Corrigé complet — Bac 2021 Métropole Septembre Sujet 1

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

Ex 1	**Synthèse d'un arôme** Nomenclature et familles fonctionnelles · Spectroscopie infrarouge · Facteurs cinétiques et catalyse · Rendement d'une synthèse · Titrage pH-métrique · Déplacement d'équilibre	10 pts	1 h 45	15 questions	p. 2
Ex 2	**Puissance rayonnée par la Lune** Lunette afocale · Image intermédiaire · Premier principe · Résistance thermique · Équation différentielle du premier ordre · Puissance surfacique	5 pts	53 min	10 questions	p. 8
Ex 3	**Cesta punta** Chute libre · Deuxième loi de Newton · Équations horaires · Énergie cinétique et potentielle de pesanteur · Conservation de l'énergie mécanique · Équation de la trajectoire	5 pts	53 min	10 questions	p. 12
Ex 4	**Au plus près du Soleil et de sa couronne** Énergie d'un photon · Spectre d'émission · Mouvement circulaire uniforme · Troisième loi de Kepler · Première loi de Kepler	5 pts	53 min	8 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.

Synthèse d'un arôme

Bac 2021 Métropole Septembre Sujet 1 · Exercice 1 **10 points** **Durée conseillée 1 h 45**

1.1 Justifier le nom du 3-méthylbutan-1-ol.

- La chaîne carbonée la plus longue compte 4 atomes de carbone liés par des liaisons simples : « butan ».
- Elle porte un groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$ (terminaison « ol »). On numérote la chaîne à partir de l'extrémité la plus proche de ce groupe : il est sur le carbone 1, d'où « butan-1-ol ».
- Un groupe méthyle $-\mathrm{CH_3}$ est fixé sur le carbone 3 : « 3-méthyl ».

Chaîne à 4 C, $-\mathrm{OH}$ sur le carbone 1, $-\mathrm{CH_3}$ sur le carbone 3 : 3-méthylbutan-1-ol.

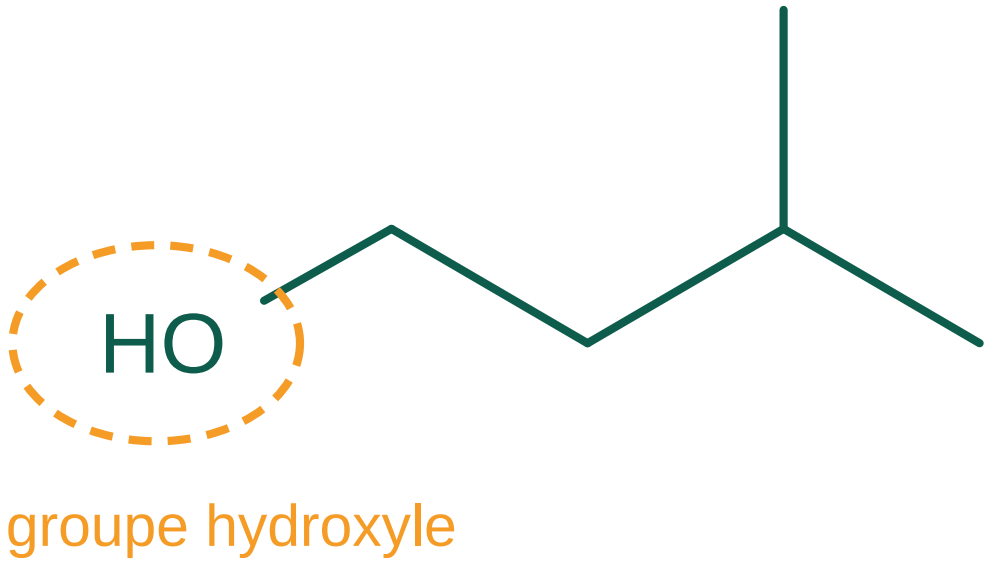
PIÈGE
Numéroter depuis l'autre extrémité donnerait « 2-méthylbutan-4-ol » : c'est le groupe caractéristique, et non la ramification, qui impose le sens de numérotation.

1.2 Donner la représentation topologique du 3-méthylbutan-1-ol, entourer le groupe caractéristique et nommer la famille fonctionnelle correspondante.

Voir la représentation ci-dessous : chaque sommet ou extrémité de segment est un atome de carbone, les atomes d'hydrogène liés aux carbones ne sont pas écrits.

Le groupe caractéristique entouré est le groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$.

Famille fonctionnelle : **alcool**.



1.2 · Représentation topologique du 3-méthylbutan-1-ol, groupe hydroxyle entouré

1.3 Identifier, en justifiant, le spectre infrarouge (A ou B) correspondant au 3-méthylbutan-1-ol.

Données utiles O−H d'un alcool : 3 200 à 3 500 cm^{-1} ; C=O : 1 650 à 1 800 cm^{-1} ; O−H d'un acide carboxylique : 2 500 à 3 200 cm^{-1}

Le 3-méthylbutan-1-ol possède une liaison O−H d'alcool mais aucune liaison C=O.

- Spectre A : bande large et intense vers 3 350 cm^{-1} (O−H d'un alcool) et aucune bande entre 1 650 et 1 800 cm^{-1}.
- Spectre B : bande intense vers 1 700 cm^{-1} (C=O) et bande très large entre 2 500 et 3 200 cm^{-1} (O−H d'un acide carboxylique) : c'est l'acide éthanoïque.

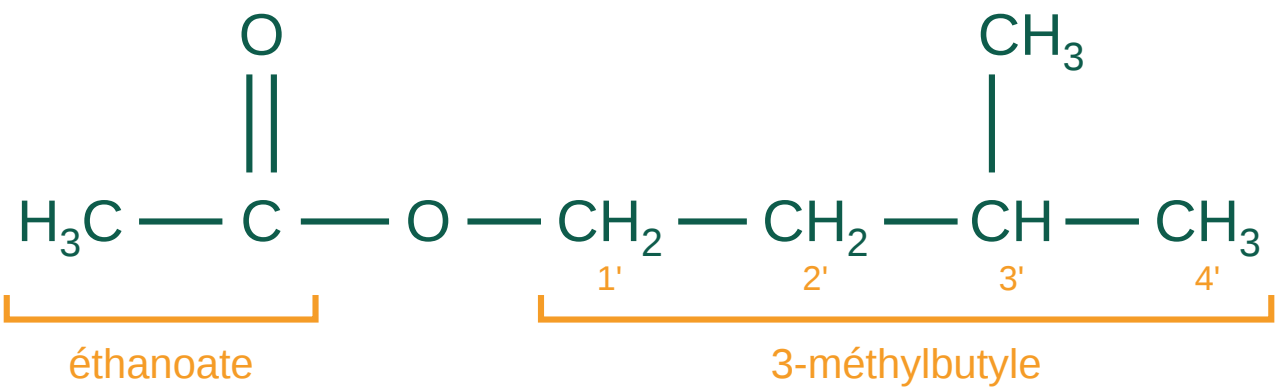
Le spectre du 3-méthylbutan-1-ol est le **spectre A**.

MÉTHODE
Lister d'abord les liaisons de chaque molécule, puis chercher la bande qui les distingue : ici la présence ou l'absence de C=O vers 1 700 cm^{-1} suffit à trancher.

1.4 Représenter la formule semi-développée de l'éthanoate de 3-méthylbutyle en exploitant les règles de nomenclature fournies.

- « Éthanoate » : la partie qui porte le carbone du groupe ester compte 2 atomes de carbone, $CH_3-C(=O)-O^-$.
- « 3-méthylbutyle » : le groupe lié à l'oxygène est une chaîne de 4 carbones, numérotée à partir de l'oxygène, avec un méthyle sur le carbone 3'.

