Corrigé complet — Bac S 2017 Polynésie (ancien programme)

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

Ex 1	**L'univers du térahertz** Énergie d'un photon · Rayonnement ionisant · Diffraction par une fente · Pouvoir de résolution · Loi de Wien · Absorption atmosphérique	6 pts	1 h	8 questions	p. 2
Ex 2	**Arôme de menthe** Représentation topologique · Stéréoisomérie · Spectroscopie infrarouge · Synthèse d'un ester · Rendement · Dosage par étalonnage	9 pts	1 h 30	14 questions	p. 5
Ex 3	**Randonnée en montagne** Transfert thermique par conduction · Flux et résistance thermiques · Deuxième loi de Newton · Chute libre verticale · Célérité du son	5 pts	50 min	7 questions	p. 12
Ex 4	**Spécialité : Sonorisation d'une salle de concert** Niveau d'intensité sonore · Intensité sonore et distance · Atténuation géométrique · Diagramme de directivité · Résolution de problème	5 pts	50 min	2 questions	p. 15

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.

L'univers du térahertz

Bac S 2017 Polynésie (ancien programme) · Exercice 1 **6 points** **Durée conseillée 1 h**

1.1.1 Calculer l'énergie, en eV, d'un photon de rayonnement X puis d'un photon de rayonnement T.

Données utiles $f_X = 1{,}0 \times 10^{17}$ Hz ; $f_T = 1{,}5$ THz $= 1{,}5 \times 10^{12}$ Hz ; $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s ; 1 eV $= 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

L'énergie d'un photon de fréquence f est $E = h\,f$ (en joules). On divise par $1{,}60 \times 10^{-19}$ pour l'obtenir en eV.

Rayon X : $E_X = 6{,}63 \times 10^{-34} \times 1{,}0 \times 10^{17} = 6{,}63 \times 10^{-17}$ J, soit $E_X = \dfrac{6{,}63 \times 10^{-17}}{1{,}60 \times 10^{-19}} = 4{,}1 \times 10^{2}$ eV.

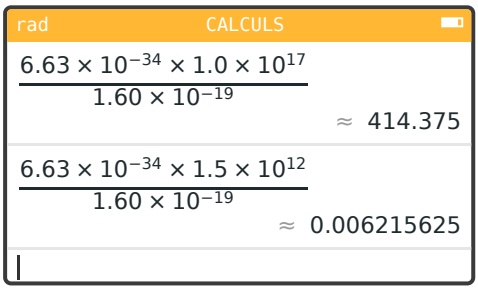
Rayon T : $E_T = 6{,}63 \times 10^{-34} \times 1{,}5 \times 10^{12} = 9{,}945 \times 10^{-22}$ J, soit $E_T = \dfrac{9{,}945 \times 10^{-22}}{1{,}60 \times 10^{-19}} = 6{,}2 \times 10^{-3}$ eV.

$E_X = 4{,}1 \times 10^{2}$ eV et $E_T = 6{,}2 \times 10^{-3}$ eV

PIÈGE
Oublier de convertir les térahertz en hertz, ou multiplier par $1{,}60 \times 10^{-19}$ au lieu de diviser pour passer des joules aux électronvolts.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les fréquences (1,0 et 1,5), données les moins précises. La valeur en joules, intermédiaire, n'est pas arrondie avant la conversion.

À LA CALCULATRICE



1.1.2 Comparer l'impact sur les organismes vivants d'un scanner à rayons X et d'un scanner à rayons T. Justifier.

Données utiles rayonnement ionisant : énergie supérieure à 10 eV ; $E_X = 4{,}1 \times 10^{2}$ eV et $E_T = 6{,}2 \times 10^{-3}$ eV (1.1.1)

$E_X = 4{,}1 \times 10^{2}$ eV > 10 eV : les rayons X sont ionisants. Ils peuvent arracher des électrons aux atomes des tissus et être nocifs si l'énergie reçue est trop grande.

$E_T = 6{,}2 \times 10^{-3}$ eV $\ll 10$ eV : les rayons T ne sont pas ionisants.

Le scanner à rayons T est sans danger d'ionisation pour les organismes vivants, contrairement au scanner à rayons X.

MÉTHODE
« Comparer » puis « justifier » : placer chaque valeur calculée face au seuil donné par l'énoncé (10 eV), puis conclure pour chacun des deux appareils.

1.2.1 Rappeler l'expression reliant l'angle θ à la largeur a de la fente et à la longueur d'onde λ.

Pour la diffraction par une fente, le demi-angle d'ouverture du faisceau diffracté vérifie :

$\theta = \dfrac{\lambda}{a}$, avec θ en radians, λ et a en mètres.

PIÈGE
Inverser le rapport. Vérification rapide : plus la fente est étroite (a petit), plus le faisceau s'étale (θ grand). Et θ s'exprime en radians, pas en degrés.

1.2.2 Montrer que si l'angle α est petit, on ne peut pas séparer les deux faisceaux à la sortie de la fente. Donner l'expression de la valeur limite de α.

Données utiles $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$ (1.2.1)

Après la fente, chaque faisceau garde sa direction moyenne, inclinée de α par rapport à l'axe, mais s'étale par diffraction de θ de part et d'autre de cette direction.

Le faisceau du haut occupe donc les directions comprises entre $\alpha - \theta$ et $\alpha + \theta$, celui du bas les directions comprises entre $-\alpha - \theta$ et $-\alpha + \theta$.

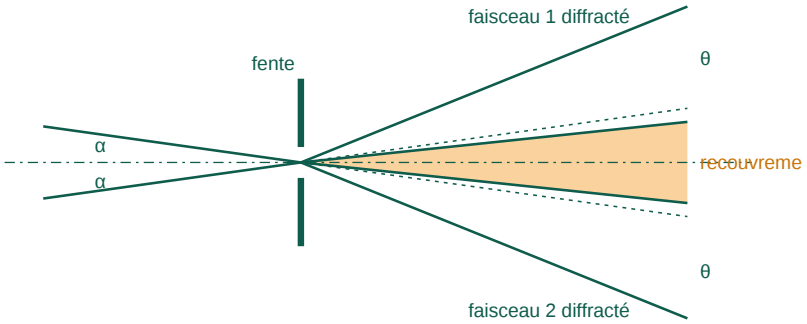
Si $\alpha < \theta$, alors $\alpha - \theta < 0 < -\alpha + \theta$: les deux faisceaux se recouvrent autour de l'axe et on ne peut pas les séparer.

