Corrigé complet — Bac 2022 Polynésie Jour 1

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Synthèse d'un ester à odeur florale** Estérification · Chauffage à reflux · Extraction liquide-liquide · Spectroscopie infrarouge · Rendement d'une synthèse · Dosage par étalonnage	10 pts	1 h 45	20 questions	p. 2
Ex 2	**Acoustique d'une salle** Diffraction par une fente · Angle caractéristique de diffraction · Exploitation d'un graphique · Longueur d'onde et fréquence · Ondes sonores	5 pts	53 min	9 questions	p. 8
Ex 3	**Un tracteur gravitationnel pour dévier un astéroïde** Force d'interaction gravitationnelle · Vecteur variation de vitesse · Deuxième loi de Newton · Mouvement circulaire uniforme · Troisième loi de Kepler	5 pts	53 min	9 questions	p. 12
Ex 4	**éclipse solaire du 10 juin 2021** Lunette astronomique afocale · Lentilles convergentes et foyers · Construction d'une image · Grossissement · Diamètre apparent	5 pts	53 min	13 questions	p. 17

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.

Synthèse d'un ester à odeur florale

Bac 2022 Polynésie Jour 1 · Exercice 1 **10 points** **Durée conseillée 1 h 45**

1.1 Nommer le groupe caractéristique entouré sur la molécule d'acide benzoïque.

Le groupe entouré est $-\mathrm{COOH}$: un carbone doublement lié à un oxygène et porteur d'un groupe $-\mathrm{OH}$.

Groupe **carboxyle** (famille des acides carboxyliques).

PIÈGE
Répondre « acide carboxylique » : c'est le nom de la famille, pas celui du groupe.

1.2 Vérifier que la molécule D correspond à la molécule d'eau.

Avec les formules brutes, l'équation s'écrit :
$\mathrm{C_7H_6O_2} + \mathrm{CH_4O} \rightleftharpoons \mathrm{C_8H_8O_2} + \mathrm{D}$.

Conservation des éléments entre réactifs et produits :

- carbone : $7 + 1 = 8$, déjà présents dans l'ester ;
- hydrogène : $6 + 4 = 10$, dont 8 dans l'ester : D contient 2 H ;
- oxygène : $2 + 1 = 3$, dont 2 dans l'ester : D contient 1 O.

D a pour formule $\mathrm{H_2O}$: c'est bien la molécule d'eau.

MÉTHODE
Dans une formule topologique, chaque sommet du cycle est un carbone ; on complète avec des H jusqu'à quatre liaisons par carbone. Le cycle benzénique monosubstitué est $\mathrm{C_6H_5^-}$.

2.1 Préciser le rôle de l'acide sulfurique ajouté dans l'étape 1 du protocole.

L'acide sulfurique est ajouté en très petite quantité (3 gouttes) et n'apparaît pas dans l'équation de la réaction.

C'est un **catalyseur** : il accélère la réaction sans modifier l'état final.

PIÈGE
Écrire que le catalyseur augmente le rendement. Il permet seulement d'atteindre plus vite le même état d'équilibre.

2.2 Identifier, parmi les montages de la figure 2, celui correspondant à l'étape 1.

L'étape 1 est un chauffage à reflux dans un ballon : il faut un ballon posé dans un chauffe-ballon, surmonté d'un réfrigérant à eau vertical.

C'est le **montage B**.

COMPRENDRE
Le montage C est une distillation : les vapeurs condensées sont recueillies à part, elles ne retournent pas dans le ballon.

2.3 Donner un des intérêts du chauffage à reflux.

Chauffer accélère la réaction, car la température est un facteur cinétique. Le réfrigérant condense les vapeurs, qui retombent dans le ballon.

On chauffe pour aller plus vite, **sans perte de matière** (réactifs ou produits).

2.4 En étudiant les pictogrammes de sécurité des réactifs, justifier les précautions opératoires prises et citer les précautions d'usage.

- Le méthanol est toxique et CMR, l'acide benzoïque est CMR : on travaille **sous la hotte** pour ne pas respirer de vapeurs.
- Le méthanol est inflammable : pas de flamme, on chauffe avec un chauffe-ballon électrique.
- L'acide benzoïque est corrosif (comme l'acide sulfurique concentré) : port de **gants**, de **lunettes** de protection et d'une **blouse** fermée.

Hotte, chauffage sans flamme, gants, lunettes et blouse.

COMPRENDRE
Le sujet traduit CMR par « cancérogène, mutagène et neurotoxique ». La signification exacte est cancérogène, mutagène, reprotoxique (toxique pour la reproduction). Cela ne change rien aux précautions à prendre.

2.5 Expliquer le choix d'ajout d'eau salée dans l'étape 2 du protocole.

Données utiles ester : solubilité très faible dans l'eau, insoluble dans l'eau salée ; masses volumiques : ester $1{,}1\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, eau salée saturée $1{,}2\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$

Le benzoate de méthyle est insoluble dans l'eau salée, alors qu'il reste un peu soluble dans l'eau : avec l'eau salée, tout l'ester passe dans la phase organique. Le méthanol, très soluble dans l'eau salée, est au contraire entraîné dans la phase aqueuse.

L'eau salée permet de **séparer l'ester** du méthanol en limitant les pertes d'ester.

COMPRENDRE
Autre avantage : l'eau salée ($1{,}2\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) est nettement plus dense que l'ester ($1{,}1\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$). Les deux phases se séparent mieux qu'avec de l'eau pure.

2.6 Identifier les espèces chimiques contenues dans chacune des deux phases de l'étape 2.

On répartit les espèces selon leur solubilité dans l'eau salée.

- **Phase aqueuse** (en bas, la plus dense) : eau, ions Na^+ et Cl^-, méthanol restant, acide sulfurique.
- **Phase organique** (au-dessus) : benzoate de méthyle et acide benzoïque restant.

Aqueuse : eau salée, méthanol, acide sulfurique. Organique : ester et acide benzoïque.

PIÈGE
Oublier les réactifs restants. La transformation est limitée (symbole $\rightleftharpoons$) : il reste du méthanol et de l'acide benzoïque à l'état final.

2.7 Montrer, par l'écriture d'une équation, que l'ajout de la solution d'hydrogénocarbonate de sodium (étape 3) transforme l'acide benzoïque restant en ion benzoate.

Données utiles $\text{p}K_A(\text{CO}_2,\text{H}_2\text{O}\ /\ \text{HCO}_3^-) = 6{,}4$; $\text{p}K_A(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}\ /\ \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-) = 4{,}2$

L'ion HCO_3^- est la base du couple $\text{CO}_2,\text{H}_2\text{O}\ /\ \text{HCO}_3^-$; l'acide benzoïque est l'acide du couple $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}\ /\ \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$. L'acide cède un ion H^+ à la base :

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}\,(\text{s}) + \text{HCO}_3^-\,(\text{aq}) \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-\,(\text{aq}) + \text{CO}_2,\text{H}_2\text{O}\,(\text{aq})$$

Comme $4{,}2 < 6{,}4$, l'acide benzoïque est un acide plus fort que $\text{CO}_2,\text{H}_2\text{O}$: la réaction est favorisée.

L'acide benzoïque est transformé en ion benzoate $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$, soluble dans l'eau.

COMPRENDRE
L'ion benzoate, chargé, passe dans la phase aqueuse : il ne reste que l'ester dans la phase organique. Le CO_2 formé se dégage, d'où le dégazage demandé à l'étape 3.

3.1 En utilisant les données, montrer que le spectre de la figure 3 peut correspondre au benzoate de méthyle.

Données utiles $C{=}O$: $1650 - 1740\ \text{cm}^{-1}$, fine, forte ; $C{-}O$: $1000 - 1300\ \text{cm}^{-1}$, fine, forte ; $C{-}H$: $2800 - 3000\ \text{cm}^{-1}$, faible ; $O{-}H$: large, entre 2500 et $3400\ \text{cm}^{-1}$

Le benzoate de méthyle $C_6H_5{-}COO{-}CH_3$ possède des liaisons $C{=}O$, $C{-}O$ et $C{-}H$, mais aucune liaison $O{-}H$. Sur le spectre :

- bande fine et forte vers $1720\ \text{cm}^{-1}$: liaison $C{=}O$;
- bande fine et forte vers $1280\ \text{cm}^{-1}$: compatible avec une liaison $C{-}O$;
- petites bandes fines vers $2950 - 3000\ \text{cm}^{-1}$: liaisons $C{-}H$;
- aucune bande large entre 2500 et $3400\ \text{cm}^{-1}$: pas de liaison $O{-}H$.

