^-})$.

On note x_E l'avancement à l'équivalence. Les deux réactifs y sont entièrement consommés :

- $n_0(\mathrm{NH_4^+}) - x_E = 0$, soit $x_E = n_0(\mathrm{NH_4^+})$;
- $n_e(\mathrm{HO^-}) - x_E = 0$, soit $x_E = n_e(\mathrm{HO^-})$.

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

3.4 En déduire la valeur de $n_0(\mathrm{NH_4^+})$.

Données utiles $C_B = 0{,}20\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $V_{BE} = 14$ mL (2.2.2)

$$n_0(\mathrm{NH_4^+}) = n_e(\mathrm{HO^-}) = C_B\, V_{BE}$$
$$n_0(\mathrm{NH_4^+}) = 0{,}20 \times 14 \times 10^{-3} = 2{,}8 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol}$$

$n_0(\mathrm{NH_4^+}) = 2{,}8 \times 10^{-3}$ mol dans les 10 mL de solution S titrés.

PIÈGE
Utiliser le volume total du bécher (10 mL ou 300 mL) dans le calcul : seuls C_B et V_{BE} interviennent ici.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$0.20 \times 14 \times 10^{-3}$
$\approx$ 0.0028

3.5 Quelle quantité d'ions ammonium $n(\mathrm{NH_4^+})$ a-t-on dans la fiole jaugée de 250 mL ? En déduire la quantité de nitrate d'ammonium présente dans cette fiole.

Données utiles $n_0(\mathrm{NH_4^+}) = 2{,}8 \times 10^{-3}$ mol dans 10 mL de S (3.4) ; $V = 250$ mL

La fiole contient 250 mL de solution S, soit $\dfrac{250}{10} = 25$ fois le volume titré :

$$n(\mathrm{NH_4^+}) = 25 \times n_0(\mathrm{NH_4^+}) = 25 \times 2{,}8 \times 10^{-3} = 7{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol}$$

La dissolution $\mathrm{NH_4NO_3\,(s) = NH_4^+\,(aq) + NO_3^-\,(aq)}$ est totale : une mole de nitrate d'ammonium libère une mole d'ions ammonium.

$n(\mathrm{NH_4NO_3}) = n(\mathrm{NH_4^+}) = 7{,}0 \times 10^{-2}$ mol

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$25 \times 2.8 \times 10^{-3}$
$\approx$ 0.07

3.6 Quelle masse d'azote y a-t-il dans une mole de nitrate d'ammonium ? En déduire la masse d'azote présente dans l'échantillon.

Données utiles $M(\mathrm{N}) = 14\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $n(\mathrm{NH_4NO_3}) = 7{,}0 \times 10^{-2}$ mol (3.5)

La formule $\mathrm{NH_4NO_3}$ compte deux atomes d'azote : une mole de nitrate d'ammonium contient 2 mol d'azote, soit une masse $2 \times M(\mathrm{N}) = 2 \times 14 = 28$ g.

Dans l'échantillon : $m(\mathrm{N}) = 2 \times M(\mathrm{N}) \times n(\mathrm{NH_4NO_3}) = 28 \times 7{,}0 \times 10^{-2} = 1{,}96$ g.

28 g d'azote par mole de $\mathrm{NH_4NO_3}$; $m(\mathrm{N}) \approx 2{,}0$ g dans l'échantillon.

PIÈGE
Ne compter qu'un seul atome d'azote. Le titrage ne dose que l'azote de $\mathrm{NH_4^+}$, mais l'ion nitrate $\mathrm{NO_3^-}$ en apporte autant.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$2 \times 14 \times 7.0 \times 10^{-2}$
$\approx$ 1.96

3.7 Calculer le pourcentage massique en azote de l'échantillon. Le comparer à celui fourni par le fabricant et conclure.

Données utiles $m(\mathrm{N}) = 1{,}96$ g (3.6) ; $m = 6{,}0$ g ; indication du fabricant : 34,4 %

$$\%(\mathrm{N}) = \frac{m(\mathrm{N})}{m} \times 100 = \frac{1{,}96}{6{,}0} \times 100 = 33\ \%$$

Écart relatif avec l'indication du sac : $\dfrac{34{,}4 - 32{,}7}{34{,}4} \times 100 \approx 5\ \%$.