$CH_3-COO-CH_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$, de formule brute $C_7H_{14}O_2$.



1.4 · Formule semi-développée de l'éthanoate de 3-méthylbutyle

2.1 Écrire, à l'aide des formules brutes, l'équation de la réaction modélisant la synthèse de l'éthanoate de 3-méthylbutyle, en identifiant l'autre espèce produite. Justifier.

Les réactifs apportent au total 7 C, 16 H et 3 O ($C_5H_{12}O$ et $C_2H_4O_2$). L'ester $C_7H_{14}O_2$ contient 7 C, 14 H et 2 O.

Par conservation des éléments, l'autre produit contient 2 H et 1 O : c'est l'eau H_2O.

$C_5H_{12}O + C_2H_4O_2 \rightleftharpoons C_7H_{14}O_2 + H_2O$

COMPRENDRE
La transformation est non totale : on écrit une double flèche. L'acide sulfurique, catalyseur, n'apparaît pas dans l'équation.

2.2 En exploitant les résultats expérimentaux, indiquer les conditions expérimentales permettant d'optimiser la cinétique de cette synthèse.

Optimiser la cinétique, c'est réduire le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. On compare les expériences deux à deux, un seul paramètre changeant à chaque fois :

- expériences 1 et 2 : l'ajout d'acide sulfurique fait passer $t_{1/2}$ de plusieurs mois à plusieurs heures ; c'est un catalyseur ;
- expériences 2 et 3 : en passant de 30 °C à 60 °C, $t_{1/2}$ tombe à une dizaine de minutes ; la température est un facteur cinétique ;
- expériences 3 et 4 : en triplant le volume d'alcool (réactif en excès), $t_{1/2}$ diminue encore.

Conditions optimales : celles de l'expérience 4 (catalyseur, température élevée, un réactif en excès).

PIÈGE
Comparer directement les expériences 1 et 4 ne prouve rien : trois paramètres changent à la fois. Chaque conclusion s'appuie sur deux expériences qui ne diffèrent que par un paramètre.

2.3.1 Déterminer les quantités de matière des réactifs dans le mélange initial de l'expérience 3 et donner un qualificatif à ce mélange initial.

Données utiles $V_1 = 12{,}0$ mL ; $\rho_1 = 0{,}81$ g · mL^{-1} ; $M_1 = 88{,}1$ g · mol^{-1} ; $m_2 = 6{,}62$ g ; $M_2 = 60{,}0$ g · mol^{-1}

3-méthylbutan-1-ol (liquide) : $n_1 = \dfrac{\rho_1 V_1}{M_1} = \dfrac{0{,}81 \times 12{,}0}{88{,}1} = 0{,}11$ mol

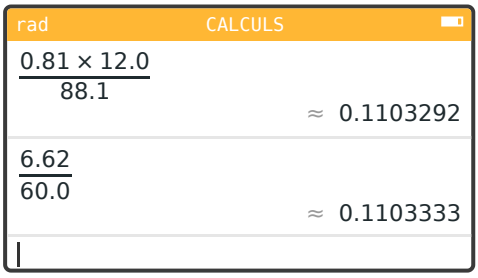
Acide éthanoïque : $n_2 = \dfrac{m_2}{M_2} = \dfrac{6{,}62}{60{,}0} = 0{,}110$ mol

Les deux quantités sont égales et les nombres stœchiométriques valent tous 1.

$n_1 = n_2 = 0{,}11$ mol : le mélange initial est **équimolaire**, donc **stœchiométrique**.

COMPRENDRE
ρ_1 n'a que deux chiffres significatifs : n_1 s'écrit 0,11 mol. Les données de l'acide en ont trois : $n_2 = 0{,}110$ mol, valeur conservée pour les calculs de rendement.

À LA CALCULATRICE



2.3.2 La masse d'éthanoate de 3-méthylbutyle obtenue est $m_3 = 6{,}20$ g. Déterminer le rendement de la synthèse dans l'expérience 3. Commenter.

Données utiles $M_{\text{ester}} = 130{,}2\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $n_2 = 0{,}110$ mol (2.3.1)

Quantité d'ester obtenue : $n_{\text{exp}} = \dfrac{m_3}{M_{\text{ester}}} = \dfrac{6{,}20}{130{,}2} = 4{,}76 \times 10^{-2}$ mol

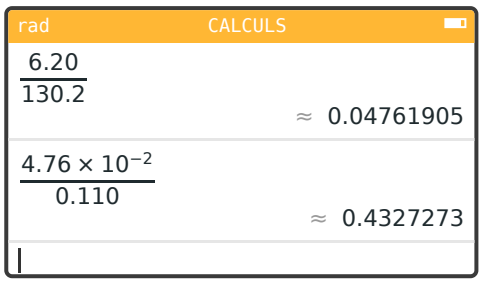
Si la transformation était totale, le mélange étant stœchiométrique, on obtiendrait $n_{\text{max}} = n_2 = 0{,}110$ mol d'ester.

$$\eta = \frac{n_{\text{exp}}}{n_{\text{max}}} = \frac{4{,}76 \times 10^{-2}}{0{,}110} = 0{,}43$$

Le rendement est inférieur à 50 % : c'est cohérent avec une transformation non totale, qui s'arrête à un état d'équilibre où il reste des réactifs.

$\eta_3 = 43\ \%$: rendement faible.

À LA CALCULATRICE



2.4.1 Écrire l'équation de la réaction support du titrage entre l'acide éthanoïque et l'ion hydroxyde.

L'acide éthanoïque cède un ion H^+ à la base HO^- ; une réaction support de titrage est totale (flèche simple).

$$CH_3COOH\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow CH_3COO^-\,(aq) + H_2O\,(l)$$

2.4.2 Déterminer le volume d'hydroxyde de potassium nécessaire pour titrer l'acide éthanoïque.

Données utiles figure 3 : courbes $\text{pH} = f(V_B)$ et $\dfrac{\text{dpH}}{\text{d}V_B} = f(V_B)$

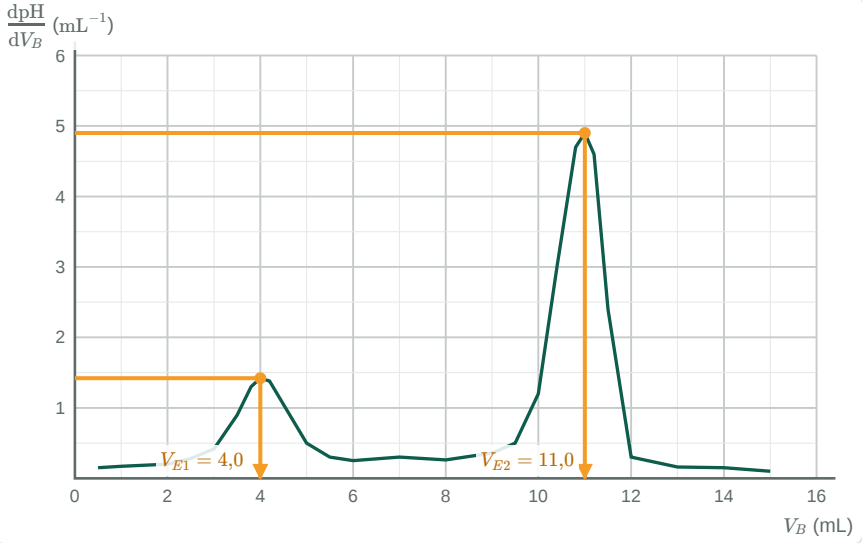
Chaque équivalence est repérée par un maximum de la courbe dérivée :

- première équivalence (acide sulfurique seul) : $V_{E1} = 4{,}0$ mL ;
- seconde équivalence (acidité totale) : $V_{E2} = 11{,}0$ mL.