Ils sont séparés dès que $\alpha - \theta \geqslant -\alpha + \theta$, c'est-à-dire $\alpha \geqslant \theta$.

Valeur limite : $\alpha_{\text{lim}} = \theta = \dfrac{\lambda}{a}$

COMPRENDRE
C'est l'origine du pouvoir de résolution : deux points d'un objet envoient vers l'instrument deux faisceaux inclinés l'un par rapport à l'autre. La diffraction par l'ouverture empêche de les distinguer s'ils sont trop proches.

MÉTHODE
Pour savoir si deux faisceaux se séparent, écrire l'intervalle angulaire occupé par chacun et chercher la condition pour que ces intervalles ne se chevauchent pas.



1.2.2 · Cas α < θ : les deux faisceaux diffractés se recouvrent (zone orange)

1.3.1 Montrer que deux points séparés de 0,20 mm, sur un objet situé à 12 cm de la caméra térahertz, ne peuvent pas être distingués avec un objectif de diamètre 10 cm.

Données utiles $D_{\text{min}} = 1{,}22\,\lambda\,\dfrac{L}{d}$; $L = 12\text{ cm} = 0{,}12\text{ m}$; $d = 0{,}20\text{ mm} = 0{,}20 \times 10^{-3}\text{ m}$; $f = 1{,}5 \times 10^{12}\text{ Hz}$; $c = 3{,}00 \times 10^{8}\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $D = 10\text{ cm}$

Longueur d'onde du rayonnement : $\lambda = \dfrac{c}{f}$, d'où

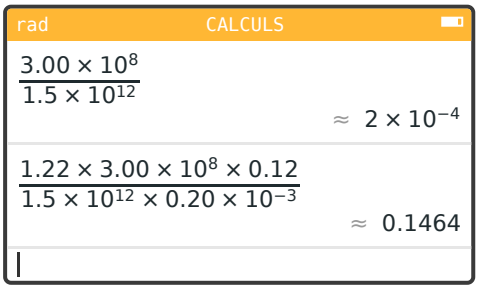
$$D_{\text{min}} = 1{,}22\,\frac{c\,L}{f\,d} = 1{,}22 \times \frac{3{,}00 \times 10^{8} \times 0{,}12}{1{,}5 \times 10^{12} \times 0{,}20 \times 10^{-3}} = 0{,}15\text{ m}$$

$D_{\text{min}} = 15\text{ cm} > D = 10\text{ cm}$: l'objectif est trop petit, les deux points ne sont pas distingués.

PIÈGE
Laisser L en centimètres et d en millimètres : le rapport L/d n'a pas d'unité seulement si les deux longueurs sont dans la même unité. Ici $L/d = 600$.

COMPRENDRE
La longueur d'onde vaut $\lambda = 2{,}0 \times 10^{-4}\text{ m} = 0{,}20\text{ mm}$: elle est égale à la distance d à résoudre. On ne distingue pas facilement des détails de la taille de la longueur d'onde.

À LA CALCULATRICE



1.3.2 Comment modifier la fréquence des ondes térahertz pour visualiser distinctement ces deux points ?

Données utiles $D_{\min} = 1{,}22\,\dfrac{c\,L}{f\,d}$ (1.3.1) ; $D = 0{,}10$ m

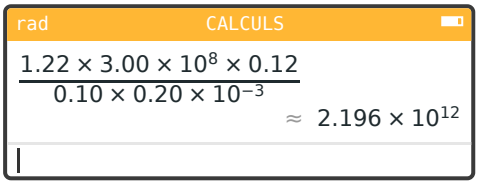
Il faut abaisser $D_{\min}$ jusqu'à $D = 10$ cm au plus. Or $D_{\min} = 1{,}22\,\dfrac{c\,L}{f\,d}$ est inversement proportionnel à f, les autres grandeurs étant fixées.

Condition $D_{\min} \leqslant D$: $\quad f \geqslant 1{,}22\,\dfrac{c\,L}{D\,d} = 1{,}22 \times \dfrac{3{,}00 \times 10^{8} \times 0{,}12}{0{,}10 \times 0{,}20 \times 10^{-3}} = 2{,}2 \times 10^{12}$ Hz

Il faut augmenter la fréquence, au moins jusqu'à 2,2 THz.

COMPRENDRE
Augmenter f revient à diminuer λ, donc à réduire la diffraction. La valeur 2,2 THz reste dans le domaine térahertz (de 0,1 à 30 THz) : la solution est réaliste.

À LA CALCULATRICE



2.1 Montrer que le « rayonnement fossile » peut être considéré comme un rayonnement térahertz.

Données utiles loi de Wien : $\lambda_{\max} T = 2{,}90 \times 10^{-3}$ m · K ; $T = 3$ K ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; rayons térahertz : de 0,1 THz à 30 THz

Longueur d'onde majoritairement émise par un corps noir à 3 K :

$\lambda_{\max} = \dfrac{2{,}90 \times 10^{-3}}{T} = \dfrac{2{,}90 \times 10^{-3}}{3} = 1 \times 10^{-3}$ m, soit environ 1 mm.

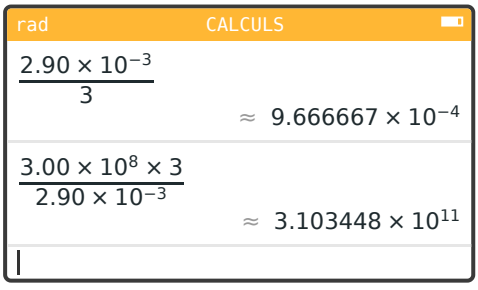
Fréquence correspondante : $f = \dfrac{c}{\lambda_{\max}} = \dfrac{c\,T}{2{,}90 \times 10^{-3}} = \dfrac{3{,}00 \times 10^{8} \times 3}{2{,}90 \times 10^{-3}} = 3 \times 10^{11}$ Hz

$f = 0{,}3$ THz, compris entre 0,1 THz et 30 THz : le rayonnement fossile est un rayonnement térahertz.

PIÈGE
Comparer directement $\lambda_{\max}$ à l'axe du document, gradué en fréquences. Il faut soit calculer f, soit convertir les bornes 0,1 THz et 30 THz en longueurs d'onde (3 mm et 10 µm).