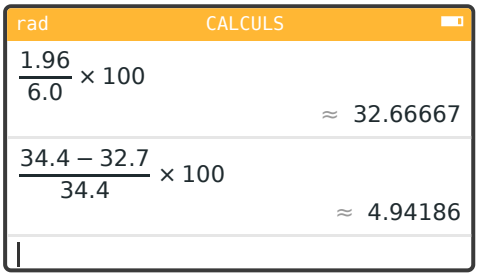
Cet écart est faible, de l'ordre de l'imprécision sur la lecture de V_{BE} (0,5 mL sur 14 mL, soit près de 4 %).

$\%(\mathrm{N}) \approx 33\ \%$, proche des 34,4 % annoncés : l'indication du fabricant est vérifiée, à la précision du titrage près.

MÉTHODE

Pour comparer une mesure à une valeur de référence, calculer l'écart relatif $\dfrac{|\text{mesure} - \text{référence}|}{\text{référence}}$, puis le confronter à la précision de la mesure.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : étude d'un rétroprojecteur

Bac S 2007 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Construire, sur l'annexe, l'image de l'objet AB donnée par la lentille dans les situations (a) et (b).

Dans chaque situation, on trace deux rayons issus de B :

- le rayon passant par le centre optique O, qui n'est pas dévié ;
- le rayon parallèle à l'axe optique, qui émerge en passant par le foyer image F′.

Situation (a) : les deux rayons émergents se coupent en B′, après la lentille.

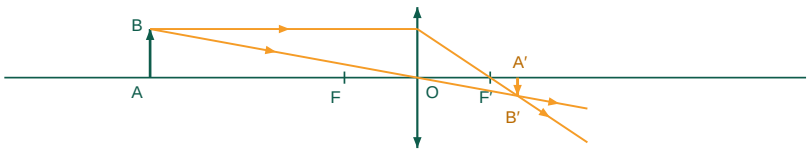
Situation (b) : les rayons émergents s'écartent l'un de l'autre. Ce sont leurs prolongements, tracés en pointillés, qui se coupent en B′, du côté de l'objet.

Dans les deux cas, A′ est sur l'axe optique, à la verticale de B′.

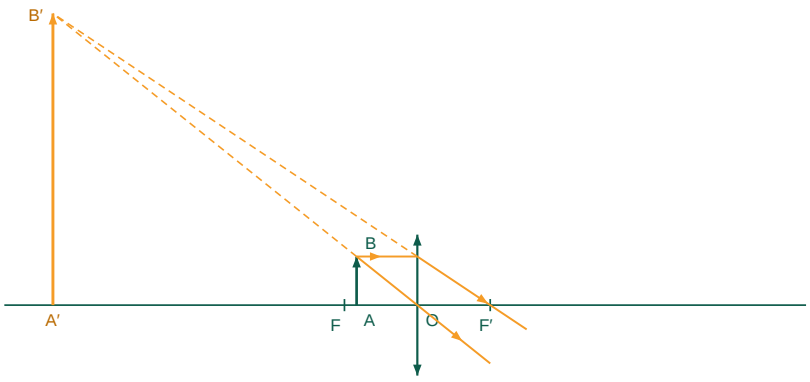
(a) : image A′B′ réelle, renversée, plus petite que l'objet. (b) : image A′B′ virtuelle, droite, plus grande que l'objet.

PIÈGE
En (b), tracer les prolongements en traits pleins, ou chercher l'image à droite de la lentille. Aucun rayon réel ne passe par B′ : pointillés obligatoires.

MÉTHODE
Deux rayons suffisent pour placer B′. Un troisième sert de contrôle : celui qui passe par le foyer objet F émerge parallèlement à l'axe optique.



Situation (a)



Situation (b)

1.1 · Annexe complétée : situation (a), image réelle renversée ; situation (b), image virtuelle droite et agrandie

1.2 Quelle situation correspond au fonctionnement de la loupe ? Justifier précisément.

En (b), l'objet est placé entre le foyer objet F et la lentille (distance objet-lentille inférieure à la distance focale). L'image est alors virtuelle, droite et agrandie : l'œil placé derrière la lentille voit l'objet plus grand, dans le même sens. C'est l'usage d'une loupe.