L'acide éthanoïque est titré entre les deux équivalences :

$$V = V_{E2} - V_{E1} = 11{,}0 - 4{,}0 = 7{,}0\ \text{mL}$$

PIÈGE
Répondre 11,0 mL : ce volume titre l'acidité totale, acide sulfurique compris. Il faut retrancher les 4,0 mL consommés par l'acide sulfurique.



2.4.2 · Courbe dérivée de la figure 3 : repérage des deux équivalences

2.4.3 En déduire la quantité de matière d'acide éthanoïque restant à la fin de la synthèse dans l'expérience 4.

Données utiles $C_B = 1{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V = 7{,}0$ mL (2.4.2)

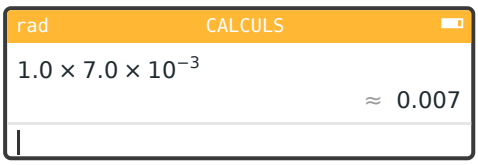
D'après l'équation du titrage, l'acide éthanoïque et les ions hydroxyde réagissent mole à mole. Le volume V a donc apporté autant d'ions HO^- qu'il restait d'acide :

$$n_{\text{restant}} = C_B \times V = 1{,}0 \times 7{,}0 \times 10^{-3}$$

$$\boxed{n_{\text{restant}} = 7{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol}}$$

PIÈGE
Laisser V en millilitres : avec C_B en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, le volume doit être converti en litres.

À LA CALCULATRICE



2.4.4 Déterminer la quantité de matière d'ester formé et calculer le rendement de la synthèse dans l'expérience 4. En déduire un moyen d'optimiser le rendement de cette synthèse.

Données utiles $V_1 = 36{,}0$ mL ; $n_2 = 0{,}110$ mol (2.3.1) ; $n_{\text{restant}} = 7{,}0 \times 10^{-3}$ mol (2.4.3) ; $\eta_3 = 43\ \%$ (2.3.2)

Dans l'expérience 4, $n_1 = \dfrac{0{,}81 \times 36{,}0}{88{,}1} = 0{,}33\ \text{mol} > n_2$: l'alcool est en excès, l'acide éthanoïque est le réactif limitant, donc $n_{\text{max}} = n_2 = 0{,}110\ \text{mol}$.

Une mole d'acide consommée forme une mole d'ester :

$$n_{\text{ester}} = n_2 - n_{\text{restant}} = 0{,}110 - 7{,}0 \times 10^{-3} = 0{,}103\ \text{mol}$$

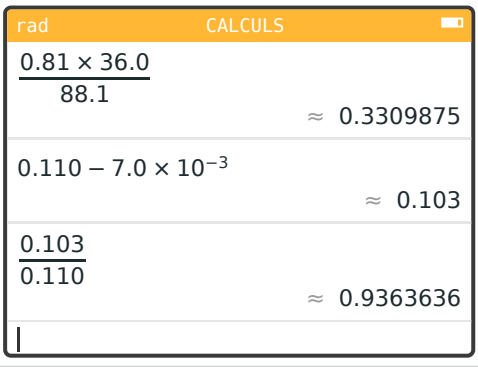
$$\eta = \frac{n_{\text{ester}}}{n_{\text{max}}} = \frac{0{,}103}{0{,}110} = 0{,}94$$

Le rendement passe de 43 % (mélange stœchiométrique) à 94 % : on améliore le rendement en introduisant l'un des réactifs en excès.

$$\boxed{n_{\text{ester}} = 0{,}103\ \text{mol}\ ;\ \eta_4 = 94\ \%\ ;\ \text{moyen : un réactif en excès.}}$$

COMPRENDRE
Le rendement se calcule par rapport au réactif limitant. L'excès d'alcool déplace l'équilibre vers la formation de l'ester : l'acide est presque entièrement consommé.

À LA CALCULATRICE



3.1 Identifier la nature des phases A et B présentes dans le tube décanteur. Justifier.

Données utiles $\rho_{\text{eau}} = 1{,}00\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $\rho_{\text{cyclohexane}} = 0{,}78\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; cyclohexane très peu soluble dans l'eau

Seuls l'eau et le cyclohexane se vaporisent puis se liquéfient dans le réfrigérant : le tube décanteur ne contient que ces deux liquides.

Le cyclohexane est très peu soluble dans l'eau : les deux liquides forment deux phases distinctes. Le liquide de plus grande masse volumique se place en dessous, et $\rho_{\text{eau}} > \rho_{\text{cyclohexane}}$.

Phase B (inférieure) : **eau** ; phase A (supérieure) : **cyclohexane**.

COMPRENDRE
C'est cohérent avec le fonctionnement décrit : le trop-plein de phase A, le cyclohexane, retourne dans le ballon, tandis que l'eau reste piégée au fond du tube.

3.2 Indiquer l'intérêt de ce dispositif pour optimiser cette synthèse.

L'eau est un produit de la synthèse. En la retirant du ballon au fur et à mesure de sa formation, on empêche la réaction inverse (hydrolyse de l'ester), qui limitait l'avancement.

Le quotient de réaction reste inférieur à la constante d'équilibre : le système continue d'évoluer dans le sens direct, celui de la formation de l'ester, jusqu'à épuisement des réactifs.

Éliminer l'eau déplace l'équilibre dans le sens direct : le rendement augmente, sans excès de réactif.

3.3 Le volume d'eau recueilli dans le tube décanteur est $V = 1{,}8$ mL. En déduire la quantité de matière d'ester formé. Conclure quant à l'efficacité de ce dispositif.

Données utiles $\rho_{\text{eau}} = 1{,}00\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $M_{\text{eau}} = 18{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $n_{\text{max}} = 0{,}110$ mol (2.3.2) ; $\eta_3 = 43\ \%$ (2.3.2)

D'après l'équation de la synthèse, il se forme autant d'ester que d'eau :

$$n_{\text{ester}} = n_{\text{eau}} = \frac{\rho_{\text{eau}}\, V}{M_{\text{eau}}} = \frac{1{,}00 \times 1{,}8}{18{,}0} = 0{,}10\ \text{mol}$$

Les quantités initiales sont celles de l'expérience 3, donc $n_{\text{max}} = 0{,}110\ \text{mol}$:

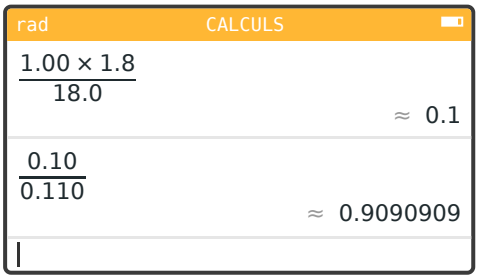
$$\eta = \frac{0{,}10}{0{,}110} = 0{,}91$$

À conditions initiales identiques, le rendement passe de 43 % à 91 % : il a plus que doublé.

$n_{\text{ester}} = 0{,}10\ \text{mol}$; $\eta = 91\ \%$: le dispositif de Dean-Stark est très efficace.

COMPRENDRE
Avec une transformation totale, on recueillerait $0{,}110 \times 18{,}0 \approx 2{,}0$ mL d'eau. Le volume d'eau piégée permet donc de suivre l'avancement de la synthèse.

À LA CALCULATRICE



Puissance rayonnée par la Lune

Bac 2021 Métropole Septembre Sujet 1 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1.1 Énoncer la condition sur les positions du foyer image de l'objectif et du foyer objet de l'oculaire pour que la lunette soit afocale.

Une lunette afocale forme, d'un objet situé à l'infini, une image finale elle aussi à l'infini.

Le foyer image F_1' de l'objectif et le foyer objet F_2 de l'oculaire sont confondus : $F_1' = F_2$.