COMPRENDRE
La température « 3 kelvins » n'a qu'un chiffre significatif : les résultats aussi. La loi de Wien n'est plus au programme de spécialité de Terminale (elle relève de l'enseignement scientifique de Première) ; ici elle est fournie.

À LA CALCULATRICE



2.2 Le rayonnement fossile peut-il être étudié directement avec des instruments au sol, ou faut-il un satellite ? Justifier.

Données utiles $\lambda_{\max} \approx 1$ mm (2.1) ; courbe d'absorption de l'atmosphère en fonction de la longueur d'onde

Sur le graphique, pour une longueur d'onde voisine de 1 mm, l'absorption atmosphérique vaut 100 % : l'atmosphère arrête ce rayonnement avant qu'il n'atteigne le sol.

L'étude du rayonnement fossile autour de son maximum d'émission nécessite un satellite, placé au-dessus de l'atmosphère.

COMPRENDRE
L'atmosphère ne laisse passer que deux « fenêtres » : le visible et les ondes radio de quelques centimètres à quelques mètres. Le reste de ce rayonnement, émis à ces longueurs d'onde radio, parvient donc faiblement jusqu'au sol.

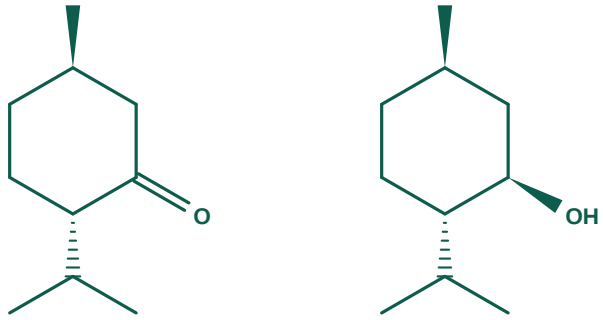
Arôme de menthe

Bac S 2017 Polynésie (ancien programme) · Exercice 2 **9 points** **Durée conseillée 1 h 30**

1.1 Donner la représentation topologique des molécules de menthone et de (-) menthol.

La chaîne carbonée est tracée en ligne brisée : chaque sommet ou extrémité est un atome de carbone. Les atomes d'hydrogène portés par les carbones ne sont pas écrits ; seuls figurent l'atome O de la menthone et le groupe OH du menthol.

Les deux représentations sont tracées ci-dessous : un cycle à six carbones portant un groupe méthyle, un groupe isopropyle et, selon la molécule, $C{=}O$ ou OH.



menthone (-) menthol

1.1 · Représentations topologiques de la menthone et du (-) menthol

PIÈGE
Écrire un C ou un CH_3 aux sommets, ou oublier le H du groupe OH : en écriture topologique, seuls les H liés à un carbone disparaissent.

MÉTHODE
Compter les carbones pour se contrôler : 10 dans chaque molécule (6 dans le cycle, 1 pour le méthyle, 3 pour l'isopropyle), en accord avec la formule brute $C_{10}H_{20}O$ du menthol.

1.2 Repérer le ou les atomes de carbone asymétriques sur la représentation topologique de la menthone. Justifier.

Un atome de carbone asymétrique est un carbone tétraédrique lié à quatre atomes ou groupes d'atomes tous différents.

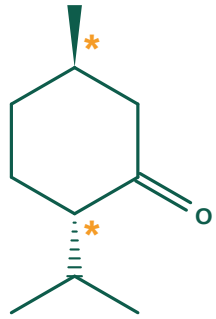
Dans la menthone, deux carbones du cycle remplissent cette condition :

- celui qui porte le groupe méthyle, lié à H, à CH_3 et à deux carbones du cycle non équivalents (d'un côté $CH_2{-}C{=}O$, de l'autre $CH_2{-}CH_2$) ;
- celui qui porte le groupe isopropyle, lié à H, à $CH(CH_3)_2$, au carbone du groupe $C{=}O$ et à un CH_2 du cycle.

La menthone possède **deux** atomes de carbone asymétriques, repérés par un astérisque sur la figure.

PIÈGE
Écarter le carbone qui porte le méthyle parce que ses deux voisins du cycle sont des CH_2. Il faut suivre le cycle plus loin : les deux branches ne sont pas identiques.

COMPRENDRE
Les carbones CH_2 portent deux H identiques, celui du groupe $C{=}O$ n'a que trois voisins, celui de l'isopropyle porte deux CH_3 : aucun n'est asymétrique. Carbone asymétrique et énantiomérie ne figurent plus au programme actuel de spécialité.



* carbone asymétrique

(4 groupes différents)

1.2 · Les deux atomes de carbone asymétriques de la menthone

1.3 Donner le nom du type de stéréoisomérie de configuration qui lie le (-) menthol et le (+) menthol. Justifier.

Les deux molécules ont le même enchaînement d'atomes. Sur les représentations du sujet, chaque liaison en trait plein épais de l'une est en pointillés dans l'autre, et inversement : la configuration des trois carbones asymétriques est inversée.

Le (+) menthol est donc l'image du (-) menthol dans un miroir plan, et ces deux molécules chirales ne sont pas superposables.

Le (-) menthol et le (+) menthol sont des **énantiomères** (énantiomérie).

COMPRENDRE
Si un ou deux seulement des trois carbones asymétriques étaient inversés, les molécules ne seraient plus images l'une de l'autre dans un miroir : ce seraient des diastéréoisomères.

1.4 Choisir, en justifiant, le spectre infrarouge correspondant à la menthone.

Données utiles $C{=}O$: 1650 - 1750 cm^{-1} ; $O{-}H$ (alcool) : 3200 - 3650 cm^{-1} ; $C{-}H$: 2800 - 3100 cm^{-1}

La menthone possède une liaison $C{=}O$ et pas de liaison $O{-}H$; pour le menthol, c'est l'inverse.

Le spectre 2 présente une bande fine et intense vers $1700\ cm^{-1}$, dans l'intervalle de la liaison $C{=}O$, et aucune bande large entre 3200 et $3650\ cm^{-1}$.

Le spectre 1 présente une bande large et intense vers $3300\ cm^{-1}$, due à la liaison $O{-}H$ d'un alcool, et pas de bande intense vers $1700\ cm^{-1}$: c'est celui du menthol.