En (a), l'objet est loin de la lentille (au-delà de F). L'image est réelle, renversée et réduite : elle peut se former sur une pellicule ou un capteur placé un peu après F′, comme dans un appareil photographique.

La loupe correspond à la situation (b).

COMPRENDRE
Une image réelle se recueille sur un écran ; une image virtuelle ne se voit qu'en regardant à travers la lentille. C'est la position de l'objet par rapport à F qui décide.

2.1 Construire, sur le schéma de l'annexe, le trajet d'un rayon lumineux issu de B et passant par le centre optique O de la lentille L.

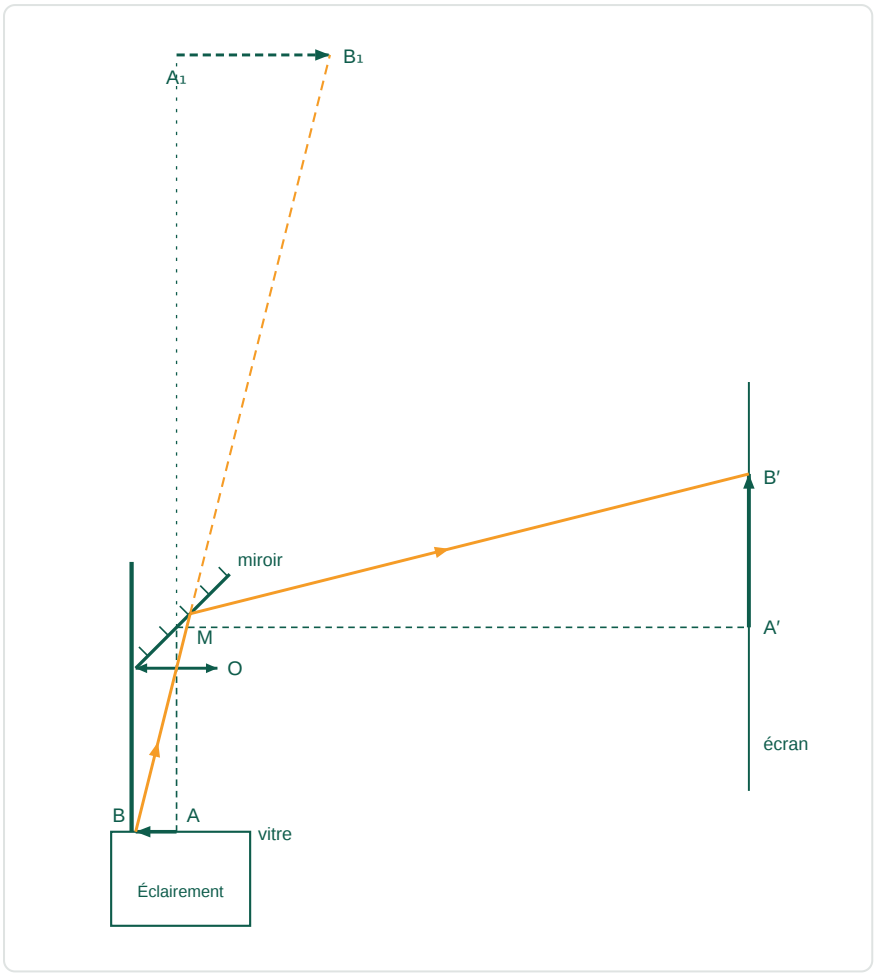
Le rayon issu de B qui passe par O traverse la lentille sans être dévié : il se dirige en ligne droite vers B_1, image de B par la lentille.

Il rencontre le miroir avant d'atteindre B_1. Le miroir le réfléchit vers B′, image définitive de B sur l'écran.

On trace donc : le segment de B au miroir, sur la droite (B O B_1) ; puis le segment du point d'incidence sur le miroir jusqu'à B′. La partie située entre le miroir et B_1 se trace en pointillés.

Trajet : B → O → miroir (en visant B_1) → B′.

MÉTHODE
Tout rayon issu de B et traversant le système arrive en B′. Il suffit de relier le point d'incidence sur le miroir à B′, sans mesurer d'angle.



2.1 · Annexe complétée : le rayon issu de B passe par O sans déviation, vise B_1, puis le miroir le renvoie vers B′

2.2.1 Quel rôle joue l'image intermédiaire A_1B_1 pour le miroir ?

L'image A_1B_1 donnée par la lentille sert d'objet pour le miroir plan, qui en donne l'image définitive $A'B'$.