Le spectre est compatible avec l'ester ; il ne reste ni acide benzoïque ni méthanol.

PIÈGE
Le spectre est gradué en transmittance : une absorption forte est un creux profond, pas un sommet.

MÉTHODE
En infrarouge, l'absence d'une bande est un argument aussi fort que sa présence. Ici, l'absence de bande $O{-}H$ écarte les deux réactifs.

4.1 Déterminer les quantités de matière des réactifs $n_{i,\text{alcool}}$ et $n_{i,\text{acide}}$ mis en présence.

Données utiles $m_{\text{acide}} = 12{,}2\ \text{g}$; $V_{\text{alcool}} = 4{,}0\ \text{mL}$; $\rho_{\text{alcool}} = 0{,}79\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$; $M_{\text{acide}} = 122\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_{\text{alcool}} = 32{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Le méthanol est un liquide : $n_{i,\text{alcool}} = \dfrac{m_{\text{alcool}}}{M_{\text{alcool}}} = \dfrac{\rho_{\text{alcool}} \times V_{\text{alcool}}}{M_{\text{alcool}}}$

$$n_{i,\text{alcool}} = \frac{0{,}79 \times 4{,}0}{32{,}0} = 9{,}9 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

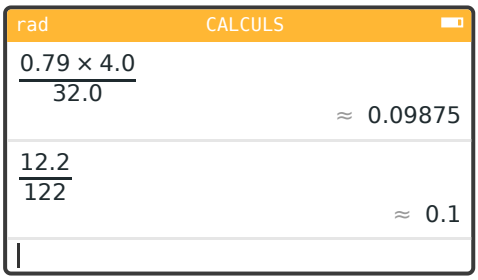
L'acide benzoïque est un solide : $n_{i,\text{acide}} = \dfrac{m_{\text{acide}}}{M_{\text{acide}}} = \dfrac{12{,}2}{122} = 0{,}100\ \text{mol}$

$n_{i,\text{alcool}} = 9{,}9 \times 10^{-2}\ \text{mol}$ et $n_{i,\text{acide}} = 1{,}00 \times 10^{-1}\ \text{mol}$

PIÈGE
Diviser directement le volume $4{,}0$ mL par la masse molaire, sans passer par la masse $m = \rho \times V$.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : ρ et V en ont deux, donc $n_{i,\text{alcool}}$ aussi ; m et M de l'acide en ont trois, donc $n_{i,\text{acide}}$ aussi.

À LA CALCULATRICE



4.2 En déduire que ces réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.

Données utiles $n_{i,\text{alcool}} = 9{,}9 \times 10^{-2}$ mol et $n_{i,\text{acide}} = 0{,}100$ mol (4.1)

Dans l'équation, les nombres stœchiométriques de l'acide et de l'alcool valent tous les deux 1. Le mélange est stœchiométrique si $\dfrac{n_{i,\text{acide}}}{1} = \dfrac{n_{i,\text{alcool}}}{1}$.

Or $9{,}9 \times 10^{-2}\ \text{mol} \approx 0{,}100\ \text{mol}$: l'écart, de l'ordre de 1 %, est inférieur à la précision des données.

$n_{i,\text{alcool}} \approx n_{i,\text{acide}} \approx 0{,}10\ \text{mol}$: proportions stœchiométriques.

4.3 Recopier et compléter le tableau d'avancement.

Les nombres stœchiométriques valent tous 1 : à l'avancement x, il a disparu x mol de chaque réactif et il s'est formé x mol de chaque produit.

État final : $n_{i,\text{acide}} - x_f$; $n_{i,\text{alcool}} - x_f$; x_f ; x_f

État	Avancement (mol)	$C_7H_6O_2(\ell)$ +	$CH_4O(\ell)$ ⇆	$C_8H_8O_2(\ell)$ +	$H_2O(\ell)$
		quantité (mol)	quantité (mol)	quantité (mol)	quantité (mol)
initial	x = 0	$n_{i,acide}$	$n_{i,alcool}$	0	0
intermédiaire	x	$n_{i,acide} - x$	$n_{i,alcool} - x$	x	x
final	x_f	$n_{i,acide} - x_f$	$n_{i,alcool} - x_f$	x_f	x_f

4.3 · Tableau d'avancement complété (en orange, les cases remplies par le candidat)

4.4 Déterminer les quantités de matière de toutes les espèces présentes à l'état final : $n_{acide,eq}$, $n_{alcool,eq}$, $n_{eau,eq}$ et $n_{ester,eq}$.

Données utiles $m_{exp} = 9{,}11$ g ; $M_{ester} = 136$ g · mol^{-1} ; $n_{i,alcool} = 9{,}9 \times 10^{-2}$ mol et $n_{i,acide} = 0{,}100$ mol (4.1)

La masse d'ester obtenue donne l'avancement final :

$$n_{ester,eq} = x_f = \frac{m_{exp}}{M_{ester}} = \frac{9{,}11}{136} = 6{,}70 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

D'après le tableau d'avancement (4.3) :

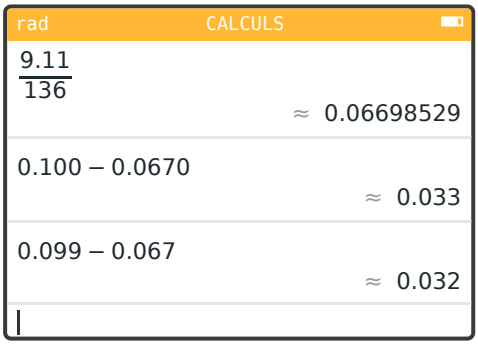
- $n_{eau,eq} = x_f = 6{,}70 \times 10^{-2}$ mol
- $n_{acide,eq} = n_{i,acide} - x_f = 0{,}100 - 0{,}0670 = 3{,}3 \times 10^{-2}$ mol
- $n_{alcool,eq} = n_{i,alcool} - x_f = 0{,}099 - 0{,}067 = 3{,}2 \times 10^{-2}$ mol

$n_{ester,eq} = n_{eau,eq} = 6{,}70 \times 10^{-2}$ mol ; $n_{acide,eq} = 3{,}3 \times 10^{-2}$ mol ; $n_{alcool,eq} = 3{,}2 \times 10^{-2}$ mol

PIÈGE
Oublier l'eau : c'est un produit de la réaction, il s'en forme autant que d'ester.

COMPRENDRE
Pour une soustraction, on garde la précision du terme le moins précis : $0{,}100 - 0{,}0670$ s'arrête au millième de mole, soit $0{,}033$ mol.

À LA CALCULATRICE



4.5 Montrer que le rendement r de la synthèse s'approche de 67 %.

Données utiles $n_{ester,eq} = 6{,}70 \times 10^{-2}$ mol (4.4) ; $n_{i,alcool} = 9{,}9 \times 10^{-2}$ mol et $n_{i,acide} = 0{,}100$ mol (4.1)

Le rendement compare la quantité d'ester obtenue à la quantité maximale, celle d'une transformation totale : $r = \frac{n_{ester,eq}}{n_{ester,max}}$.

Si la transformation était totale, le réactif en plus petite quantité, le méthanol, serait entièrement consommé : $n_{ester,max} = x_{max} = n_{i,alcool} = 9{,}9 \times 10^{-2}$ mol.

$$r = \frac{6{,}70 \times 10^{-2}}{9{,}9 \times 10^{-2}} = 0{,}68$$

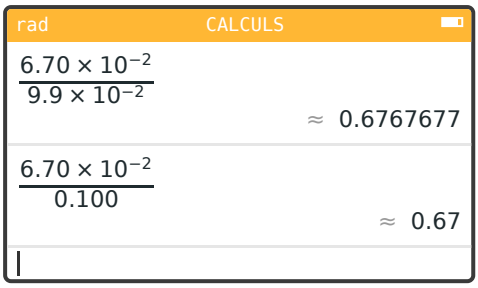
Avec la valeur arrondie $x_{max} \approx 0{,}100$ mol du mélange stœchiométrique, on obtient $r = 0{,}67$.

$r \approx 68$ %, valeur proche des 67 % attendus.