Le **spectre 2** est celui de la menthone.

PIÈGE
S'appuyer sur les bandes vers $2900\ cm^{-1}$: elles sont dues aux liaisons $C{-}H$, présentes dans les deux molécules, et ne permettent pas de trancher.

MÉTHODE
Lister d'abord les liaisons qui distinguent les deux molécules, puis chercher la présence ET l'absence de leurs bandes sur chaque spectre. L'axe des nombres d'onde est gradué de droite à gauche.

2.1 Identifier le type de modification (chaîne ou groupe caractéristique) associée à la synthèse de l'éthanoate de menthyle. Justifier.

Le menthol porte un groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$ (famille des alcools). L'éthanoate de menthyle porte un groupe ester. Le squelette carboné du menthol (cycle et ses deux ramifications) se retrouve intact dans le produit.

Le titre de la partie écrit « éthanoate de méthyle » et le protocole « éthanoate d'éthyle » : l'espèce synthétisée est bien l'éthanoate de menthyle, de formule $\mathrm{C_{12}H_{22}O_2}$.

Il s'agit d'une **modification de groupe caractéristique** (hydroxyle transformé en ester), sans modification de chaîne.

COMPRENDRE
Deux coquilles du sujet sans conséquence : l'équation, le tableau de données et les questions désignent tous l'éthanoate de menthyle ($M = 198\ \mathrm{g/mol}$). L'éthanoate de méthyle serait $\mathrm{C_3H_6O_2}$.

2.2.1 L'acide sulfurique est ajouté comme catalyseur. Préciser son action dans la synthèse.

Un catalyseur est une espèce qui augmente la vitesse de la transformation sans figurer dans l'équation de la réaction : il est régénéré et ne modifie pas l'état final.

L'acide sulfurique **diminue la durée** de la synthèse, sans changer la quantité d'ester obtenue à l'état final.

PIÈGE
Écrire que le catalyseur « augmente le rendement ». Il permet d'atteindre plus vite le même état final, il ne le déplace pas.

2.2.2 Représenter le montage nécessaire à la mise en œuvre du protocole de synthèse. Le nommer et expliquer son intérêt.

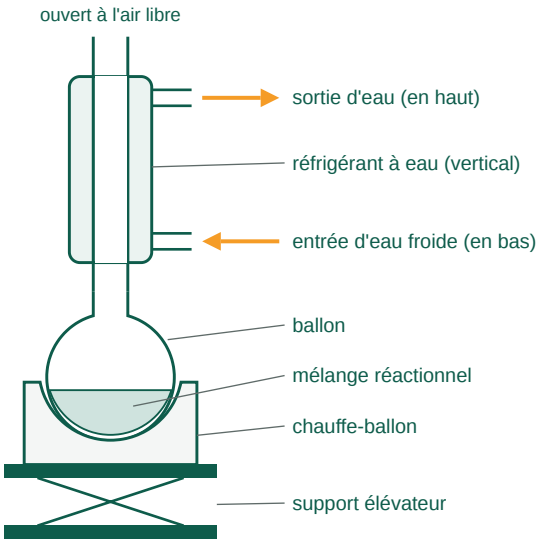
Le chauffage accélère la transformation, car la température est un facteur cinétique.

Le réfrigérant à eau condense les vapeurs, qui retombent dans le ballon : les réactifs et les produits ne s'échappent pas, il n'y a pas de perte de matière.

Il s'agit d'un montage de **chauffage à reflux** (schéma ci-dessous) : il permet de chauffer longtemps sans perdre de matière.

PIÈGE
Boucher le haut du réfrigérant (surpression dangereuse) ou faire entrer l'eau par le haut : l'eau entre par le bas pour que le manchon reste entièrement rempli.

MÉTHODE
Un schéma de montage rapporte ses points par les légendes : ballon, chauffe-ballon, réfrigérant à eau, sens de circulation de l'eau, support élévateur pour arrêter rapidement le chauffage.



2.2.2 · Montage de chauffage à reflux

2.2.3 Justifier l'utilisation d'une ampoule à décanter pour éliminer la phase aqueuse.

Données utiles éthanoate de menthyle : miscibilité avec l'eau très faible, masse volumique 0,92 g/mL

L'éthanoate de menthyle est très faiblement miscible avec l'eau : le mélange se sépare en deux phases liquides, une phase organique contenant l'ester et une phase aqueuse.

La phase organique est moins dense que la phase aqueuse (0,92 g/mL contre environ 1 g/mL) : elle surnage.

L'ampoule à décanter sépare ces deux liquides non miscibles : le robinet laisse s'écouler la phase aqueuse, située en dessous, et l'on conserve la phase organique.

COMPRENDRE
L'énoncé parle de « dernière étape », mais la phase aqueuse est éliminée lors du lavage, avant le séchage. Les ions de la solution de lavage et l'acide restant se trouvent dans la phase aqueuse.

2.2.4 Écrire l'équation de la réaction acido-basique entre l'acide éthanoïque restant et les ions hydrogénocarbonate, et justifier les observations expérimentales.

Données utiles couples CH_3COOH / CH_3COO^- et CO_2,H_2O / HCO_3^-

L'acide éthanoïque, acide du premier couple, cède un ion H^+ à l'ion hydrogénocarbonate, base du second couple.

$$CH_3COOH + HCO_3^- \longrightarrow CH_3COO^- + CO_2\,(g) + H_2O$$

L'effervescence observée est due au dioxyde de carbone formé, peu soluble, qui se dégage à l'état gazeux. C'est aussi pourquoi il faut dégazer régulièrement : le gaz fait monter la pression dans l'ampoule.

COMPRENDRE
Intérêt du lavage : l'acide éthanoïque en excès est transformé en ion éthanoate, soluble dans l'eau. Il quitte ainsi la phase organique et part avec la phase aqueuse.