Les rayons sont interceptés par le miroir avant de converger en A_1B_1 : il s'agit d'un objet virtuel.

A_1B_1 est l'objet (virtuel) du miroir.

COMPRENDRE
Dans un instrument à plusieurs éléments, l'image donnée par le premier est l'objet du second. C'est le même raisonnement que pour l'objectif et l'oculaire d'une lunette.

2.2.2 Justifier la position de l'image intermédiaire A_1B_1 sur le schéma de l'annexe.

Données utiles $MA' = 1{,}40$ m ; schéma à l'échelle 1/10

Un miroir plan donne d'un objet une image symétrique par rapport au plan du miroir. A_1B_1 et $A'B'$ sont donc symétriques par rapport au miroir.

Le miroir est incliné à 45° : le symétrique de l'écran vertical est un plan horizontal, et le symétrique de A' est sur l'axe optique vertical de la lentille, avec $MA_1 = MA' = 1{,}40$ m.

A_1B_1 est horizontale, A_1 sur l'axe optique à $14{,}0$ cm au-dessus de M sur le schéma, avec $A_1B_1 = A'B'$.

COMPRENDRE
A_1B_1 est perpendiculaire à l'axe optique de la lentille, comme l'objet AB : c'est cohérent avec une image donnée par une lentille mince.

2.2.3 Définir le grandissement γ pour l'image intermédiaire A_1B_1 donnée par la lentille L, puis le déterminer à l'aide du schéma de l'annexe.

Données utiles schéma à l'échelle 1/10

Définition : $\gamma = \dfrac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{OA_1}}{\overline{OA}}$

Sur le schéma, on mesure $AB = 1{,}0$ cm et $A_1B_1 = 3{,}7$ cm. L'image est de sens contraire à l'objet (B est à gauche de A, B_1 à droite de A_1), donc γ est négatif :

$$\gamma = \frac{-3{,}7}{1{,}0} = -3{,}7$$

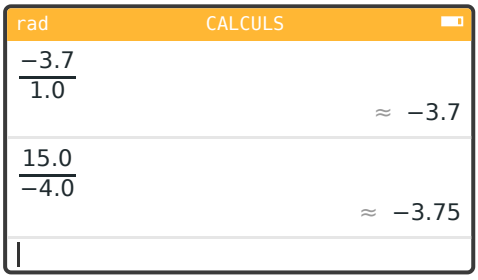
Contrôle avec les positions : $OA = 4{,}0$ cm et $OA_1 = 15{,}0$ cm, soit $\gamma = \dfrac{15{,}0}{-4{,}0} \approx -3{,}8$, valeur compatible.

$\gamma \approx -3{,}7$: image renversée, environ 3,7 fois plus grande que l'objet.

PIÈGE
Oublier le signe. Le grandissement est un rapport de grandeurs algébriques : une image renversée donne $\gamma < 0$.

COMPRENDRE
Un rapport de longueurs ne dépend pas de l'échelle : inutile de convertir les mesures en dimensions réelles. Deux chiffres significatifs, comme la mesure de AB.

À LA CALCULATRICE



2.2.4 À partir des données numériques du texte, retrouver par le calcul la distance focale de la lentille L. Le résultat est-il conforme à la donnée du constructeur ?

Données utiles $d = OA = 400$ mm ; $h = OM = 100$ mm ; $MA' = 1{,}40$ m ; constructeur : $f' = 315$ mm

Position de l'objet : $\overline{OA} = -d = -0{,}400$ m (objet avant la lentille).

Position de l'image : $MA_1 = MA' = 1{,}40$ m (symétrie), donc $\overline{OA_1} = h + MA_1 = 0{,}100 + 1{,}40 = 1{,}50$ m.