COMPRENDRE
L'objectif forme l'image intermédiaire dans son plan focal image. Pour que l'oculaire la renvoie à l'infini, elle doit se trouver dans son plan focal objet : les deux plans coïncident.

1.2 Préciser sur le schéma de la lunette afocale, en annexe, la position du capteur de température.

Le capteur est fixé au foyer image de l'objectif. Ce point F_1' est le symétrique de F_1 par rapport à O_1 : on reporte la distance O_1F_1 de l'autre côté de l'objectif, sur l'axe optique.

Le capteur est placé en F_1' (confondu avec F_2), centré sur l'axe optique : voir l'annexe complétée à la question 1.3.

PIÈGE
Placer le capteur en F_1, seul foyer déjà marqué sur l'annexe : c'est le foyer objet, situé avant l'objectif. La lumière converge après la lentille.

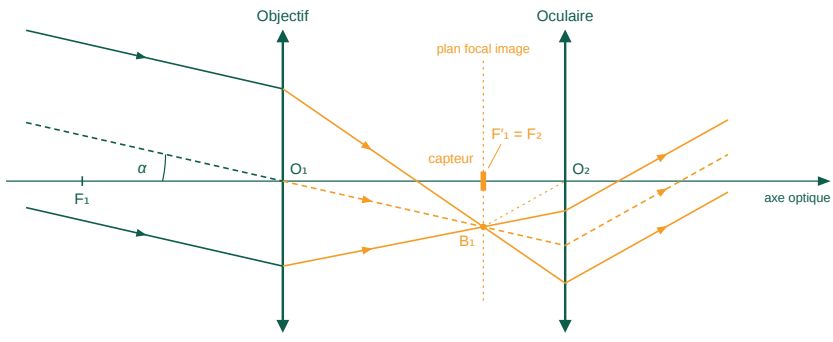
1.3 Représenter sur ce même schéma le faisceau émergent issu d'une région d'un astre lointain, incliné d'un angle α par rapport à l'axe optique et traversant la lunette afocale.

- Le rayon en pointillés passe par le centre optique O_1 : il n'est pas dévié. Il coupe le plan focal image de l'objectif au point B_1.
- Les deux autres rayons incidents lui sont parallèles : après l'objectif, ils convergent en B_1, puis se prolongent jusqu'à l'oculaire.
- B_1 est dans le plan focal objet de l'oculaire : les rayons qui en sont issus ressortent tous parallèles à la droite (B_1O_2), tracée en pointillés fins.

Le faisceau émergent est un faisceau de rayons parallèles entre eux, de direction (B_1O_2).

PIÈGE
Faire sortir les rayons de l'oculaire parallèlement à l'axe optique ou parallèlement aux rayons incidents. Le faisceau émergent est plus incliné que le faisceau incident et repart de l'autre côté de l'axe.

MÉTHODE
Faisceau parallèle incliné sur une lentille : le rayon passant par le centre optique donne le point de convergence dans le plan focal image. Point du plan focal objet : la droite passant par le centre optique donne la direction de sortie.



1.3 · Annexe complétée : capteur centré sur F_1', faisceau émergent parallèle à (B_1O_2) (tracés de l'élève en orange)

1.4 L'axe de la lunette est pointé sur le centre de la « Mer » de la Tranquillité. Déterminer si la taille de l'image intermédiaire permet une mesure optimale.

Données utiles $2\alpha = 2{,}3 \times 10^{-3}$ rad ; $f'_1 = 101$ cm ; capteur carré de côté $0{,}8$ mm

L'image intermédiaire se forme dans le plan focal image de l'objectif. Le bord de la « Mer » est vu sous l'angle α depuis l'axe : son image B_1 est à la distance F'_1B_1 de l'axe, avec, dans le triangle $O_1F'_1B_1$ rectangle en F'_1 :

$$\tan\alpha = \frac{F'_1B_1}{f'_1}$$

L'angle est petit et exprimé en radians : $\tan\alpha \approx \alpha$. Le diamètre de l'image vaut donc

$$D = 2\,F'_1B_1 = 2\alpha \times f'_1 = 2{,}3 \times 10^{-3} \times 101 = 0{,}23\ \text{cm} = 2{,}3\ \text{mm}$$

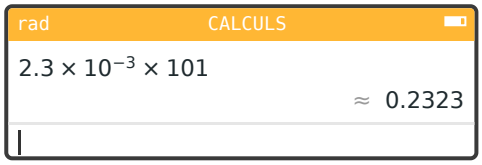
$2{,}3\ \text{mm} > 0{,}8\ \text{mm}$: l'image, centrée sur le capteur, le recouvre entièrement.

$D = 2{,}3$ mm, supérieur au côté du capteur ($0{,}8$ mm) : la mesure est optimale.

PIÈGE
Utiliser $2{,}3 \times 10^{-3}$ rad comme valeur de α : c'est 2α, l'angle sous lequel on voit toute la région. On obtiendrait une image de $4{,}6$ mm.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme 2α. Même la diagonale du carré, $0{,}8\sqrt{2} \approx 1{,}1$ mm, est inférieure à D : les coins du capteur sont éclairés eux aussi.

À LA CALCULATRICE



2.1 La puissance thermique échangée avec le milieu extérieur par le système s'écrit $P_{th} = \dfrac{T_0 - T}{R_{th}}$. Commenter le signe de cette puissance.

Éclairé par le Soleil, le capteur s'échauffe : pour $t > 0$, $T > T_0$, donc $T_0 - T < 0$. La résistance thermique R_{th} est positive.

$P_{th} < 0$: le capteur (système) cède de l'énergie au milieu extérieur, plus froid que lui.

COMPRENDRE
Convention : une grandeur échangée est comptée positivement si le système la reçoit, négativement s'il la cède. Le transfert thermique va spontanément du corps chaud vers le corps froid.

2.2 Exprimer la variation d'énergie interne ΔU du capteur en fonction de sa capacité thermique et de la variation ΔT de sa température pendant la durée Δt.

Le capteur est un système incompressible de capacité thermique C :

$$\Delta U = C\,\Delta T$$

2.3 Relier la variation d'énergie interne ΔU du capteur à la puissance thermique P_{th} et à la puissance lumineuse reçue P_{lum} pendant une durée Δt.

Système {capteur}, au repos, sans échange de travail. Pendant Δt, il reçoit par rayonnement l'énergie $Q_{lum} = P_{lum}\,\Delta t$ et échange avec le milieu extérieur $Q_{th} = P_{th}\,\Delta t$.

Premier principe : $\Delta U = Q_{lum} + Q_{th}$

$$\Delta U = (P_{lum} + P_{th})\,\Delta t$$

PIÈGE
Écrire $P_{lum} - P_{th}$: la puissance P_{th} est algébrique, son signe négatif est déjà contenu dans son expression. On additionne toujours les grandeurs algébriques.

2.4 En déduire, pour des durées Δt tendant vers 0, l'équation différentielle vérifiée par la température $T(t)$ du capteur.

On égale les deux expressions de ΔU (questions 2.2 et 2.3) :
$C\,\Delta T = (P_{th} + P_{lum})\,\Delta t$, soit

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{P_{th}}{C} + \frac{P_{lum}}{C}$$

Quand Δt tend vers 0, $\dfrac{\Delta T}{\Delta t}$ tend vers $\dfrac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t}$. Avec $P_{th} = \dfrac{T_0 - T}{R_{th}}$:

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t} = \frac{T_0}{R_{th}\,C} - \frac{T}{R_{th}\,C} + \frac{P_{lum}}{C}$$

$\boxed{\dfrac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t} + \dfrac{T(t)}{R_{th}\,C} = \dfrac{T_0}{R_{th}\,C} + \dfrac{P_{lum}}{C}}$: c'est l'équation attendue.