PIÈGE
Calculer le rendement avec des masses de réactif. On compare toujours l'ester obtenu à l'ester maximal, en quantité de matière ou en masse d'ester.

COMPRENDRE
L'écart entre 67 % et 68 % vient seulement de l'arrondi sur la quantité de méthanol, connue à deux chiffres significatifs. Les deux valeurs sont acceptables.

À LA CALCULATRICE



4.6 Proposer une méthode permettant d'améliorer le rendement de cette synthèse.

La transformation est limitée : pour augmenter l'avancement final, on déplace l'équilibre dans le sens de formation de l'ester.

Introduire **un réactif en excès** (par exemple le méthanol), ou **éliminer un produit** au fur et à mesure (l'eau, par distillation).

PIÈGE
Proposer de chauffer davantage ou d'ajouter du catalyseur : la réaction irait plus vite, mais le rendement resterait le même.

5.1 À l'aide de la figure 4, expliquer à quelle longueur d'onde λ le spectrophotomètre doit être réglé.

On règle le spectrophotomètre sur la longueur d'onde du maximum d'absorption : les absorbances mesurées sont les plus grandes, donc la mesure est la plus précise. Sur la figure 4, le maximum ($A \approx 0{,}37$) est atteint pour $\lambda = 270$ nm.

$\lambda = \lambda_{\text{max}} = 270 \text{ nm}$

5.2 Identifier le domaine spectral dans lequel l'absorbance est maximale.

Le domaine visible s'étend de 400 nm à 800 nm. Ici $\lambda_{\text{max}} = 270 \text{ nm} < 400 \text{ nm}$.

L'absorbance est maximale dans le domaine **ultraviolet**.

COMPRENDRE
Une espèce qui n'absorbe que dans l'ultraviolet est incolore. Les cuves sont en quartz, car le verre absorbe les ultraviolets.

5.3 Parmi la verrerie disponible, déterminer celle qui permet de préparer $V = 100{,}0$ mL de solution S_3 par dilution de la solution mère S_0.

Données utiles $c_0 = 1{,}0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $c_3 = 2{,}5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V = 100{,}0$ mL

La dilution conserve la quantité de soluté prélevée : $c_0 \times V_0 = c_3 \times V$, donc

$$V_0 = \frac{c_3 \times V}{c_0} = \frac{2{,}5 \times 10^{-3} \times 100{,}0}{1{,}0 \times 10^{-2}} = 25 \text{ mL}$$

On prélève 25,0 mL de S_0 (versée au préalable dans un bécher) avec la pipette jaugée, on les introduit dans la fiole jaugée, puis on complète à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Pipette jaugée de 25,0 mL et **fiole jaugée de 100,0 mL** (plus un bécher de 50 mL pour le prélèvement).

PIÈGE
Pipeter directement dans le flacon de solution mère, ou citer un bécher pour mesurer un volume : un bécher n'est pas un instrument de précision.

MÉTHODE
Plus rapide : facteur de dilution $F = \frac{c_0}{c_3} = 4$, donc $V_0 = \frac{V}{F} = 25$ mL. On prélève toujours avec une pipette jaugée et on dilue dans une fiole jaugée.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{2.5 \times 10^{-3} \times 100.0}{1.0 \times 10^{-2}} \approx 25$$

5.4 Montrer que la quantité de matière d'ions benzoate $n(\mathrm{A}^-)$ restante dans la phase aqueuse est égale à $3{,}3 \times 10^{-2}$ mol, comme la quantité d'acide benzoïque restant $n_{\text{acide,eq}}$ de la question 4.4.

Données utiles $A_S = 0{,}29$; droite d'étalonnage $A = 88{,}1 \times C$ (figure 6) ; dilution au centième ; volume de la phase aqueuse $V_{\text{aq}} = 100$ mL

La droite d'étalonnage passe par l'origine : l'absorbance est proportionnelle à la concentration (loi de Beer-Lambert), avec $A = 88{,}1 \times C$, C en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Concentration de la solution diluée S :

$$C_S = \frac{A_S}{88{,}1} = \frac{0{,}29}{88{,}1} = 3{,}3 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La phase aqueuse a été diluée 100 fois : $C = 100 \times C_S = 3{,}3 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Quantité d'ions benzoate dans $V_{\text{aq}} = 0{,}100$ L :

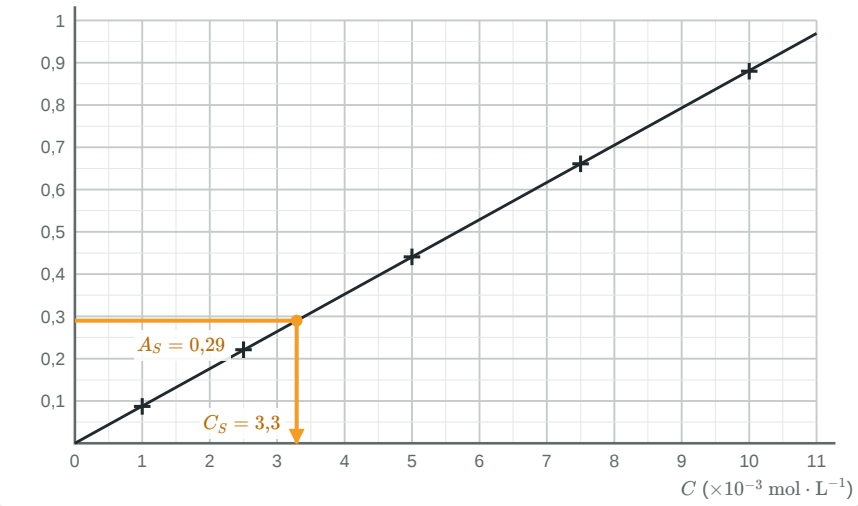
$$n(\mathrm{A}^-) = C \times V_{\text{aq}} = 3{,}3 \times 10^{-1} \times 0{,}100 = 3{,}3 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

Chaque molécule d'acide benzoïque restante a donné un ion benzoate (2.7) : $n(\mathrm{A}^-) = n_{\text{acide,eq}}$.

$n(\mathrm{A}^-) = 3{,}3 \times 10^{-2}$ mol, égale à $n_{\text{acide,eq}} = 3{,}3 \times 10^{-2}$ mol (4.4).

PIÈGE
Oublier la dilution au centième : on trouverait $3{,}3 \times 10^{-4}$ mol, cent fois trop peu. Vérifier aussi que A_S se situe dans la gamme étalon, ce qui est le cas ici.

MÉTHODE
Dosage par étalonnage : 1) lire C_S sur la droite ou avec son équation ; 2) remonter à la solution initiale avec le facteur de dilution ; 3) $n = C \times V$, volume en litres.



5.4 · Figure 6 du sujet, avec la lecture pour la solution S

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.29}{88.1} \approx 0.003291714$$

$$\frac{100 \times 0.29}{88.1} \times 0.100 \approx 0.03291714$$

Acoustique d'une salle

Bac 2022 Polynésie Jour 1 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1 Montrer que la largeur L de la tache centrale de diffraction a pour expression $L = \dfrac{2\lambda D}{a}$.

Données utiles $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$; $\tan\theta = \theta$ (angle petit)

Sur la figure 1, le triangle rectangle formé par l'axe du faisceau, l'écran et le rayon qui atteint le bord de la tache centrale a pour côté opposé à θ la demi-largeur $\dfrac{L}{2}$ et pour côté adjacent D :

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

L'angle étant petit, $\tan\theta = \theta$, donc $\theta = \dfrac{L}{2D}$.

Or $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$, d'où $\dfrac{L}{2D} = \dfrac{\lambda}{a}$.

$$\boxed{L = \frac{2\lambda D}{a}}$$

PIÈGE
Écrire $\tan\theta = \dfrac{L}{D}$: l'angle θ est repéré depuis l'axe, il ne correspond qu'à la moitié de la tache centrale. Le facteur 2 vient de là.

MÉTHODE
Deux expressions du même angle : l'une géométrique (lue sur le schéma), l'autre physique (λ/a). On les égalise, puis on isole la grandeur demandée.

2 À l'aide de la figure 2, montrer que la relation entre L et $\dfrac{1}{a}$ est du type $L = k \times \dfrac{1}{a}$.

Sur la figure 2, les points de mesure sont alignés et la droite qui les porte passe par l'origine du repère.