2.3.1 Identifier le réactif introduit en excès.

Données utiles menthol : $m = 15{,}6$ g, $M = 156$ g/mol ; acide éthanoïque : $V = 11{,}0$ mL, $\rho = 1{,}05$ g/mL, $M = 60$ g/mol

Menthol : $n_1 = \dfrac{m}{M} = \dfrac{15{,}6}{156} = 0{,}100$ mol

Acide éthanoïque (liquide pur) : $n_2 = \dfrac{\rho V}{M} = \dfrac{1{,}05 \times 11{,}0}{60} = 0{,}19$ mol

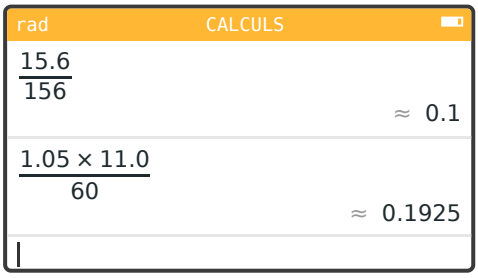
D'après l'équation, les réactifs réagissent mole à mole. Comme $n_2 > n_1$:

L'**acide éthanoïque** est en excès ; le menthol est le réactif limitant.

PIÈGE
Comparer les masses, ou diviser le volume d'acide par la masse molaire. Pour un liquide, on passe par la masse $m = \rho V$.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : le résultat en garde autant que la donnée la moins précise. Ici $M = 60$ g/mol limite n_2 à deux chiffres ; cela suffit pour la comparaison.

À LA CALCULATRICE



2.3.2 Déterminer le rendement de la synthèse de l'éthanoate de menthyle en expliquant la démarche.

Données utiles $n_1 = 0{,}100$ mol de menthol, réactif limitant (2.3.1) ; masse d'ester obtenue $m_{exp} = 12$ g ; $M(\text{ester}) = 198$ g/mol

Le rendement compare la quantité d'ester obtenue à la quantité maximale, celle que donnerait une transformation totale.

Le menthol est limitant et une mole de menthol donne une mole d'ester : $n_{max} = n_1 = 0{,}100$ mol.

Quantité obtenue : $n_{exp} = \dfrac{m_{exp}}{M} = \dfrac{12}{198} = 6{,}1 \times 10^{-2}$ mol

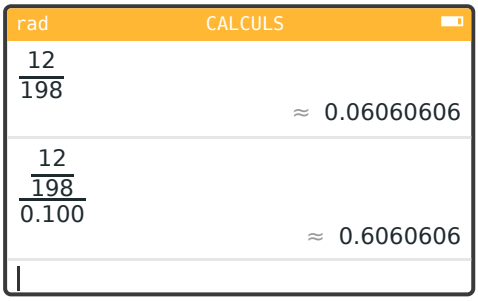
$$\eta = \frac{n_{exp}}{n_{max}} = \frac{6{,}1 \times 10^{-2}}{0{,}100} = 0{,}61$$

$\eta = 61\ \%$

PIÈGE
Calculer la quantité maximale à partir de l'acide éthanoïque, en excès : c'est toujours le réactif limitant qui fixe n_{max}.

COMPRENDRE
On peut aussi comparer des masses : $m_{max} = 0{,}100 \times 198 = 19{,}8$ g, puis $12 \div 19{,}8 = 0{,}61$. Deux chiffres significatifs, comme la masse obtenue.

À LA CALCULATRICE



2.3.3 Proposer une explication permettant de justifier un rendement inférieur à 100 % pour cette synthèse.

L'équation est écrite avec une double flèche : la transformation n'est pas totale. Elle conduit à un état d'équilibre dans lequel il reste du menthol.

Le rendement est inférieur à 100 % car la transformation est **limitée** ; s'y ajoutent des pertes de produit lors de l'extraction, du lavage et du séchage.

COMPRENDRE
L'excès d'acide éthanoïque sert déjà à améliorer le rendement. On pourrait aussi éliminer l'eau au fur et à mesure de sa formation.

3.1 Quelle est la composante RVB la plus absorbée par une solution de sirop de menthe ? Ce résultat était-il prévisible ?

Données utiles codes dans le blanc : R = V = B = 206 ; dans la solution S : R = 106, V = 194, B = 206

Plus le code d'une composante est faible par rapport au blanc, plus cette composante est absorbée. Pour la solution S, le code du rouge passe de 206 à 106, celui du vert de 206 à 194, celui du bleu ne change pas.

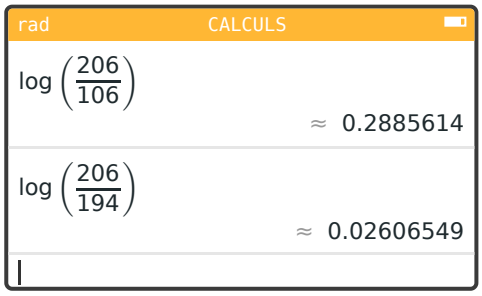
En absorbance : $A_R = \log\left(\dfrac{206}{106}\right) = 0{,}29$; $A_V = \log\left(\dfrac{206}{194}\right) = 0{,}026$; $A_B = 0$.

Ce résultat était prévisible : une solution absorbe surtout la couleur complémentaire de sa couleur perçue. Le sirop est cyan et, sur le cercle chromatique, la couleur diamétralement opposée au cyan est le rouge.

La composante **rouge** est la plus absorbée, comme le laissait prévoir la couleur cyan du sirop.

PIÈGE
Dire que le sirop « absorbe le cyan ». La couleur perçue est celle de la lumière transmise : le vert et le bleu traversent la cuve, le rouge est arrêté.

À LA CALCULATRICE



3.2 Déterminer la concentration massique en colorant E133 du sirop de menthe glaciale.

Données utiles composante rouge : codes 163 ; 128 ; 80 ; 30 pour S_1 à S_4 (3,0 ; 6,0 ; 12,0 ; 24,0 mg/L), 206 pour le blanc, 106 pour S ; sirop dilué cinq fois

On travaille avec la composante rouge, la plus absorbée (3.1), donc la plus sensible. L'absorbance de chaque solution étalon est $A = \log\left(\dfrac{206}{\text{code R}}\right)$:

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4
C (mg/L)	3,0	6,0	12,0	24,0
A	0,10	0,21	0,41	0,84
A/C (L/mg)	0,034	0,034	0,034	0,035

Le rapport A/C est constant : la loi de Beer-Lambert $A = k\,C$ est vérifiée, avec en moyenne $k = 0{,}0344\ \text{L/mg}$. Les points sont alignés sur une droite passant par l'origine.