COMPRENDRE
L'équation est de la forme $y' + \dfrac{y}{\tau} = \text{constante}$, avec $\tau = R_{th}\,C$: la température tend vers sa valeur finale avec ce temps caractéristique.

MÉTHODE
Bilan thermique : 1) $\Delta U = C\,\Delta T$; 2) premier principe avec les puissances ; 3) diviser par Δt et passer à la limite ; 4) regrouper les termes en T à gauche.

2.5 Retrouver, à partir de l'équation différentielle de la question 2.4, l'expression $P_{lum} = \dfrac{T_\infty - T_0}{R_{th}}$, où T_∞ est la température finale du capteur.

Une fois le régime permanent atteint, la température ne varie plus :
$T = T_\infty$ et $\dfrac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t} = 0$. L'équation différentielle devient

$$\frac{T_\infty}{R_{th}\,C} = \frac{T_0}{R_{th}\,C} + \frac{P_{lum}}{C}$$

On multiplie par C : $\dfrac{T_\infty}{R_{th}} = \dfrac{T_0}{R_{th}} + P_{lum}$.

$\boxed{P_{lum} = \dfrac{T_\infty - T_0}{R_{th}}}$

COMPRENDRE
En régime permanent, $P_{lum} + P_{th} = 0$: le capteur cède au milieu extérieur exactement ce qu'il reçoit par rayonnement. Sa capacité thermique C ne joue plus aucun rôle.

3 Évaluer la puissance surfacique φ_{lune} au niveau du sol terrestre, puis la comparer à la valeur moyenne lors d'une pleine Lune.

Données utiles $T_\infty - T_0 = 4{,}2 \times 10^{-2}$ K ; $R_{th} = 3 \times 10^4$ K · W^{-1} ; $S = 5{,}0 \times 10^{-7}$ m^2 ; amplification par la lunette : 500 ; valeur moyenne : 5 mW · m^{-2}

Puissance reçue par le capteur. La température est stabilisée, on applique la relation de la question 2.5 :

$$P_{lum} = \frac{T_\infty - T_0}{R_{th}} = \frac{4{,}2 \times 10^{-2}}{3 \times 10^4} = 1{,}4 \times 10^{-6} \text{ W}$$

Puissance sans la lunette. La lunette multiplie par 500 la puissance reçue : sans elle, la surface S recevrait $\frac{P_{lum}}{500}$.

Puissance surfacique au sol. C'est la puissance reçue par unité de surface :

$$\varphi_{lune} = \frac{P_{lum}}{500 \times S} = \frac{1{,}4 \times 10^{-6}}{500 \times 5{,}0 \times 10^{-7}} = 5{,}6 \times 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

R_{th} n'est connue qu'avec un chiffre significatif : $\varphi_{lune} \approx 6 \times 10^{-3}$ W · m^{-2}.

Comparaison. La valeur moyenne est $5 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2} = 5 \times 10^{-3}$ W · m^{-2} : même ordre de grandeur, avec un écart relatif $\frac{5{,}6 - 5}{5} = 12\ \%$.

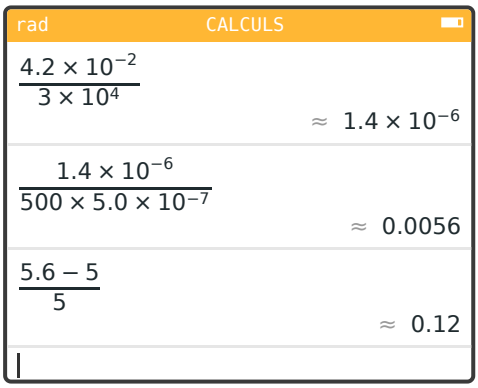
$\varphi_{lune} \approx 6 \times 10^{-3}$ W · m^{-2} = 6 mW · m^{-2}, en accord avec la valeur moyenne de 5 mW · m^{-2}.

PIÈGE
Oublier le facteur 500 : on trouverait 2,8 W · m^{-2}, soit 500 fois trop. Le capteur mesure la puissance concentrée par la lunette, pas celle qui arrive directement au sol.

COMPRENDRE
Avec une donnée à un seul chiffre significatif, l'écart de 12 % n'est pas significatif : la mesure est compatible avec la valeur moyenne.

MÉTHODE
Question ouverte : partir de la grandeur cherchée ($\varphi = P/S$), remonter aux grandeurs mesurées ($T_\infty - T_0$), annoncer chaque étape par une phrase, finir par une comparaison chiffrée.

À LA CALCULATRICE



Cesta punta

Bac 2021 Métropole Septembre Sujet 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1.1 Indiquer l'information de l'énoncé qui permet de supposer que le mouvement de la balle relève du modèle de la chute libre.

Un système est en chute libre lorsqu'il n'est soumis qu'à son poids.

L'énoncé précise que l'on « néglige l'influence de l'air » : il n'y a donc ni frottement ni poussée d'Archimède à prendre en compte.

La seule force exercée sur la balle est son poids : le modèle de la chute libre s'applique.

COMPRENDRE
Chute libre ne veut pas dire chute verticale : la balle peut monter, avancer, décrire une parabole. Seul compte le bilan des forces, réduit au poids.

1.2 En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation horaire selon l'axe Ox est $x(t) = v_0 \cos(\alpha)\, t - D$.

Données utiles à $t = 0$: $x_0 = -D$; $\vec{v}_0$ fait l'angle α avec l'horizontale

Système {balle}, de masse m constante ; référentiel terrestre supposé galiléen ; seule force : le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}$, soit $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$.

Le vecteur $\vec{g}$ est vertical, dirigé vers le bas : selon Ox, $a_x = 0$.

Comme $a_x = \dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} = 0$, v_x est constante, égale à sa valeur initiale : $v_x(t) = v_{0x} = v_0 \cos(\alpha)$.

Comme $v_x = \dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$, on cherche une primitive : $x(t) = v_0 \cos(\alpha)\, t + C$.

Condition initiale : $x(0) = -D$, donc $C = -D$.

$x(t) = v_0 \cos(\alpha)\, t - D$

PIÈGE
Oublier la constante d'intégration, ou la prendre nulle par habitude. Ici la balle part de $x_0 = -D$: c'est cette condition initiale qui fait apparaître le terme $-D$.

MÉTHODE
Toujours le même enchaînement : système, référentiel, forces, deuxième loi, projection de $\vec{a}$, première primitive avec la vitesse initiale, seconde primitive avec la position initiale.

1.3 Montrer que la balle frappe le mur à la date $t_F = 1{,}0$ s.

Données utiles $D = 36$ m ; $v_0 = 36{,}2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\alpha = 12^\circ$

Le mur se trouve à l'abscisse $x = 0$. La balle le touche à la date t_F telle que $x(t_F) = 0$:

$v_0 \cos(\alpha)\, t_F - D = 0$, soit $t_F = \dfrac{D}{v_0 \cos(\alpha)}$

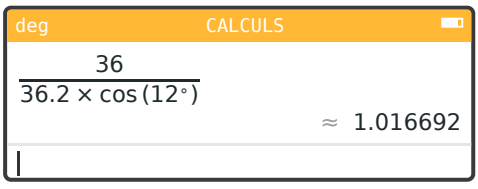
$$t_F = \frac{36}{36{,}2 \times \cos(12^\circ)} = 1{,}0\ \text{s}$$

$t_F = 1{,}0$ s, valeur attendue.

PIÈGE
Calculatrice réglée en radians : $\cos(12)$ vaut alors $0{,}84$ et l'on trouve $1{,}2$ s. Vérifier le mode degré avant tout calcul d'angle.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme D et α, les données les moins précises. Écrire $1{,}02$ s serait afficher une précision que les données n'ont pas.