Ce graphique est donc celui d'une fonction linéaire : L est proportionnelle à $\dfrac{1}{a}$.

$$\boxed{L = k \times \frac{1}{a}, \text{ où } k \text{ est le coefficient directeur de la droite.}}$$

PIÈGE
Dire seulement « c'est une droite » ne suffit pas. Il faut les deux arguments : points alignés et passage par l'origine. Sans le second, la relation serait affine.

3 En utilisant la relation de la question 1, indiquer l'expression de k en fonction de λ et D.

D'après la question 1 : $L = \dfrac{2\lambda D}{a} = 2\lambda D \times \dfrac{1}{a}$.

En comparant avec $L = k \times \dfrac{1}{a}$:

$$\boxed{k = 2\lambda D}$$

4 Montrer que la valeur de la longueur d'onde λ est égale à $6{,}5 \times 10^{-7}$ m.

Données utiles $D = 2{,}00$ m ; figure 2 ; $k = 2\lambda D$ (Q3)

On trace la droite passant par l'origine et au plus près des points, puis on lit un point de cette droite : pour $\dfrac{1}{a} = 0{,}020 \times 10^{6}\ \text{m}^{-1}$, $L = 0{,}052$ m.

$$k = \frac{L}{1/a} = \frac{0{,}052}{0{,}020 \times 10^{6}} = 2{,}6 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$$

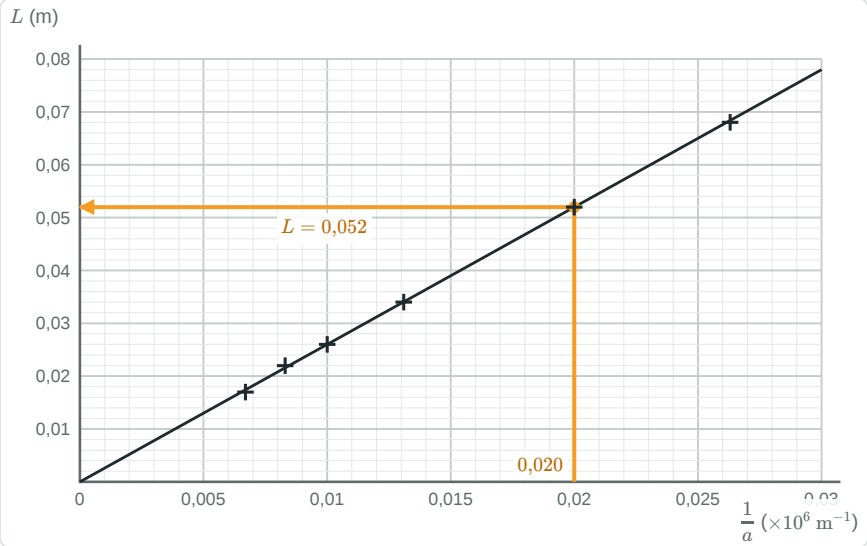
Comme $k = 2\lambda D$:

$$\lambda = \frac{k}{2D} = \frac{2{,}6 \times 10^{-6}}{2 \times 2{,}00} = 6{,}5 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

$$\boxed{\lambda = 6{,}5 \times 10^{-7}\ \text{m} : \text{c'est bien la valeur attendue.}}$$

PIÈGE
L'axe horizontal est gradué en $\times 10^{6}\ \text{m}^{-1}$: la graduation 0,020 vaut $2{,}0 \times 10^{4}\ \text{m}^{-1}$. Oublier ce facteur donne une longueur d'onde un million de fois trop grande.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs : la lecture graphique de L n'en donne pas plus. Cette longueur d'onde, 650 nm, est celle d'un laser rouge.



4 · Figure 2 du sujet, avec la droite modèle et la lecture

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{0.052}{0.020 \times 10^6} \approx 2.6 \times 10^{-6}$

$\frac{2.6 \times 10^{-6}}{2 \times 2.00} \approx 6.5 \times 10^{-7}$

5 Déterminer la valeur de l'angle θ_2, en radian, correspondant à la fente de largeur a_2 égale à 150 µm.

Données utiles $\lambda = 6{,}5 \times 10^{-7}$ m (Q4) ; $a_2 = 150\ \mu\text{m} = 150 \times 10^{-6}$ m

$$\theta_2 = \frac{\lambda}{a_2} = \frac{6{,}5 \times 10^{-7}}{150 \times 10^{-6}} = 4{,}3 \times 10^{-3}\ \text{rad}$$

$\theta_2 = 4{,}3 \times 10^{-3}$ rad

PIÈGE
Laisser a_2 en micromètres. λ et a_2 doivent être dans la même unité pour que le quotient donne un angle en radian.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{6.5 \times 10^{-7}}{150 \times 10^{-6}} \approx 0.004333333$

6 En déduire que la diffraction est la plus marquée pour la fente de largeur a_1.

Données utiles $\theta_1 = 1{,}7 \times 10^{-2}$ rad ; $\theta_2 = 4{,}3 \times 10^{-3}$ rad (Q5)

$\theta_1 = 1{,}7 \times 10^{-2}$ rad et $\theta_2 = 4{,}3 \times 10^{-3}$ rad : $\theta_1 > \theta_2$ (environ 4 fois plus grand).

Plus l'angle caractéristique est grand, plus le faisceau s'étale après la fente.

$\theta_1 > \theta_2$: la diffraction est la plus marquée pour la fente de largeur a_1, la plus étroite.

COMPRENDRE
À longueur d'onde fixée, $\theta = \lambda/a$: plus l'ouverture est étroite, plus l'onde est diffractée. C'est une propriété à connaître.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1.7 \times 10^{-2}}{4.3 \times 10^{-3}} \approx 3.953488$

7 Exprimer la longueur d'onde λ d'une onde sonore en fonction de la vitesse du son V_{son} et de sa fréquence f.

La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période T : $\lambda = V_{son} \times T$, avec $T = \dfrac{1}{f}$.

$$\lambda = \frac{V_{son}}{f}$$

8 Montrer que les longueurs d'onde λ_1 et λ_2 des sons de fréquences f_1 et f_2 valent $\lambda_1 = 1{,}70$ m et $\lambda_2 = 0{,}340$ m.

Données utiles $V_{son} = 340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $f_1 = 200$ Hz ; $f_2 = 1{,}00\ \text{kHz} = 1{,}00 \times 10^3$ Hz

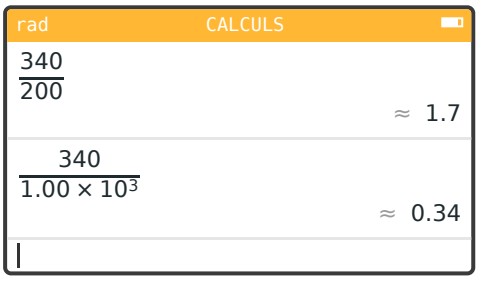
$$\lambda_1 = \frac{V_{son}}{f_1} = \frac{340}{200} = 1{,}70\ \text{m}$$

$$\lambda_2 = \frac{V_{son}}{f_2} = \frac{340}{1{,}00 \times 10^3} = 0{,}340\ \text{m}$$

$\lambda_1 = 1{,}70$ m et $\lambda_2 = 0{,}340$ m : ce sont les valeurs attendues.

PIÈGE
Garder f_2 en kilohertz : on trouverait 340 m. La fréquence se met en hertz. Écrire aussi les zéros attendus : 1,70 m et 0,340 m, à trois chiffres significatifs.

À LA CALCULATRICE



9 En se référant à la figure 1 et à la question 8, choisir, en justifiant qualitativement, la position A, B ou C qui correspond le mieux à la situation décrite par l'élève.

Données utiles largeur du pilier $a \approx 0{,}70$ m ; $\lambda_1 = 1{,}70$ m ; $\lambda_2 = 0{,}340$ m (Q8)

Le pilier diffracte les sons comme une fente de largeur $a \approx 0{,}70$ m, avec un angle caractéristique $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$.