Relation de conjugaison : $\dfrac{1}{\overline{OA_1}} - \dfrac{1}{\overline{OA}} = \dfrac{1}{f'}$, d'où $f' = \dfrac{\overline{OA_1} \times \overline{OA}}{\overline{OA} - \overline{OA_1}}$

$$f' = \frac{1{,}50 \times (-0{,}400)}{-0{,}400 - 1{,}50} = 0{,}316 \text{ m}$$

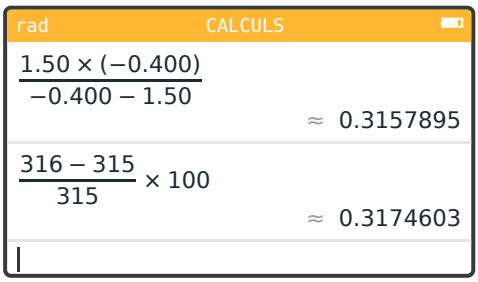
Écart relatif avec la valeur du constructeur : $\dfrac{316 - 315}{315} \approx 0{,}3\ \%$.

$f' = 316$ mm : résultat conforme à la donnée du constructeur (315 mm).

PIÈGE
Écrire $\overline{OA} = +0{,}400$ m. L'objet est avant la lentille : sa position algébrique est négative. Avec le mauvais signe, on trouve $f' = 0{,}545$ m.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme les données. La relation de conjugaison et le grandissement sont vus en première ; ils restent exigibles en terminale.

À LA CALCULATRICE



2.3 L'écran est placé à $MA'_1 = 4{,}00$ m du miroir. Calculer la valeur d_2 de OA donnant une image nette, puis en déduire l'évolution de d quand la distance miroir-écran augmente.

Données utiles $f' = 315$ mm ; $h = 100$ mm ; $MA'_1 = 4{,}00$ m ; $d = 400$ mm pour $MA' = 1{,}40$ m

Par symétrie par rapport au miroir, l'image intermédiaire est à $4{,}00$ m de M : $\overline{OA_1} = h + 4{,}00 = 4{,}10$ m.

Avec $\overline{OA} = -d_2$, la relation de conjugaison s'écrit $\dfrac{1}{\overline{OA_1}} + \dfrac{1}{d_2} = \dfrac{1}{f'}$,

d'où $d_2 = \dfrac{f' \times \overline{OA_1}}{\overline{OA_1} - f'}$

$$d_2 = \frac{0{,}315 \times 4{,}10}{4{,}10 - 0{,}315} = 0{,}341 \text{ m}$$

Pour un écran à $1{,}40$ m, on avait $d = 400$ mm ; pour $4{,}00$ m, $d_2 = 341$ mm.

$d_2 = 341$ mm : quand la distance miroir-écran augmente, il faut diminuer d (rapprocher la lentille de l'objet).

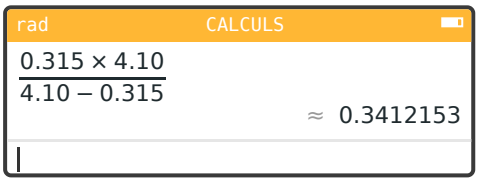
PIÈGE

Prendre $\overline{OA_1} = 4{,}00$ m en oubliant h : la distance donnée part du miroir, pas de la lentille.

COMPRENDRE

Plus l'écran est loin, plus l'objet se rapproche du foyer objet, sans l'atteindre : d reste supérieure à $f' = 315$ mm. L'image est aussi plus grande ($\gamma = -4{,}10/0{,}341 \approx -12$).

À LA CALCULATRICE



Détermination de la concentration en dioxyde de soufre de l'air d'une grande agglomération

Bac S 2007 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Comment appelle-t-on l'état d'énergie E_1 de la molécule de dioxyde de soufre ?

L'état E_0 est l'état fondamental, le plus stable. L'état E_1, d'énergie plus élevée et instable, est atteint après absorption du rayonnement ultraviolet.

E_1 est un **état excité** de la molécule.

1.2 Placer sur le diagramme en annexe les états d'énergie E_0, E_1 et E_2, en justifiant la démarche.

L'état fondamental est celui de plus basse énergie : E_0 est le niveau le plus bas.