À LA CALCULATRICE



2.1 Rappeler les expressions littérales de l'énergie cinétique E_C, de l'énergie potentielle de pesanteur E_{PP} (nulle en $y = 0$) et de l'énergie mécanique E_m de la balle.

$E_C = \frac{1}{2} m v^2$ $\quad E_{PP} = m g y$ $\quad E_m = E_C + E_{PP}$

$$\boxed{E_m = \frac{1}{2} m v^2 + m g y}$$

COMPRENDRE
L'écriture $E_{PP} = m g y$ suppose un axe vertical orienté vers le haut et une référence choisie en $y = 0$, ce qui est le cas ici.

2.2 Calculer la valeur de l'énergie cinétique E_C à la date $t = 0$ s.

Données utiles $m = 126$ g ; $v_0 = 36{,}2$ m · s^{-1}

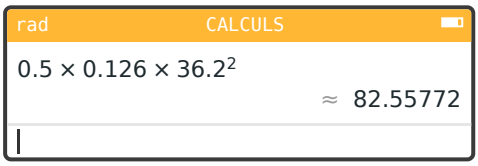
À $t = 0$ s, la vitesse de la balle est v_0 : $E_C(0) = \frac{1}{2} m v_0^2$, avec $m = 126$ g $= 0{,}126$ kg.

$$E_C(0) = \frac{1}{2} \times 0{,}126 \times 36{,}2^2 = 82{,}6 \text{ J}$$

$$\boxed{E_C(0) = 82{,}6 \text{ J}}$$

PIÈGE
Laisser la masse en grammes donne $8{,}26 \times 10^4$ J, mille fois trop. Dans les formules d'énergie, la masse est en kilogramme.

À LA CALCULATRICE



2.3 En explicitant le raisonnement, identifier la forme d'énergie représentée par chacune des courbes de la figure 2.

Données utiles $E_C(0) = 82{,}6$ J (2.2)

Courbe 1 : elle reste constante, à 85 J. En chute libre, le poids est la seule force et il est conservatif : l'énergie mécanique se conserve. La courbe 1 représente E_m.

Courbe 2 : elle part d'environ 83 J, valeur de $E_C(0)$ calculée en 2.2. Elle diminue tant que la balle monte, car la vitesse diminue, puis remonte légèrement à la fin. La courbe 2 représente E_C.

Courbe 3 : elle augmente puis diminue un peu, comme l'altitude y de la balle qui monte puis redescend ; or $E_{PP} = m g y$ est proportionnelle à y. La courbe 3 représente E_{PP}.

Courbe 1 : E_m ; courbe 2 : E_C ; courbe 3 : E_{PP}.

MÉTHODE
Pour vérifier une attribution, additionner les lectures à une même date : à $t = 0$ s, $83 + 2{,}5 \approx 85$ J. La somme des courbes 2 et 3 redonne bien la courbe 1.

2.4 À l'aide de la figure 2, évaluer la hauteur H de la balle lorsqu'elle touche le mur au point F.

Données utiles $t_F = 1{,}0$ s (1.3) ; $m = 0{,}126$ kg ; $g = 9{,}81$ m · s^{-2}

La balle touche le mur à $t_F = 1{,}0$ s. À cette date, on lit sur la courbe 3 : $E_{PP}(t_F) \approx 6{,}0$ J.

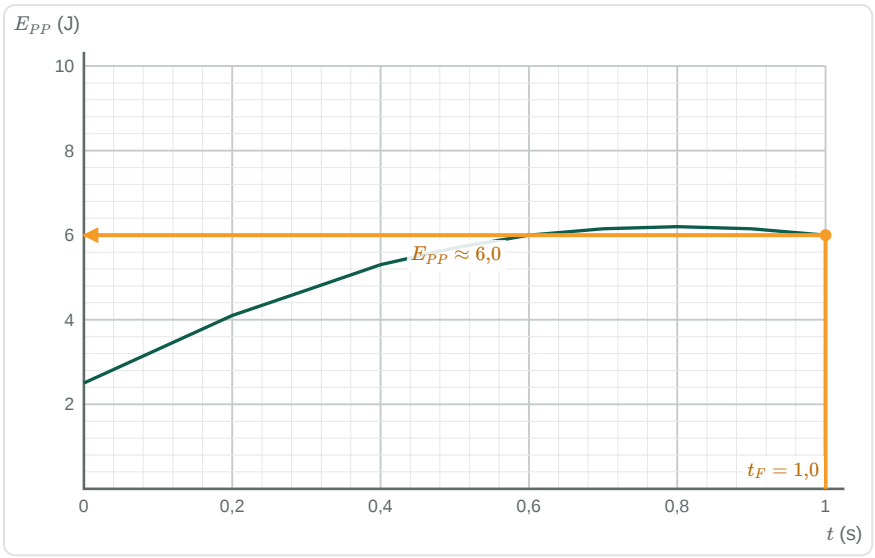
Or $E_{PP}(t_F) = m g H$, donc $H = \frac{E_{PP}(t_F)}{m g}$

$$H = \frac{6{,}0}{0{,}126 \times 9{,}81} = 4{,}9 \text{ m}$$

$$\boxed{H \approx 4{,}9 \text{ m}}$$

PIÈGE
Lire la courbe à son maximum, vers $0{,}8$ s : c'est le sommet de la trajectoire, pas le point F. La lecture se fait à $t_F = 1{,}0$ s, même si l'écart est faible ici.

COMPRENDRE
Une graduation vaut 2 J : la lecture est incertaine à quelques dixièmes de joule, donc H à une vingtaine de centimètres. Le résultat s'accorde avec le terme constant $4{,}9$ de $y(t)$ en partie 3.



2.4 · Courbe 3 de la figure 2 (échelle verticale agrandie), avec la lecture à la date du choc

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{6.0}{0.126 \times 9.81} \approx 4.854133$$

3.1 Évaluer la valeur de la vitesse v_F à partir des équations horaires de la balle, puis la comparer à la valeur donnée.

Données utiles $x(t) = -34{,}9\,t$; $y(t) = -4{,}9\,t^2 - 2{,}4\,t + 4{,}9$; valeur donnée : $v_F = 35\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Les coordonnées de la vitesse sont les dérivées des équations horaires :

$$v_x(t) = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = -34{,}9 \qquad v_y(t) = \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = -9{,}8\,t - 2{,}4$$

Le rebond a lieu à $t = 0$ s : $v_x(0) = -34{,}9\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $v_y(0) = -2{,}4\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$v_F = \sqrt{v_x(0)^2 + v_y(0)^2} = \sqrt{(-34{,}9)^2 + (-2{,}4)^2} = 35{,}0\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v_F = 35{,}0\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: accord avec la valeur de $35\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ de l'énoncé.

PIÈGE

Prendre $v_F = 34{,}9\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ en ne gardant que v_x. La valeur de la vitesse est la norme du vecteur : il faut les deux coordonnées.

COMPRENDRE

Les deux coordonnées sont négatives : après le rebond, la balle repart vers les x décroissants, c'est-à-dire vers le joueur, et légèrement vers le bas.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\sqrt{(-34.9)^2 + (-2.4)^2} \approx 34.98242$$

3.2 Interpréter la valeur du coefficient du terme en t^2 dans l'expression de $y(t)$ et préciser son unité.

Données utiles $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

En chute libre, $a_y = -g$. Deux primitives successives donnent $y(t) = -\frac{1}{2}\,g\,t^2 + v_{0y}\,t + y_0$.

Le coefficient de t^2 est donc $-\frac{g}{2} = -\frac{9{,}81}{2} = -4{,}9\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Unité : y est en mètre et t^2 en s^2, le coefficient s'exprime en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, comme une accélération.