Pour la solution S : $A_S = \log\left(\dfrac{206}{106}\right) = 0{,}289$, d'où

$$C_S = \frac{A_S}{k} = \frac{0{,}289}{0{,}0344} = 8{,}4\ \text{mg/L}$$

La lecture graphique donne la même valeur. Le sirop a été dilué cinq fois : $C = 5\,C_S = 5 \times 8{,}4$.

$C = 42\ \text{mg/L}$ de colorant E133 dans le sirop de menthe glaciale.



3.2 · Droite d'étalonnage (composante rouge) et lecture de la concentration de S

PIÈGE
Oublier la dilution et annoncer 8,4 mg/L : c'est la concentration de la solution S, pas celle du sirop.

COMPRENDRE
Selon le tracé de la droite ou la valeur retenue pour k, on trouve entre 41 et 43 mg/L : la méthode ne donne que deux chiffres significatifs.

MÉTHODE
Dosage par étalonnage : 1) absorbance des étalons ; 2) vérifier la proportionnalité (droite passant par l'origine) ; 3) reporter l'absorbance de l'inconnue ; 4) tenir compte de la dilution.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\log\left(\frac{206}{163}\right) \approx 0.1016796$

$\log\left(\frac{206}{128}\right) \approx 0.2066573$

$\log\left(\frac{206}{80}\right) \approx 0.4107772$

$\log\left(\frac{206}{30}\right) \approx 0.836746$

$\frac{0.289}{0.0344} \approx 8.401163$

$5 \times 8.4 \approx 42$

Randonnée en montagne

Bac S 2017 Polynésie (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Indiquer le sens du transfert thermique à travers le matelas lorsque le randonneur est allongé, puis décrire la conduction thermique à l'échelle microscopique.

Données utiles température du sol : 15 °C ; température de la peau : 33 °C

Un transfert thermique se fait spontanément du corps chaud vers le corps froid. La peau (33 °C) est plus chaude que le sol (15 °C) : l'énergie traverse le matelas du randonneur vers le sol.

À l'échelle microscopique, les entités de la face chaude du matelas sont plus agitées que celles de la face froide. Par chocs et interactions entre voisines, cette agitation thermique se communique de proche en proche à travers la mousse, sans déplacement de matière.

Transfert du **randonneur vers le sol** ; conduction : agitation thermique transmise de proche en proche, sans transport de matière.

PIÈGE
Oublier « sans déplacement de matière » : c'est ce qui distingue la conduction de la convection. Dire que « le froid monte du sol » est faux : seule l'énergie se déplace, du chaud vers le froid.

1.2.1 Parmi les quatre valeurs proposées pour la surface S du randonneur au contact du matelas, choisir celle qui est correctement estimée et justifier.

Données utiles matelas : 193 cm × 62 cm ; valeurs proposées : $0{,}005\ \text{m}^2$; $0{,}05\ \text{m}^2$; $0{,}5\ \text{m}^2$; $5\ \text{m}^2$

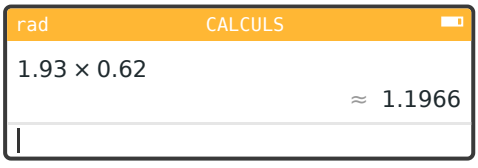
Surface du matelas : $S_{\text{matelas}} = 1{,}93 \times 0{,}62 = 1{,}2\ \text{m}^2$.

La surface de contact est forcément inférieure à celle du matelas : $5\ \text{m}^2$ est exclu. Un corps allongé (environ 1,7 m de long sur 0,3 m de large en contact) couvre une bonne partie du matelas, à peu près la moitié : $0{,}05\ \text{m}^2$ et $0{,}005\ \text{m}^2$ sont beaucoup trop petits.

$S = 0{,}5\ \text{m}^2$

MÉTHODE
Pour choisir un ordre de grandeur, encadrer : ici la surface du matelas donne un majorant, et un rectangle « longueur du corps × largeur en contact » donne l'estimation.

À LA CALCULATRICE



1.2.2 Calculer le flux thermique φ traversant le matelas « Sleepy ».

Données utiles $\lambda = 0{,}03\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $e = 1{,}1$ cm ; $S = 0{,}5\ \text{m}^2$ (1.2.1) ; températures : 33 °C et 15 °C

$\varphi = \dfrac{\Delta T}{R_{th}}$ avec $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda S}$, donc $\varphi = \dfrac{\lambda S \Delta T}{e}$.

Écart de température : $\Delta T = 33 - 15 = 18\ ^\circ\text{C} = 18\ \text{K}$; épaisseur : $e = 1{,}1 \times 10^{-2}$ m.

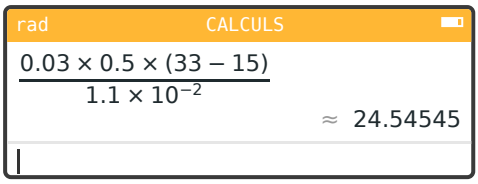
$$\varphi = \frac{0{,}03 \times 0{,}5 \times 18}{1{,}1 \times 10^{-2}} = 24{,}5\ \text{W}$$

$\varphi \approx 25\ \text{W}$, soit $2 \times 10^1\ \text{W}$ avec un seul chiffre significatif

PIÈGE
Laisser l'épaisseur en centimètres : le flux serait cent fois trop petit. Inutile en revanche de convertir les températures : un écart a la même valeur en °C et en K.

COMPRENDRE
λ et S n'ont qu'un chiffre significatif : le résultat n'est qu'un ordre de grandeur, 2×10^1 W. On garde 24,5 W pour la comparaison qui suit.

À LA CALCULATRICE



1.2.3 Le flux traversant le matelas « Randy », dans les mêmes conditions, est de 40 W. Quel matelas isole le mieux ? Justifier.

Données utiles $\varphi_{\text{Sleepy}} \approx 25$ W (1.2.2) ; $\varphi_{\text{Randy}} = 40$ W

Pour un même écart de température, le meilleur isolant est celui que traverse le flux thermique le plus faible : le randonneur perd alors moins d'énergie chaque seconde.

$\varphi_{\text{Sleepy}} \approx 25 \text{ W} < \varphi_{\text{Randy}} = 40 \text{ W}$

Le matelas **« Sleepy »** possède les meilleures capacités d'isolation thermique.

COMPRENDRE
Comme $\varphi = \dfrac{\Delta T}{R_{th}}$ avec le même ΔT, un flux plus faible signifie une résistance thermique plus grande : c'est elle qui mesure la qualité de l'isolation.