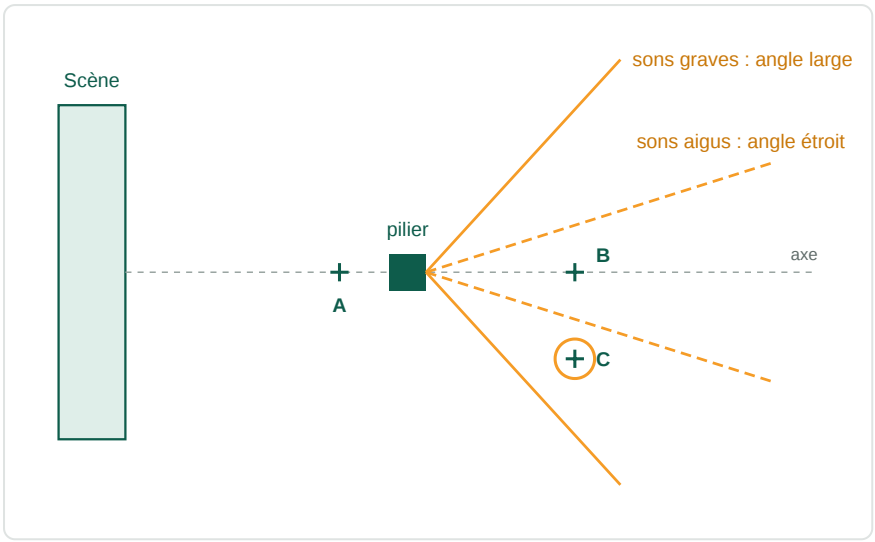
Pour une même largeur a, θ augmente avec λ. Comme $\lambda_1 > \lambda_2$, les sons graves sont beaucoup plus diffractés que les sons aigus : derrière le pilier, les graves s'étalent dans un angle très large, alors que les aigus restent proches de l'axe scène-pilier (comme le faisceau de la figure 1 reste proche de l'axe quand θ est petit).

- En A, devant le pilier, les sons arrivent directement : graves et aigus sont perçus de la même façon.
- En B, sur l'axe, les sons graves et les sons aigus diffractés parviennent tous les deux.
- En C, à l'écart de l'axe, seuls les sons très diffractés parviennent : les graves, mais peu les aigus.

L'élève, qui perçoit mieux les graves que les aigus, était en **C**.

PIÈGE
Répondre sans relier fréquence, longueur d'onde et angle. La justification attendue tient en une chaîne : son grave, donc λ grande, donc θ grand, donc son perçu loin de l'axe.

COMPRENDRE
La diffraction est d'autant plus marquée que λ est grande devant a. Ici λ_1 dépasse la largeur du pilier, λ_2 n'en vaut que la moitié : les graves contournent l'obstacle, les aigus beaucoup moins.



9 · Figure 3 du sujet : étalement des sons graves et des sons aigus derrière le pilier

Un tracteur gravitationnel pour dévier un astéroïde

Bac 2022 Polynésie Jour 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

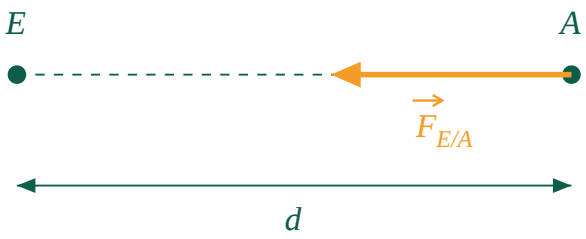
1 Représenter, sans souci d'échelle, la force d'attraction gravitationnelle $\overrightarrow{F}_{E/A}$ exercée par l'engin spatial E sur l'astéroïde A, distants de d.

La force $\overrightarrow{F}_{E/A}$ s'applique au point A, elle est portée par la droite (AE) et orientée de A vers E (force attractive).

Voir le schéma : flèche partant de A et dirigée vers E.

PIÈGE

Tracer la flèche à partir de E : ce serait la force $\overrightarrow{F}_{A/E}$ subie par l'engin. La force subie par A a son origine en A.



1 · Force exercée par l'engin E sur l'astéroïde A

2 Reproduire la figure 1 et y tracer le vecteur variation de vitesse $\Delta\overrightarrow{V}$ de l'astéroïde au point M.

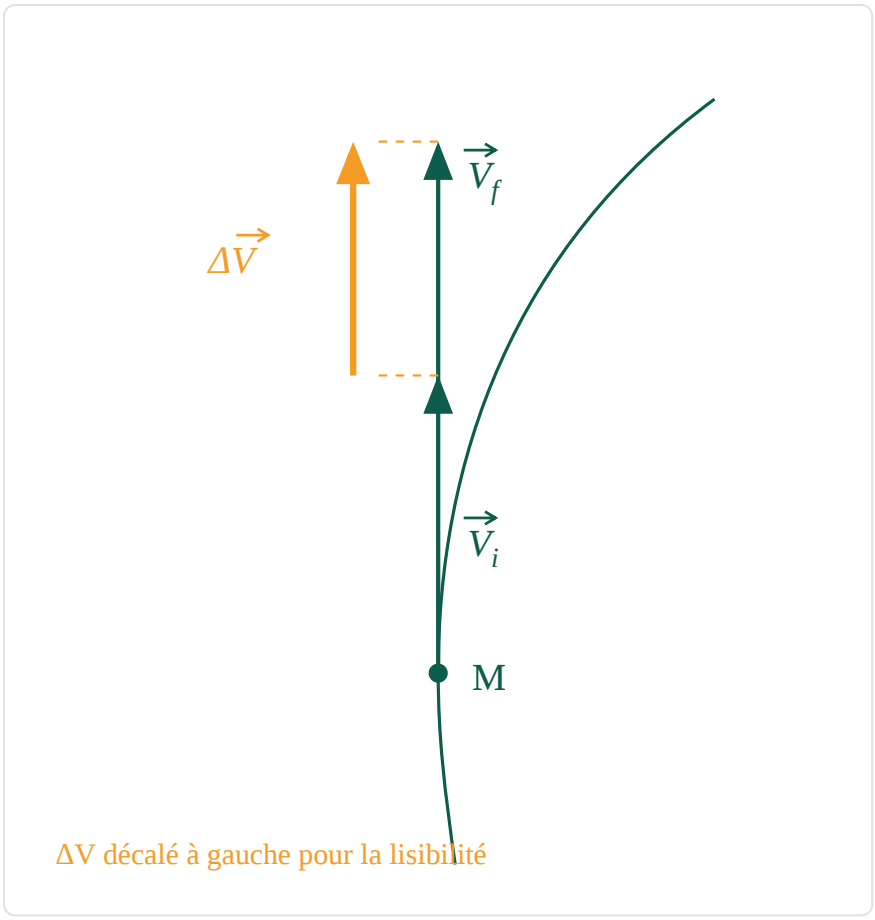
Par définition, $\Delta\overrightarrow{V} = \overrightarrow{V_f} - \overrightarrow{V_i}$.

Les deux vecteurs ont la même origine M, la même direction et le même sens : $\Delta\overrightarrow{V}$ relie l'extrémité de $\overrightarrow{V_i}$ à l'extrémité de $\overrightarrow{V_f}$.

$\Delta\overrightarrow{V}$ est tangent à la trajectoire en M, dans le sens du mouvement, de longueur $V_f - V_i$ (voir le schéma).

MÉTHODE

Pour construire $\overrightarrow{V_f} - \overrightarrow{V_i}$ avec deux vecteurs de même origine : on part de la pointe de $\overrightarrow{V_i}$ et on arrive à la pointe de $\overrightarrow{V_f}$. On peut ensuite reporter ce vecteur en M.



2 · Figure 1 complétée : vecteur variation de vitesse

3 Déduire de la question 2 la direction dans laquelle placer l'engin spatial E pour dévier l'astéroïde A : dans la direction de $\Delta\vec{V}$, perpendiculaire à $\Delta\vec{V}$ ou quelconque.

Deuxième loi de Newton appliquée à l'astéroïde de masse M, en ne retenant que l'action de l'engin : $\vec{F}_{E/A} = M\,\vec{a} \approx M\,\dfrac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$.

Comme M et Δt sont positifs, $\vec{F}_{E/A}$ et $\Delta\vec{V}$ ont même direction et même sens. Or cette force est dirigée de A vers E.

L'engin doit être placé **dans la direction de** $\Delta\vec{V}$, c'est-à-dire devant l'astéroïde, sur la tangente à sa trajectoire.

COMPRENDRE
L'engin attire l'astéroïde vers lui : placé devant, il l'accélère ; placé derrière, il le freinerait.

4 Donner l'expression de la norme de la force $F_{E/A}$ qu'exerce l'engin spatial sur Apophis en fonction de G, M, m et d, puis calculer sa valeur.