Le coefficient $-4{,}9$ est égal à $-\frac{g}{2}$; il s'exprime en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

MÉTHODE

Pour trouver l'unité d'un coefficient, écrire que chaque terme d'une somme a l'unité du membre de gauche : ici $[\text{coefficient}] \times \text{s}^2 = \text{m}$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{-9.81}{2} \approx -4.905$$

3.3 Le service effectué est-il réussi ?

Données utiles trajectoire : $y = -4{,}0 \times 10^{-3}\,x^2 + 6{,}9 \times 10^{-2}\,x + 4{,}9$; ligne 4 : $x = -16$ m ; ligne 7 : $x = -28$ m

La balle touche le sol lorsque $y = 0$: $-4{,}0 \times 10^{-3}\,x^2 + 6{,}9 \times 10^{-2}\,x + 4{,}9 = 0$.

Discriminant : $\Delta = (6{,}9 \times 10^{-2})^2 - 4 \times (-4{,}0 \times 10^{-3}) \times 4{,}9 = 8{,}3 \times 10^{-2}$

$$x_1 = \frac{-6{,}9 \times 10^{-2} + \sqrt{\Delta}}{2 \times (-4{,}0 \times 10^{-3})} = -27 \text{ m} \qquad x_2 = \frac{-6{,}9 \times 10^{-2} - \sqrt{\Delta}}{2 \times (-4{,}0 \times 10^{-3})} = 45 \text{ m}$$

Après le rebond, la balle se déplace vers les x négatifs : seule $x_1 = -27$ m convient.

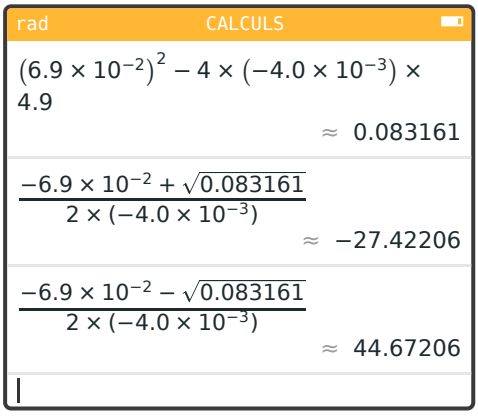
Le service est réussi si la balle retombe entre la ligne 4 et la ligne 7, soit $-28 \text{ m} \leqslant x \leqslant -16 \text{ m}$.

$x_1 = -27$ m est compris entre -28 m et -16 m : le service est réussi.

PIÈGE
Se tromper de signe dans Δ : a est négatif, donc $-4ac$ est positif. S'arrêter à $x = -27$ m sans le comparer aux deux lignes ne répond pas à la question.

COMPRENDRE
La balle retombe à 27 m du mur, soit 1 m seulement avant la ligne 7 : le service est réussi de peu, avec des coefficients connus à deux chiffres significatifs.

À LA CALCULATRICE



Au plus près du Soleil et de sa couronne

Bac 2021 Métropole Septembre Sujet 1 · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

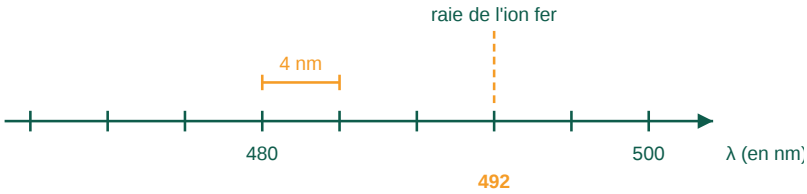
1.1 Donner la valeur de la longueur d'onde $\lambda(\mathrm{Fe}^{13+})$ de la radiation émise par l'ion Fe^{13+}, en nm puis en m.

Données utiles figure 1 : axe gradué, repères 480 nm et 500 nm

Sur l'axe de la figure 1, il y a 5 intervalles entre 480 nm et 500 nm : une graduation vaut $\dfrac{500-480}{5} = 4$ nm.

La raie de l'ion Fe^{13+} est sur la 3e graduation après 480 nm : $\lambda = 480 + 3\times 4 = 492$ nm.

$$\lambda(\mathrm{Fe}^{13+}) = 492 \text{ nm} = 4{,}92\times 10^{-7} \text{ m}$$



1.1 · Lecture de la longueur d'onde sur l'axe de la figure 1

PIÈGE
Prendre une graduation pour 5 nm. Pour la conversion : $1 \text{ nm} = 10^{-9}$ m, donc $492 \text{ nm} = 492\times 10^{-9}$ m.

MÉTHODE
Avant toute lecture sur un axe, calculer la valeur d'une graduation à partir de deux repères chiffrés, puis compter les graduations jusqu'au trait à lire.

1.2 Préciser, en justifiant, le domaine des ondes (UV, visible, X, IR, etc.) associé à cette valeur.

Données utiles $\lambda = 492$ nm (1.1)

Le domaine visible s'étend, dans le vide, d'environ 400 nm à 800 nm.
Or $400 \text{ nm} < 492 \text{ nm} < 800 \text{ nm}$.

La radiation émise par l'ion Fe^{13+} appartient au domaine **visible**.

COMPRENDRE
En dessous de 400 nm on entre dans l'ultraviolet, au-dessus de 800 nm dans l'infrarouge. Vers 490 nm, la lumière est bleu-vert, ce qui correspond à la couleur du spectre de la figure 1.

1.3 Calculer la valeur de la transition d'énergie $E(\mathrm{Fe}^{13+})$, en J puis en eV, correspondant à la raie d'émission de l'ion Fe^{13+}.

Données utiles $h = 6{,}63\times 10^{-34}$ J·s ; $c = 3{,}00\times 10^{8}$ m·s^{-1} ; $1 \text{ eV} = 1{,}6\times 10^{-19}$ J ; $\lambda = 4{,}92\times 10^{-7}$ m (1.1)

$$E = \frac{h\times c}{\lambda} = \frac{6{,}63\times 10^{-34}\times 3{,}00\times 10^{8}}{4{,}92\times 10^{-7}} = 4{,}04\times 10^{-19} \text{ J}$$

Conversion : $E = \dfrac{4{,}04\times 10^{-19}}{1{,}6\times 10^{-19}} = 2{,}5 \text{ eV}$

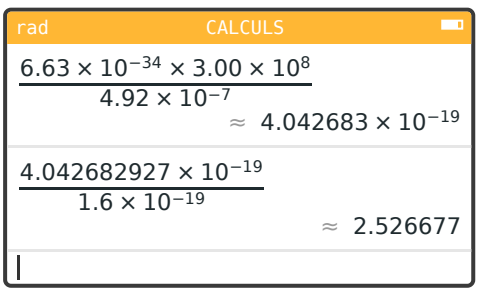
$$E(\mathrm{Fe}^{13+}) = 4{,}04\times 10^{-19} \text{ J} = 2{,}5 \text{ eV}$$

PIÈGE
Laisser λ en nanomètres : la relation exige des mètres. Pour passer des joules aux électronvolts, on divise par $1{,}6\times 10^{-19}$, on ne multiplie pas.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs en joules, comme h, c et λ. En eV, la donnée $1{,}6\times 10^{-19}$ n'en a que deux : on écrit 2,5 eV (2,53 eV reste accepté, les valeurs du tableau ayant trois chiffres).

MÉTHODE
Contrôle de cohérence avec le tableau : l'énergie varie en sens inverse de la longueur d'onde. Ici λ est plus petite que celle de Ca^{14+}, donc E doit dépasser 2,18 eV.

À LA CALCULATRICE



2.1 Estimer, entre la 1re et la 2e rencontre avec Vénus, la période de révolution de la sonde PSP en jours, puis les distances maximale et minimale entre le Soleil et la sonde en km.