2.1 Montrer que la hauteur h du précipice et la durée de chute t_C sont liées par $h = \dfrac{1}{2} g\, t_C^2$.

Données utiles axe Oy vertical vers le bas ; à $t = 0$: $y_0 = 0$, pierre lâchée ; frottements négligeables

Système {pierre}, de masse m ; référentiel terrestre supposé galiléen. Sans frottements, la seule force est le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$. Sur l'axe Oy dirigé vers le bas : $a_y = g$.

Comme $a_y = \dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}$: $v_y(t) = g\,t + C_1$. La pierre est lâchée sans vitesse initiale : $v_y(0) = 0$, donc $C_1 = 0$ et $v_y(t) = g\,t$.

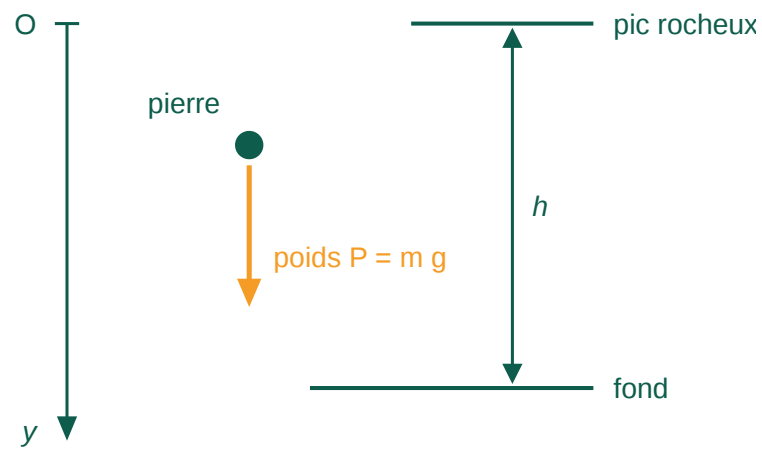
Comme $v_y = \dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}$: $y(t) = \dfrac{1}{2} g\,t^2 + C_2$. Or $y(0) = y_0 = 0$, donc $C_2 = 0$ et $y(t) = \dfrac{1}{2} g\,t^2$.

La pierre touche le fond à la date t_C, où $y(t_C) = h$:

$$h = \frac{1}{2} g\, t_C^2$$

PIÈGE
Écrire $a_y = -g$ par habitude. Ici l'axe pointe vers le bas, comme $\vec{g}$: la projection est positive.

MÉTHODE
Toujours le même enchaînement : système, référentiel, bilan des forces, deuxième loi, projection, puis deux primitives. Chaque constante se détermine aussitôt avec la condition initiale correspondante.



2.1 · Chute de la pierre : axe, force et hauteur

2.2.1 En négligeant la durée de propagation du son, estimer la hauteur h du précipice.

Données utiles durée mesurée : 5,2 s ; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

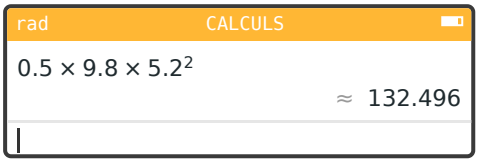
Si le son arrive instantanément, la durée mesurée est la durée de chute : $t_C = 5{,}2$ s.

$$h = \frac{1}{2}\,g\,t_C^2 = \frac{1}{2}\times 9{,}8\times 5{,}2^2 = 132\ \text{m}$$

$h = 1{,}3\times 10^2$ m

COMPRENDRE
g et la durée ont deux chiffres significatifs : le résultat aussi, d'où l'écriture $1{,}3\times 10^2$ m plutôt que 132 m.

À LA CALCULATRICE



2.2.2 L'hypothèse de la question 2.2.1 est-elle justifiée ? Justifier par une application numérique. Avec cette hypothèse, la hauteur calculée est-elle plus grande ou plus petite que la hauteur réelle ?

Données utiles $v_{\text{son}} = 340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $h = 132$ m (2.2.1) ; durée mesurée : 5,2 s

Durée mise par le son pour remonter le précipice :

$$\Delta t_{\text{son}} = \frac{h}{v_{\text{son}}} = \frac{132}{340} = 0{,}39\ \text{s}$$

Cela représente $\dfrac{0{,}39}{5{,}2} \approx 7{,}5\ \%$ de la durée mesurée, soit plusieurs fois la précision du chronométrage (0,1 s) : l'hypothèse n'est pas justifiée.

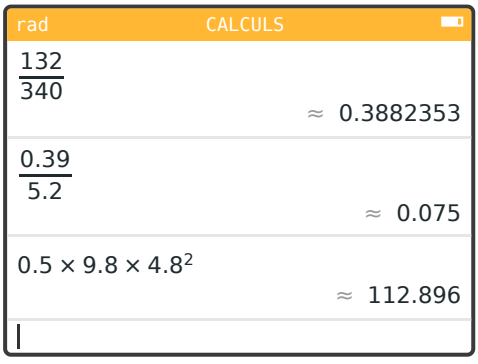
La durée mesurée est la somme de la durée de chute et de celle du retour du son : la chute dure en réalité moins de 5,2 s, environ $5{,}2 - 0{,}39 = 4{,}8$ s. Comme h augmente avec t_C, la hauteur calculée est surestimée : avec 4,8 s, $h_{\text{réelle}} \approx \dfrac{1}{2}\times 9{,}8\times 4{,}8^2 = 1{,}1\times 10^2$ m.

$\Delta t_{\text{son}} = 0{,}39$ s n'est pas négligeable devant 5,2 s ; la hauteur calculée ($1{,}3\times 10^2$ m) est **plus grande** que la hauteur réelle (environ $1{,}1\times 10^2$ m).

PIÈGE
Répondre « négligeable » ou « non » sans calcul : l'énoncé exige une application numérique, et une comparaison chiffrée à la durée mesurée.

COMPRENDRE
Le calcul de Δt_{son} utilise la hauteur surestimée : c'est une approximation suffisante. Le calcul exact, $\sqrt{\dfrac{2h}{g}} + \dfrac{h}{v_{\text{son}}} = 5{,}2$ s, donne $h \approx 1{,}2\times 10^2$ m, toujours inférieure à la valeur trouvée.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : Sonorisation d'une salle de concert

Bac S 2017 Polynésie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Montrer que, pour le haut-parleur utilisé, les sons les plus graves sont émis de façon omnidirectionnelle.