Données utiles $M = 4 \times 10^{10}$ kg ; $m = 5 \times 10^{3}$ kg ; $d = 240$ m ; $G = 6{,}67408 \times 10^{-11}$ N · m^2 · kg^{-2}

$$F_{E/A} = G\,\frac{M\,m}{d^2}$$

$$F_{E/A} = 6{,}67408 \times 10^{-11} \times \frac{4 \times 10^{10} \times 5 \times 10^{3}}{240^2}$$

$F_{E/A} = 0{,}2$ N

PIÈGE
Oublier le carré de la distance : on trouverait 56 N, soit 240 fois trop.

COMPRENDRE
Les masses M et m ne sont données qu'avec un chiffre significatif : le résultat s'écrit avec un seul chiffre, même si G en comporte six.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{6.67408 \times 10^{-11} \times 4 \times 10^{10} \times 5 \times 10^{3}}{240^2} \approx 0.2317389$$

5 En appliquant la deuxième loi de Newton à Apophis dans le référentiel héliocentrique, montrer que $\Delta t = \dfrac{\Delta V \times d^2}{G \times m}$.

Système {Apophis}, de masse M constante ; référentiel héliocentrique supposé galiléen. Pendant la durée Δt, la variation de vitesse étudiée est due à la force $\vec{F}_{E/A}$.

Deuxième loi de Newton : $\vec{F}_{E/A} = M\,\vec{a}$ avec $\vec{a} \approx \dfrac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$ (force constante, car d est constante).

En norme : $G\dfrac{M\,m}{d^2} = M\dfrac{\Delta V}{\Delta t}$, soit après simplification par M : $\dfrac{G\,m}{d^2} = \dfrac{\Delta V}{\Delta t}$.

$$\boxed{\Delta t = \frac{\Delta V \times d^2}{G \times m}}$$

COMPRENDRE
La masse M de l'astéroïde disparaît : la durée nécessaire ne dépend que de la masse de l'engin et de sa distance à l'astéroïde.

6 Montrer que la durée Δt d'utilisation du tracteur pour dévier Apophis dans ces conditions est d'environ 4 jours.

Données utiles $\Delta V = 2 \times 10^{-6}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $d = 240\ \text{m}$; $m = 5 \times 10^{3}\ \text{kg}$; $G = 6{,}67408 \times 10^{-11}\ \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

$$\Delta t = \frac{\Delta V \times d^2}{G \times m} = \frac{2 \times 10^{-6} \times 240^2}{6{,}67408 \times 10^{-11} \times 5 \times 10^{3}} = 3 \times 10^{5}\ \text{s}$$

Un jour dure $24 \times 3600 = 86\,400$ s, donc $\Delta t = \dfrac{3{,}45 \times 10^{5}}{86\,400} = 4{,}0$ jours.

$\Delta t \approx 3 \times 10^{5}\ \text{s} \approx 4\ \text{jours}$: valeur attendue retrouvée.

PIÈGE
Convertir à partir de la valeur arrondie 3×10^{5} s donne 3,5 jours. On garde la valeur non arrondie de la calculatrice pour la conversion.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{2 \times 10^{-6} \times 240^2}{6.67408 \times 10^{-11} \times 5 \times 10^{3}} \approx 345216.1$$

$$\frac{\dfrac{2 \times 10^{-6} \times 240^2}{6.67408 \times 10^{-11} \times 5 \times 10^{3}}}{86\,400} \approx 3.995557$$

7 Établir la troisième loi de Kepler pour Apophis dans le référentiel héliocentrique.

Système {Apophis}, de masse M ; référentiel héliocentrique supposé galiléen ; seule force retenue : l'attraction du Soleil, $\vec{F}_{S/A} = G\dfrac{M_S\,M}{R^2}\,\vec{u}_n$ dans le repère de Frenet ($\vec{u}_n$ dirigé vers le Soleil).

Deuxième loi de Newton : $\vec{F}_{S/A} = M\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \dfrac{G\,M_S}{R^2}\,\vec{u}_n$.

Pour un mouvement circulaire uniforme, $\vec{a} = \dfrac{v^2}{R}\,\vec{u}_n$. Par identification : $\dfrac{v^2}{R} = \dfrac{G\,M_S}{R^2}$, soit $v^2 = \dfrac{G\,M_S}{R}$.

L'astéroïde parcourt le périmètre $2\pi R$ de son orbite pendant une période : $v = \dfrac{2\pi R}{T}$, donc $\dfrac{4\pi^2 R^2}{T^2} = \dfrac{G\,M_S}{R}$.

$$\boxed{\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G\,M_S}}$$

PIÈGE
Énoncer seulement « T^2/R^3 est constant » ne suffit pas : « établir » demande la démonstration et l'expression de la constante.

MÉTHODE
Toujours le même enchaînement : deuxième loi de Newton, accélération dans le repère de Frenet, expression de v, puis $v = 2\pi R/T$ pour faire apparaître la période.

8 Déterminer la valeur de la période de révolution T' d'Apophis après utilisation du tracteur gravitationnel.

Données utiles $T = 323{,}442$ jours ; augmentation de la période : 15 minutes

$T' = T + 15\text{ min}$

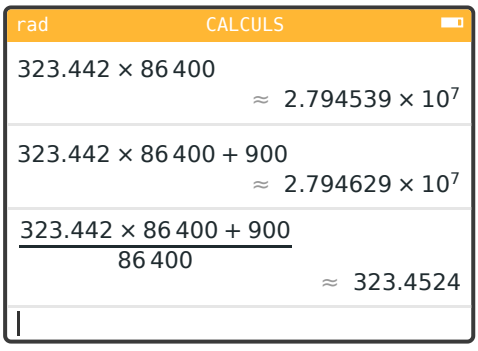
$T = 323{,}442 \times 86\,400 = 2{,}79454 \times 10^7$ s et $15\text{ min} = 15 \times 60 = 900$ s.

$T' = 2{,}79454 \times 10^7 + 900$

$$\boxed{T' = 2{,}79463 \times 10^7\text{ s, soit } 323{,}452\text{ jours.}}$$

COMPRENDRE
L'écart entre T et T' n'apparaît qu'au cinquième chiffre : il faut conserver six chiffres significatifs, comme pour T, sinon les deux périodes semblent égales.

À LA CALCULATRICE



9 Calculer la valeur du nouveau rayon R' de la trajectoire d'Apophis et en déduire l'augmentation ΔR, en mètre, du rayon de la trajectoire.

Données utiles $R = 1{,}37961 \times 10^{11}$ m ; $T = 2{,}79454 \times 10^{7}$ s ; $T' = 2{,}79463 \times 10^{7}$ s (Q8)

La constante $\dfrac{4\pi^2}{G\,M_S}$ est la même avant et après la déviation :

$$\frac{T'^2}{R'^3} = \frac{T^2}{R^3}$$

d'où

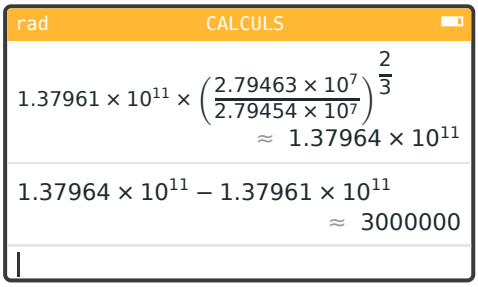
$$R' = R \times \left(\frac{T'}{T}\right)^{2/3}$$

$$R' = 1{,}37961 \times 10^{11} \times \left(\frac{2{,}79463 \times 10^{7}}{2{,}79454 \times 10^{7}}\right)^{2/3} = 1{,}37964 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$\Delta R = R' - R = 1{,}37964 \times 10^{11} - 1{,}37961 \times 10^{11}$$

$$\boxed{R' = 1{,}37964 \times 10^{11} \text{ m et } \Delta R = 3 \times 10^{6} \text{ m}}$$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE

Arrondir R' à trois chiffres donne $\Delta R = 0$. Autre erreur fréquente : l'exposant $3/2$ au lieu de $2/3$.

COMPRENDRE

Différence de deux valeurs très proches : seul le dernier chiffre diffère, donc ΔR n'a qu'un chiffre significatif. Trois mille kilomètres de plus sur un rayon de 138 millions de kilomètres suffisent à éviter la Terre.