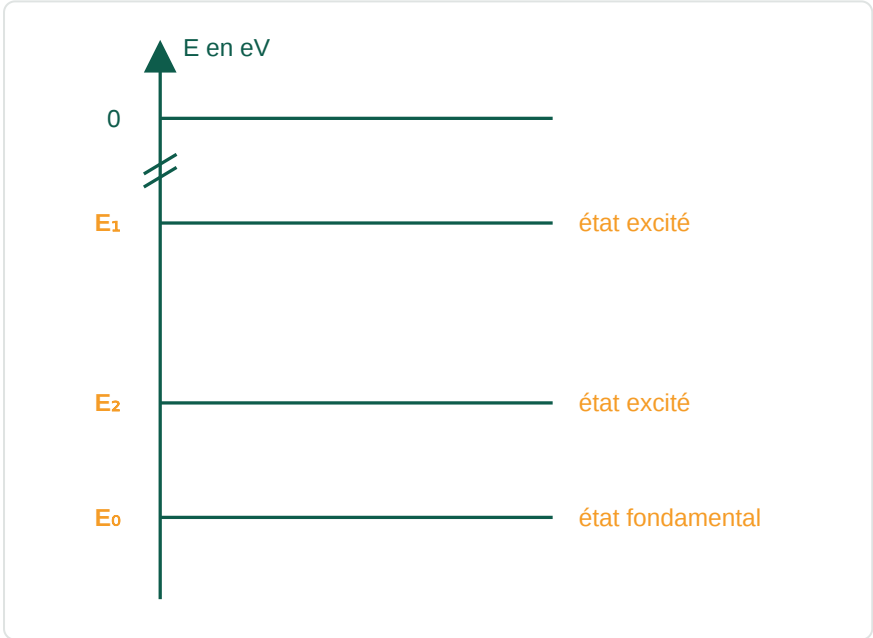
En passant de E_1 à E_2, la molécule émet un rayonnement : elle perd de l'énergie, donc $E_2 < E_1$.

Le rayonnement émis a une longueur d'onde $\lambda_2 > \lambda_1$: l'énergie libérée $E_1 - E_2$ est plus petite que l'énergie absorbée $E_1 - E_0$, donc $E_2 > E_0$ (le texte précise d'ailleurs que E_2 diffère de E_0).

$E_0 < E_2 < E_1$: de bas en haut, E_0, E_2, puis E_1.

COMPRENDRE

Toutes ces énergies sont négatives : le zéro, placé en haut de l'axe, correspond à la molécule ionisée. Plus un niveau est bas, plus l'état est stable.



1.2 · Annexe complétée : les trois niveaux d'énergie

2.1 La transition entre les états E_0 et E_1 correspond-elle à une émission ou à une absorption de lumière ? Justifier.

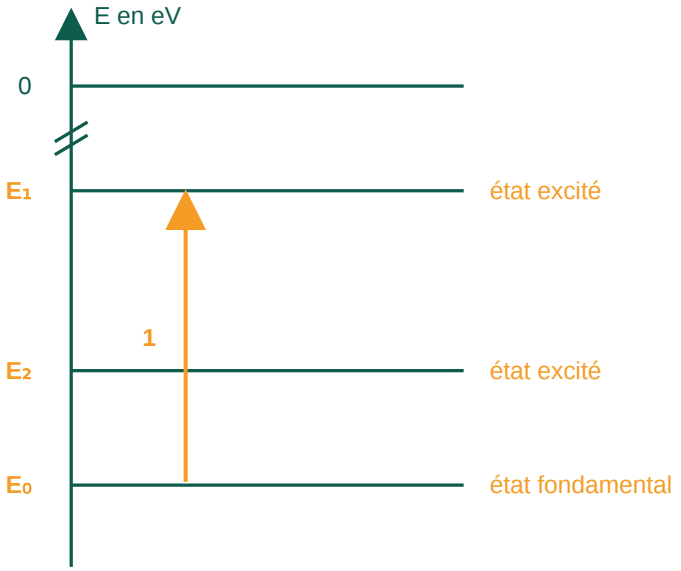
La molécule passe de l'état fondamental E_0 à l'état E_1 d'énergie supérieure : elle gagne de l'énergie. Cette énergie lui est fournie par le rayonnement de la lampe à vapeur de zinc.

C'est une **absorption** : la molécule absorbe un photon de longueur d'onde λ_1.

2.2 Représenter sur le diagramme cette transition par une flèche notée 1.

Flèche 1 verticale, orientée vers le haut, du niveau E_0 au niveau E_1 .

PIÈGE
Le sens de la flèche compte : vers le haut pour une absorption. Elle part exactement d'un niveau et s'arrête exactement sur l'autre.



2.2 · Annexe : flèche 1, absorption du photon de longueur d'onde λ₁

2.3 Donner l'expression littérale de l'énergie ΔE_1 correspondant à la transition en fonction des données. La calculer en eV.