Les sons les plus graves sont ceux de plus basse fréquence : ici 500 Hz (et jusqu'à 2000 Hz, tracés ensemble).

Sur le diagramme de directivité, leur courbe est confondue avec le demi-cercle « 0 dB » pour tous les angles de -90° à 90° : l'atténuation est nulle dans toutes les directions.

À distance égale, le niveau d'intensité sonore reçu est donc le même quelle que soit la direction.

Les sons graves (500 Hz à 2000 Hz) sont émis de la même manière dans toutes les directions : la source est **omnidirectionnelle** pour ces sons.

COMPRENDRE

Grave signifie basse fréquence, aigu signifie haute fréquence. Sur ce diagramme, plus une courbe est proche du centre, plus le son est atténué dans la direction considérée.

2 Que signifie le terme « directif » ? Problème : l'orientation du haut-parleur permet-elle aux spectateurs du dernier rang de percevoir le même niveau sonore que ceux du premier rang, pour les sons graves comme pour les sons aigus ? Commenter le résultat.

Données utiles $I = \dfrac{K}{d^2}$; $L = 10\log\left(\dfrac{I}{I_0}\right)$; échelle du schéma : 2,0 m ; premier rang à 45° de l'axe ; différence réellement perçue : de l'ordre de 5 dB ; niveau moyen maximal : 105 dB

Question 2. Un haut-parleur directif n'émet pas de la même manière dans toutes les directions : le niveau reçu à une distance donnée est maximal dans l'axe et diminue quand on s'en écarte. À 8000 Hz, l'atténuation atteint environ 7,5 dB à 45° et environ 15 dB à 90°.

> Directif : le niveau d'intensité sonore émis dépend de la direction, il est le plus élevé dans l'axe.

Problème. Deux causes peuvent créer un écart de niveau entre les deux rangs : la distance au haut-parleur et la direction par rapport à son axe.

Distances. Sur le schéma imprimé, le segment d'échelle mesure 1,8 cm pour 2,0 m. On mesure 3,6 cm du haut-parleur au premier rang et 7,2 cm jusqu'au dernier rang :

$$d_1 = \frac{3{,}6}{1{,}8} \times 2{,}0 = 4{,}0\ \text{m} \qquad d_2 = \frac{7{,}2}{1{,}8} \times 2{,}0 = 8{,}0\ \text{m}$$

Effet de la distance. Dans une même direction, avec $I = \dfrac{K}{d^2}$:

$$L_1 - L_2 = 10\log\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = 10\log\left(\frac{d_2^2}{d_1^2}\right) = 20\log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$$

$$L_1 - L_2 = 20\log\left(\frac{8{,}0}{4{,}0}\right) = 6{,}0\ \text{dB}$$

Sons graves. La source est omnidirectionnelle (question 1) : seul l'effet de la distance intervient. Le dernier rang reçoit un niveau inférieur de 6 dB à celui du premier rang. Cet écart dépasse 5 dB : il est perçu.

Sons aigus (8000 Hz). On note L_a le niveau dans l'axe à la distance d_1.

- Premier rang, à 45° de l'axe : le diagramme donne une atténuation d'environ 7,5 dB, soit $L_a - 7{,}5$ dB.
- Dernier rang, dans l'axe mais deux fois plus loin : $L_a - 6{,}0$ dB.

L'écart vaut $7{,}5 - 6{,}0 = 1{,}5$ dB, en faveur du dernier rang. Il est inférieur à 5 dB : il n'est pas perçu.

> L'objectif est atteint pour les sons aigus (écart de 1,5 dB, non perçu) mais pas pour les sons graves (écart de 6 dB, perçu).

Commentaire.

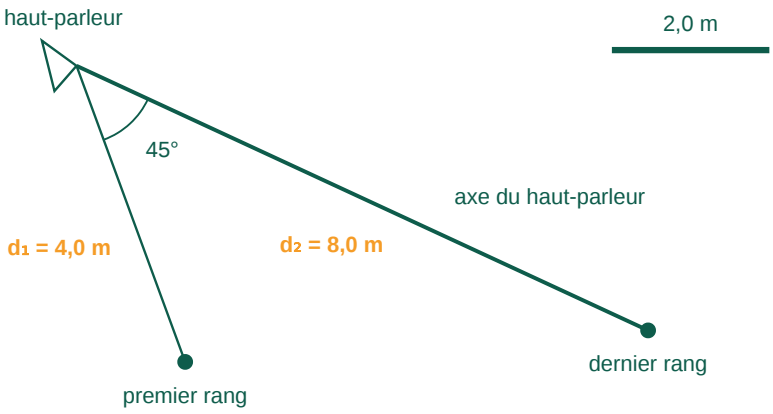
- L'équilibre entre graves et aigus n'est pas le même aux deux rangs : au premier rang, les aigus sont affaiblis par rapport aux graves ; le timbre perçu diffère.
- L'écart de 6 dB sur les graves est proche du seuil de 5 dB, et les distances sont lues sur un schéma : la gêne reste modérée.
- Le niveau le plus élevé est reçu au premier rang : c'est là que la limite de 105 dB doit être respectée, ce qui limite à 99 dB environ le niveau des graves au dernier rang.

PIÈGE
Ajouter ou soustraire des intensités à la place des niveaux, ou oublier le carré de la distance : doubler la distance fait perdre 6 dB, et non 3 dB.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les distances lues sur le schéma. Le niveau sonore et l'atténuation géométrique restent au programme actuel ; le diagramme de directivité n'y figure plus, mais le document suffit pour le lire.

MÉTHODE
Pour comparer deux niveaux, calculer directement la différence $L_1 - L_2$: la constante K et I_0 s'éliminent, il ne reste que le rapport des distances. Les atténuations en décibels s'additionnent ensuite.

- Le modèle néglige l'absorption par l'air et les réflexions sur les parois de la salle.



2 · Distances mesurées sur le schéma du sujet, à l'échelle

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{3.6}{1.8} \times 2.0$ ≈ 4

$\frac{7.2}{1.8} \times 2.0$ ≈ 8

$20 \times \log\left(\frac{8.0}{4.0}\right)$ ≈ 6.0206

$7.5 - 6.0$ ≈ 1.5