éclipse solaire du 10 juin 2021

Bac 2022 Polynésie Jour 1 · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1 Associer aux lentilles L_1 et L_2 les termes d'objectif et d'oculaire.

La lumière venue de l'astre entre dans la lunette par L_1 ; l'œil se place juste derrière L_2.

L_1 est l'objectif, L_2 est l'oculaire.

MÉTHODE
L'objectif est du côté de l'objet, l'oculaire du côté de l'œil. L'objectif a aussi la plus grande distance focale et le plus grand diamètre.

2 Pour la lentille L_1, donner le nom scientifique du point P où les rayons se croisent.

Les rayons qui arrivent parallèles à l'axe optique convergent, après L_1, en un point de cet axe.

P est le foyer principal image F_1' de la lentille L_1.

PIÈGE
Écrire seulement « foyer ». Une lentille en possède deux : il faut préciser « image », le foyer objet F_1 étant situé avant la lentille.

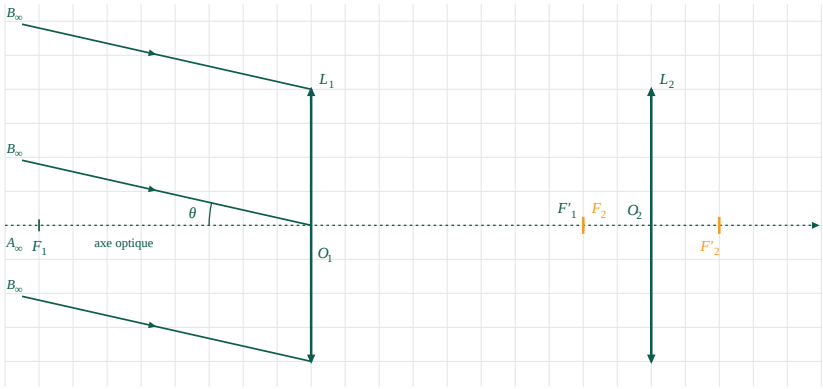
3 La lunette est afocale. Positionner sur le document réponse le foyer principal objet F_2 et le foyer principal image F_2' de la lentille L_2.

Dans une lunette afocale, le foyer objet F_2 de l'oculaire est confondu avec le foyer image F_1' de l'objectif.

Le foyer image F_2' est le symétrique de F_2 par rapport au centre optique O_2.

F_2 est placé sur F_1' ; F_2' est placé après L_2, à la distance $O_2F_2' = F_2O_2$.

COMPRENDRE
« Afocale » : un objet à l'infini donne une image finale à l'infini. L'œil l'observe alors sans accommoder, donc sans fatigue.



3 · Document réponse : foyers de la lentille L_2 (en orange)

4 Indiquer comment le rayon lumineux issu de B_∞ passant par le centre optique O_1 traverse la lentille L_1.

Un rayon qui passe par le centre optique d'une lentille mince garde sa direction.

Le rayon issu de B_∞ passant par O_1 traverse L_1 sans être dévié.

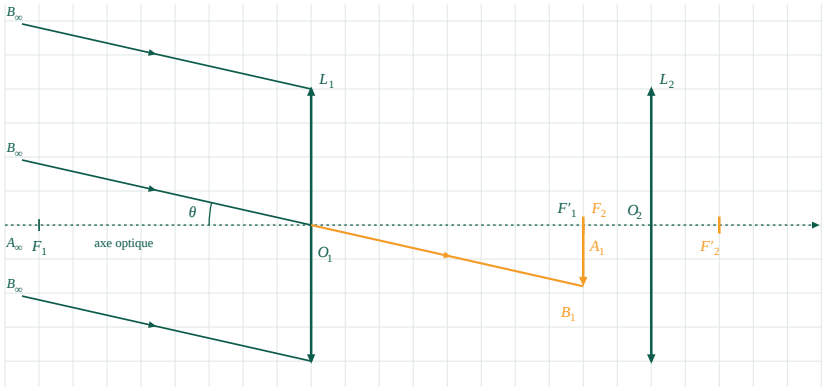
5 Tracer sur le document réponse le rayon issu de B_∞ passant par O_1, permettant d'obtenir l'image intermédiaire A_1B_1.

On prolonge en ligne droite, après L_1, le rayon qui passe par O_1.

L'objet étant à l'infini, son image se forme dans le plan focal image de L_1 : A_1 est en F'_1 et B_1 est le point où le rayon coupe la perpendiculaire à l'axe menée par F'_1.

Rayon prolongé jusqu'au plan focal image de L_1 ; image A_1B_1 tracée de $A_1 = F'_1$ à B_1.

PIÈGE
Arrêter le rayon ailleurs que dans le plan focal, ou oublier de dessiner la flèche A_1B_1, dirigée de l'axe vers B_1.



5 · Document réponse : rayon passant par O_1 et image intermédiaire A_1B_1

6 Donner les deux caractéristiques de l'image A_1B_1 obtenue.

L'image se forme après la lentille L_1, là où les rayons se croisent réellement : on pourrait la recueillir sur un écran. Le point B_1 est de l'autre côté de l'axe par rapport à B_∞.

L'image A_1B_1 est réelle et renversée.

COMPRENDRE
Dire « réduite » se défend aussi : l'image de la Lune dans le plan focal ne mesure que quelques millimètres. Un grandissement n'a toutefois pas de sens pour un objet à l'infini.

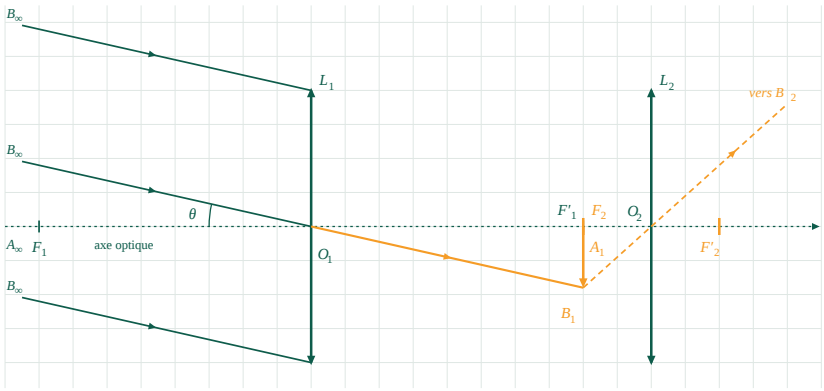
7 Tracer sur le document réponse le rayon issu de B_1 passant par le centre optique O_2 de la lentille L_2.

L'image intermédiaire A_1B_1 joue le rôle d'objet pour L_2. Le rayon issu de B_1 passant par O_2 n'est pas dévié.

Comme B_1 est dans le plan focal objet de L_2, l'image finale A_2B_2 est rejetée à l'infini : ce rayon donne la direction dans laquelle l'œil voit B_2.

Droite (B_1O_2) tracée et prolongée après L_2, vers B_2 à l'infini.

MÉTHODE
Ce rayon n'appartient pas forcément au faisceau réel : c'est un rayon de construction, que l'on peut tracer en tirets. Il sert de direction de référence pour la question suivante.



7 · Document réponse : rayon issu de B_1 passant par O_2 (en tirets)

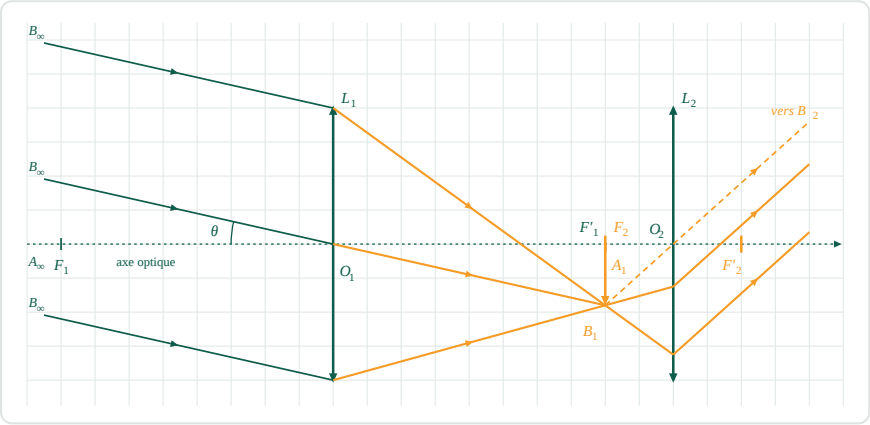
8 Représenter sur le document réponse le faisceau de rayons lumineux issu de B_∞ passant par les bords de la lentille L_1 puis par la lentille L_2.