Données utiles figure 3 ; $R_S = 6{,}96 \times 10^5$ km

Période. Entre les rencontres 1 et 2, la courbe présente trois maximums. Le premier est à $t \approx 160$ j, le troisième à $t \approx 460$ j : ils sont séparés par deux périodes.

$$T \approx \frac{460 - 160}{2} = 150 \text{ j}$$

Distance maximale. Les maximums sont à 200 rayons solaires :

$$D_{max} = 200 \times R_S = 200 \times 6{,}96 \times 10^5 = 1{,}4 \times 10^8 \text{ km}$$

Distance minimale. Les minimums sont à environ 35 rayons solaires :

$$D_{min} = 35 \times R_S = 35 \times 6{,}96 \times 10^5 = 2{,}4 \times 10^7 \text{ km}$$

$T \approx 1{,}5 \times 10^2$ j ; $D_{max} \approx 1{,}4 \times 10^8$ km ; $D_{min} \approx 2{,}4 \times 10^7$ km

PIÈGE
L'axe vertical est gradué en nombre de rayons solaires, pas en kilomètres : il faut multiplier la lecture par R_S.

COMPRENDRE
« Estimer » : la lecture est grossière, deux chiffres significatifs suffisent. Toute valeur voisine (période entre 150 et 160 j, minimum entre 30 et 40 rayons solaires) est recevable.

MÉTHODE
Pour une période lue sur un graphique, mesurer la durée de plusieurs périodes entre deux maximums éloignés, puis diviser : l'erreur de lecture est répartie sur l'ensemble.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{460 - 160}{2} \approx 150$

$200 \times 6.96 \times 10^5 \approx 1.392 \times 10^8$

$35 \times 6.96 \times 10^5 \approx 2.436 \times 10^7$

2.2 À partir de l'expression de la vitesse sur une orbite circulaire, montrer que T et R vérifient $\frac{T^2}{R^3} = 2{,}97 \times 10^{-19}$ s$^2 \cdot$ m^{-3}.

Données utiles $v = \sqrt{\frac{G \times M_S}{R}}$; $M_S = 1{,}99 \times 10^{30}$ kg ; $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ m$^3 \cdot$ kg$^{-1} \cdot$ s^{-2}

Le mouvement est circulaire uniforme : pendant une période T, la sonde parcourt le périmètre $2\pi R$ de l'orbite à la vitesse v.

$$T = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi R \sqrt{\frac{R}{G \times M_S}}$$

En élevant au carré : $T^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{G \times M_S}$, d'où

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G \times M_S} = \frac{4\pi^2}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 1{,}99 \times 10^{30}} = 2{,}97 \times 10^{-19} \text{ s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$$

$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G \times M_S} = 2{,}97 \times 10^{-19}$ s$^2 \cdot$ m^{-3} : valeur attendue retrouvée.

PIÈGE
Se contenter du calcul numérique. « Montrer que » demande d'abord l'expression littérale établie à partir de $v = \frac{2\pi R}{T}$.

COMPRENDRE
Le rapport ne dépend que de la masse du Soleil : il est le même pour tout objet en orbite autour de lui. C'est la troisième loi de Kepler.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{4 \times \pi^2}{6.67 \times 10^{-11} \times 1.99 \times 10^{30}} \approx 2.974273 \times 10^{-19}$

2.3 Vérifier que les valeurs du tableau 1 sont en accord avec la relation précédente, le rayon étant remplacé par le demi-grand axe a.

Données utiles $T = 87\,\text{j}$; $D_{max} = 1{,}1 \times 10^8\,\text{km}$; $D_{min} = 7{,}0 \times 10^6\,\text{km}$; $a = \dfrac{D_{max} + D_{min}}{2}$; $\dfrac{T^2}{R^3} = 2{,}97 \times 10^{-19}\,\text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ (2.2)

Demi-grand axe : $a = \dfrac{1{,}1 \times 10^8 + 7{,}0 \times 10^6}{2} = 5{,}85 \times 10^7\,\text{km} = 5{,}85 \times 10^{10}\,\text{m}$

Période : $T = 87 \times 24 \times 3600 = 7{,}52 \times 10^6\,\text{s}$

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{(7{,}52 \times 10^6)^2}{(5{,}85 \times 10^{10})^3} = 2{,}8 \times 10^{-19}\,\text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$$

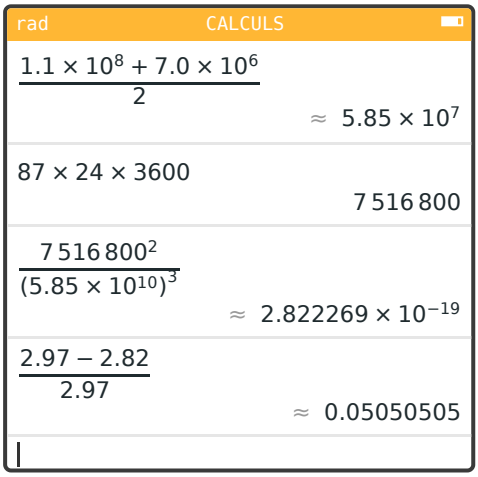
Écart relatif avec la valeur de la question 2.2 : $\dfrac{2{,}97 - 2{,}82}{2{,}97} \approx 5\,\%$.

$\dfrac{T^2}{a^3} = 2{,}8 \times 10^{-19}\,\text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$, proche de $2{,}97 \times 10^{-19}\,\text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ (écart de 5 %) : les valeurs du tableau 1 sont en accord avec la relation.

PIÈGE
Garder T en jours ou a en kilomètres. La constante est en $\text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$: secondes et mètres obligatoires, et a est élevé au cube, donc une erreur d'unité se paie très cher.

COMPRENDRE
Les données du tableau n'ont que deux chiffres significatifs. Un écart de quelques pour cent est donc compatible avec la relation : on conclut à l'accord sans attendre une égalité stricte.

À LA CALCULATRICE



3.1 Énoncer la loi de Kepler permettant de justifier l'allure de la trajectoire de la sonde PSP autour du Soleil représentée sur la figure 4.

Première loi de Kepler (loi des orbites), appliquée à la sonde :

Dans le référentiel héliocentrique, la trajectoire de la sonde PSP est une **ellipse** dont le centre du Soleil occupe l'un des **foyers**.

PIÈGE
Écrire que le Soleil est « au centre » de l'ellipse : il est à l'un des foyers. Ne pas confondre non plus avec la loi des aires, qui explique les variations de vitesse.

COMPRENDRE
Sur la figure 4, le Soleil S n'est pas au centre de la trajectoire : la sonde en est très proche en P_3 et très éloignée en P_6 et P_7. C'est la signature d'une ellipse aplatie.

3.2 Parmi les points du tableau 2, donner la date la plus proche de celle à laquelle la sonde atteint l'aphélie de sa trajectoire.

Données utiles tableau 2 : distances au Soleil et vitesses des positions 1 à 7

L'aphélie est le point de la trajectoire le plus éloigné du Soleil. Dans le tableau 2, la plus grande distance au Soleil est $107\,908\,666\ \text{km}$: c'est la position 7.

C'est aussi la position où la vitesse est la plus faible ($13{,}3\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$), ce qui est attendu à l'aphélie.

La date la plus proche de l'aphélie est le **13 février 2025 à 0 h 17 min** (position 7).

PIÈGE

Confondre aphélie et périhélie et répondre par la position 3. Les positions 6 et 7 sont très voisines : comparer les distances chiffre par chiffre.

COMPRENDRE

D'après la loi des aires, la sonde est la plus lente au point le plus éloigné du Soleil et la plus rapide au périhélie : en P_3, à 13 millions de kilomètres, elle atteint $131{,}2\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$.