Données utiles $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; $\lambda_1 = 214$ nm ; 1 eV $= 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

L'énergie du photon absorbé est égale à l'écart entre les deux niveaux :

$$\Delta E_1 = E_1 - E_0 = \frac{h\,c}{\lambda_1}$$

$$\Delta E_1 = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{214 \times 10^{-9}} = 9{,}29 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

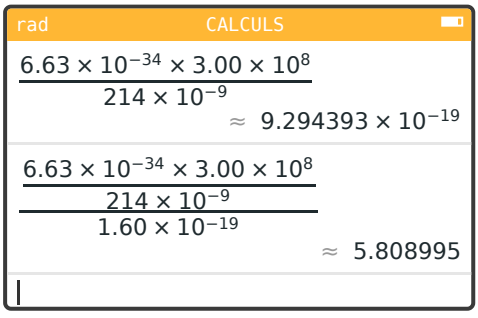
En électronvolts : $\Delta E_1 = \dfrac{9{,}29 \times 10^{-19}}{1{,}60 \times 10^{-19}}$

$\Delta E_1 = 5{,}81$ eV

PIÈGE
Laisser λ_1 en nanomètres : la relation exige des mètres ($214\ \text{nm} = 214 \times 10^{-9}$ m). Pour passer des joules aux électronvolts, on divise par $1{,}60 \times 10^{-19}$.

COMPRENDRE
Toutes les données ont trois chiffres significatifs : le résultat en garde trois.