Les rayons issus de B_∞ sont parallèles entre eux : après L_1, ils passent tous par B_1. On relie donc chaque bord de L_1 à B_1 et on prolonge jusqu'à L_2.

B_1 étant dans le plan focal objet de L_2, les rayons ressortent de L_2 parallèles entre eux, donc parallèles à la droite (B_1O_2).

Faisceau convergent en B_1 entre les deux lentilles, puis faisceau parallèle à (B_1O_2) après L_2.

PIÈGE
Faire converger les rayons après L_2, ou les tracer parallèles à l'axe optique. Leur direction est imposée par la droite (B_1O_2) de la question 7.



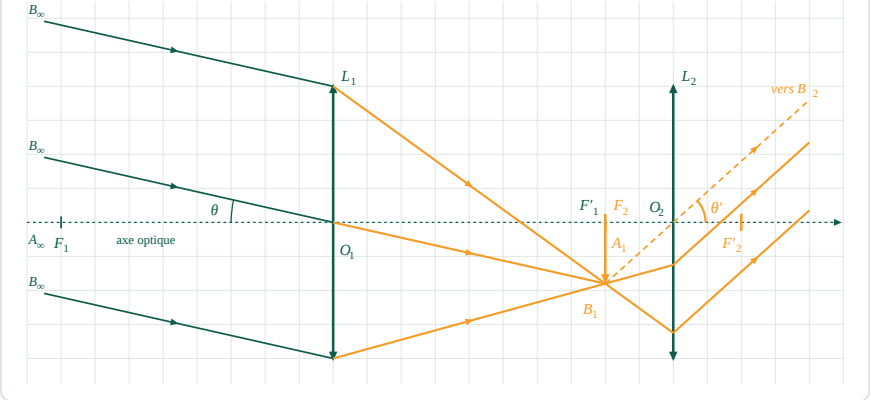
8 · Document réponse : faisceau issu de B_∞ s'appuyant sur les bords de L_1

9 Positionner sur le document réponse l'angle θ' sous lequel est observée l'image finale de la Lune au travers de la lunette.

θ' est l'angle entre l'axe optique et la direction des rayons qui sortent de L_2.

θ' est placé en O_2, entre l'axe optique et le rayon (B_1O_2) prolongé après L_2.

COMPRENDRE
Par angles opposés par le sommet, on retrouve θ' dans le triangle $O_2A_1B_1$, au sommet O_2. De même, θ se retrouve dans le triangle $O_1A_1B_1$, au sommet O_1.



9 · Document réponse complet, avec l'angle θ'

10 Démontrer que le grossissement s'exprime également par la relation $G = \dfrac{f'_1}{f'_2}$.

Données utiles $G = \dfrac{\theta'}{\theta}$; $\tan\theta = \theta$ et $\tan\theta' = \theta'$ (angles en radian)

Dans le triangle $O_1A_1B_1$, rectangle en A_1, avec $O_1A_1 = O_1F'_1 = f'_1$:

$$\tan\theta = \frac{A_1B_1}{O_1A_1} = \frac{A_1B_1}{f'_1} \quad \text{donc} \quad \theta = \frac{A_1B_1}{f'_1}$$

Dans le triangle $O_2A_1B_1$, rectangle en A_1, avec $O_2A_1 = O_2F_2 = f'_2$:

$$\tan\theta' = \frac{A_1B_1}{O_2A_1} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \quad \text{donc} \quad \theta' = \frac{A_1B_1}{f'_2}$$

On en déduit :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1B_1}$$

$$\boxed{G = \frac{f'_1}{f'_2}}$$

MÉTHODE
Chercher la longueur commune aux deux triangles : ici A_1B_1, qui se simplifie dans le quotient. Toujours nommer le triangle et son angle droit avant d'écrire une tangente.

11 Calculer la valeur du grossissement G pour la lunette utilisée.

Données utiles focale de l'objectif $f'_1 = 66$ cm ; focale de l'oculaire $f'_2 = 9{,}0$ mm

Les deux distances focales sont exprimées dans la même unité : $f'_2 = 9{,}0\ \text{mm} = 0{,}90\ \text{cm}$.

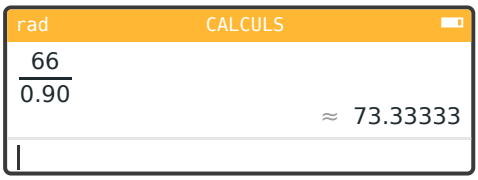
$$G = \frac{f'_1}{f'_2} = \frac{66}{0{,}90} = 73$$

$\boxed{G = 73 \text{ (sans unité)}}$

PIÈGE
Diviser 66 par 9,0 sans convertir : on trouverait 7,3. Les deux focales doivent être dans la même unité.

COMPRENDRE
Les deux données ont deux chiffres significatifs : le résultat aussi. G est un quotient de deux longueurs, il n'a pas d'unité.

À LA CALCULATRICE



12 Comparer la valeur de G obtenue avec celle du fabricant.

Données utiles $G = 73$ (Q11) ; notice : grossissement maximal $73\times$

La notice annonce un grossissement maximal de $73\times$.

La valeur calculée, $G = 73$, est égale à celle du fabricant.

13 Montrer que l'exploitation des données de l'éclipse, puis de l'extrait de la revue, pour déterminer le diamètre de la Lune, donne des valeurs similaires.

Données utiles $D = 1{,}39 \times 10^6$ km ; $d_{T\text{-}L} = 3{,}84 \times 10^5$ km ; $d_{T\text{-}S} = 1{,}50 \times 10^8$ km ; revue : diamètre de la Lune 400 fois plus petit que celui du Soleil

Données de l'éclipse. Depuis la Terre, la Lune et le Soleil sont vus sous le même diamètre apparent α. Sur le schéma, les deux triangles rectangles de sommet la Terre donnent :

$$\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{d/2}{d_{T\text{-}L}} = \frac{D/2}{d_{T\text{-}S}} \quad \text{donc} \quad d = D \times \frac{d_{T\text{-}L}}{d_{T\text{-}S}}$$

$$d = 1{,}39 \times 10^6 \times \frac{3{,}84 \times 10^5}{1{,}50 \times 10^8} = 3{,}56 \times 10^3 \text{ km}$$

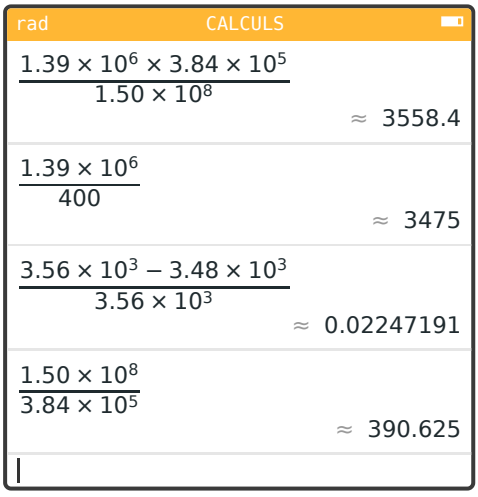
Extrait de la revue. Le diamètre de la Lune est 400 fois plus petit que celui du Soleil :

$$d' = \frac{D}{400} = \frac{1{,}39 \times 10^6}{400} = 3{,}48 \times 10^3 \text{ km}$$

Écart relatif : $\dfrac{d - d'}{d} = \dfrac{3{,}56 \times 10^3 - 3{,}48 \times 10^3}{3{,}56 \times 10^3} \approx 2\ \%$.

$d = 3{,}56 \times 10^3$ km et $d' = 3{,}48 \times 10^3$ km : les deux valeurs sont similaires (écart d'environ 2 %).

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Convertir inutilement en mètres : les trois longueurs sont en kilomètres, le rapport des distances est sans unité et d sort directement en kilomètres.

COMPRENDRE
Le « 400 » de la revue est arrondi : le rapport des distances vaut $d_{T\text{-}S}/d_{T\text{-}L} \approx 391$. C'est l'origine du petit écart entre les deux valeurs.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer la démarche, écrire la relation littérale, calculer, puis conclure par une comparaison chiffrée. Un écart relatif convainc davantage que « les valeurs sont proches ».