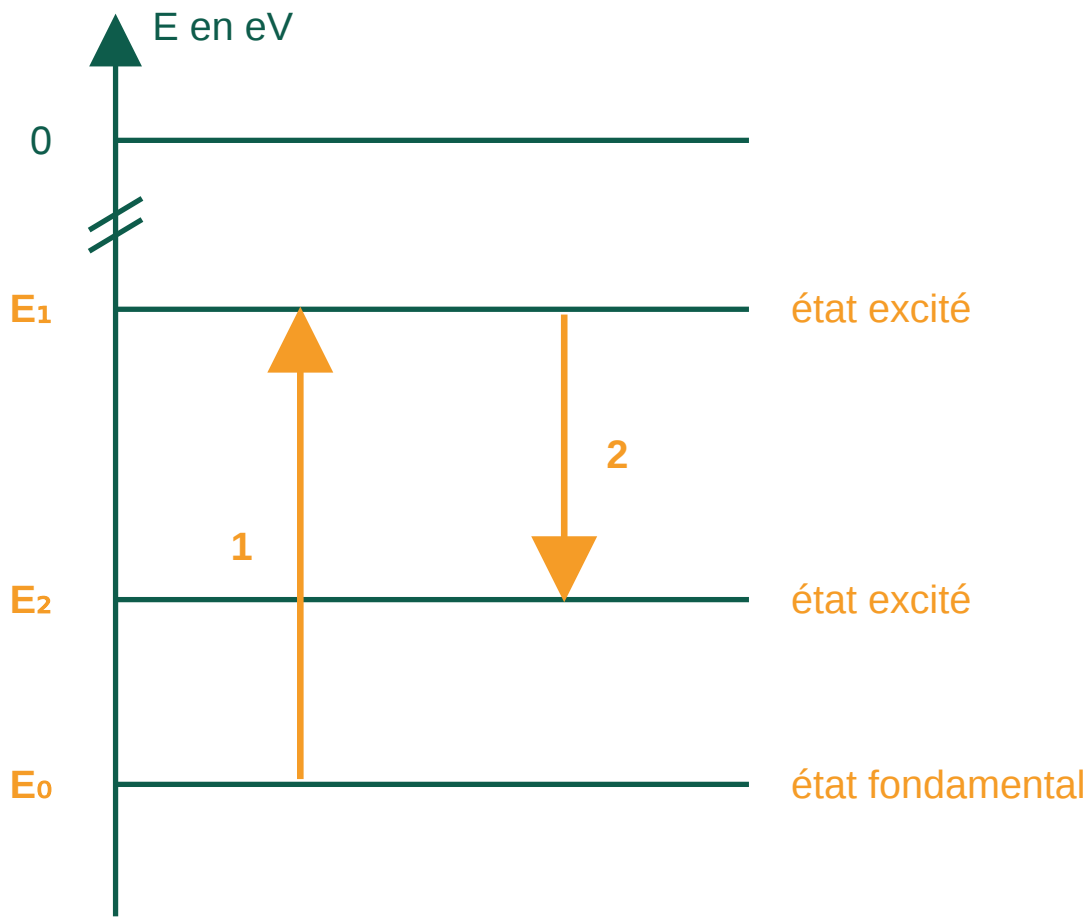
À LA CALCULATRICE



3.1 Représenter sur le diagramme la transition entre les états E_1 et E_2 par une flèche notée 2.

La molécule se désexcite en émettant un rayonnement : elle descend du niveau E_1 au niveau E_2.

Flèche 2 verticale, orientée vers le bas, du niveau E_1 au niveau E_2.



3.1 · Annexe : flèche 2, émission du photon de longueur d'onde λ2

3.2 Déterminer, en nm, la longueur d'onde λ_2 de la radiation émise. Cette radiation est-elle bien dans le domaine de l'ultraviolet ? Justifier.

Données utiles $\Delta E_2 = 3{,}65$ eV ; $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; 1 eV $= 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

Le photon émis emporte l'énergie $\Delta E_2 = \dfrac{h\,c}{\lambda_2}$, donc $\lambda_2 = \dfrac{h\,c}{\Delta E_2}$, avec ΔE_2 en joules.

$$\lambda_2 = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{3{,}65 \times 1{,}60 \times 10^{-19}} = 3{,}41 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

Le domaine visible s'étend de 400 nm à 800 nm environ ; l'ultraviolet correspond aux longueurs d'onde inférieures à 400 nm.

$\lambda_2 = 341\ \text{nm} < 400\ \text{nm}$: la radiation émise est bien dans l'**ultraviolet**.

PIÈGE
Utiliser ΔE_2 en eV dans la formule : il faut d'abord la convertir en joules en multipliant par $1{,}60 \times 10^{-19}$.

COMPRENDRE
On retrouve $\lambda_2 > \lambda_1$, comme l'annonce le texte : l'énergie émise (3,65 eV) est inférieure à l'énergie absorbée (5,81 eV).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{3.65 \times 1.60 \times 10^{-19}} \approx 3.405822 \times 10^{-7}$$

4.1 Déterminer la concentration $[SO_2]_1$ en dioxyde de soufre pour l'air de la grande agglomération, en ppbv.

Données utiles étalonnage : $[SO_2]_0 = 100$ ppbv pour $U_0 = 0{,}50$ V ; mesure : $U_1 = 0{,}15$ V

La tension de sortie est proportionnelle à la concentration : $U_S = k\,[SO_2]$, avec le même coefficient k pour l'étalon et pour la mesure.

$$\frac{U_1}{U_0} = \frac{[SO_2]_1}{[SO_2]_0} \quad \text{donc} \quad [SO_2]_1 = [SO_2]_0 \times \frac{U_1}{U_0} = 100 \times \frac{0{,}15}{0{,}50}$$

$$\boxed{[SO_2]_1 = 30 \text{ ppbv}}$$

MÉTHODE
Étalonnage par un seul point : dès que la grandeur mesurée est proportionnelle à la concentration, un rapport de mesures donne le rapport des concentrations.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{100 \times 0.15}{0.50} \approx 30$$

4.2 La limite admise pour une personne étant de $50\ \mu g \cdot m^{-3}$ de gaz, l'air de la grande agglomération est-il respirable sans danger ?

Données utiles $[SO_2]_1 = 30$ ppbv (4.1) ; 1 ppbv $= 2{,}66\ \mu g \cdot m^{-3}$ pour le dioxyde de soufre

Conversion en concentration en masse : $[SO_2]_1 = 30 \times 2{,}66 = 80\ \mu g \cdot m^{-3}$ (deux chiffres significatifs, comme les tensions).

$80\ \mu g \cdot m^{-3} > 50\ \mu g \cdot m^{-3}$: la limite est dépassée, cet air n'est **pas respirable sans danger**.

PIÈGE
Comparer directement 30 ppbv à la limite de 50 : les deux valeurs ne sont pas dans la même unité. Il faut convertir avant de conclure.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$30 \times 2.66 \approx 79.8$$