Corrigé complet — Bac S 2015 Asie (ancien programme)

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

Ex 1	**Galiléo, système de navigation par satellite** Ondes électromagnétiques · Longueur d'onde et fréquence · Deuxième loi de Newton · Lois de Kepler · Mouvement circulaire uniforme · Période de révolution	6 pts	1 h	10 questions	p. 2
Ex 2	**L'éthanoate de linalyle et le linalol** Groupes caractéristiques et nomenclature · Stéréoisomérie et représentation de Cram · Catégories de réactions et mécanisme réactionnel · Spectroscopies IR et RMN · Catalyse et chauffage à reflux · Rendement d'une synthèse	9 pts	1 h 30	18 questions	p. 7
Ex 3	**Le refuge du goûter, un projet H.Q.E.** Modes de transfert thermique · Résistance thermique d'une paroi · Conductivité thermique · Variation relative · Vitesse de propagation des ultrasons · Choix d'un matériau	5 pts	50 min	6 questions	p. 14
Ex 4	**Spécialité : Rénovation d'une salle de classe** Temps de réverbération · Formule de Sabine · Surface d'absorption équivalente · Coefficient d'absorption acoustique · Résolution de problème	5 pts	50 min	2 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.

Galiléo, système de navigation par satellite

Bac S 2015 Asie (ancien programme) · Exercice 1 **6 points** **Durée conseillée 1 h**

1.1 Identifier le domaine commun des ondes radioélectriques auquel appartiennent les trois signaux émis par un satellite Galileo.

Données utiles $f_1 = 1575{,}42$ MHz ; $f_2 = 1278{,}75$ MHz ; $f_3 = 1191{,}80$ MHz ; $c = 3{,}00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; axe des domaines gradué en longueur d'onde

L'axe des domaines est gradué en longueur d'onde : on calcule $\lambda = \dfrac{c}{f}$, avec f en hertz.

$$\lambda_1 = \frac{3{,}00 \times 10^8}{1575{,}42 \times 10^6} = 0{,}190 \text{ m} \qquad \lambda_3 = \frac{3{,}00 \times 10^8}{1191{,}80 \times 10^6} = 0{,}252 \text{ m}$$

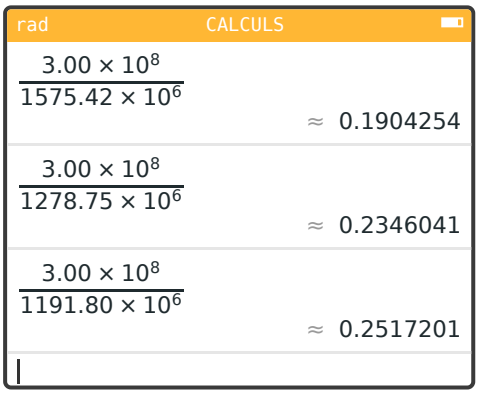
Comme $f_3 < f_2 < f_1$, on a $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ (avec $\lambda_2 = 0{,}235$ m) : les trois longueurs d'onde sont comprises entre 19,0 cm et 25,2 cm, donc entre 10 cm et 1 m.

Les trois signaux appartiennent au domaine des **ultra hautes fréquences (UHF)**.

PIÈGE
Laisser les fréquences en MHz : 1 MHz vaut 10^6 Hz. Sans conversion, on trouve des longueurs d'onde un million de fois trop grandes.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs : le résultat a la précision de la donnée la moins précise, ici c. Calculer les deux longueurs d'onde extrêmes suffit, la troisième est forcément entre les deux.

À LA CALCULATRICE



1.2 À l'aide des documents, donner deux critères permettant au système Galileo d'atténuer le phénomène de « canyons urbains » par rapport à ses concurrents.

- **Le nombre de satellites** : d'après le premier document, davantage de satellites améliore les performances en ville, où les immeubles gênent la transmission. Galileo en compte 30, contre 29 pour Glonass et 24 pour le GPS.
- **Le nombre de bandes de fréquence** : d'après le second document, émettre sur plusieurs bandes limite les erreurs dues aux réflexions sur les bâtiments. Galileo en utilise 3, contre 2 pour Glonass.

Deux critères : un plus grand nombre de satellites (30) et l'emploi de trois bandes de fréquence.

COMPRENDRE
Sur le second critère, Galileo ne devance que Glonass : le GPS utilise lui aussi trois bandes. C'est le nombre de satellites qui le distingue de ses deux concurrents.

MÉTHODE
Question documentaire : pour chaque critère, citer le document, puis appuyer la comparaison sur les valeurs du tableau. Une affirmation sans chiffre ne rapporte pas tous les points.

1.3 La précision de positionnement visée est de moins de 1,0 m. Montrer par un calcul que cette précision nécessite une horloge atomique.

Données utiles $d = 1{,}0$ m ; $c = 3{,}00 \times 10^8$ m · s^{-1}

La position se déduit de la durée de parcours du signal, qui se propage à la célérité c. Une incertitude d sur la distance correspond à une incertitude τ sur la durée mesurée :

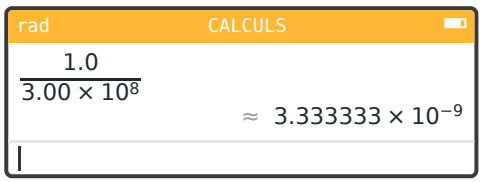
$$\tau = \frac{d}{c} = \frac{1{,}0}{3{,}00 \times 10^8} = 3{,}3 \times 10^{-9} \text{ s}$$

Pour localiser à moins de 1,0 m, il faut donc mesurer des durées à quelques nanosecondes près, ce qu'une horloge ordinaire ne permet pas.

$\tau = 3{,}3 \times 10^{-9}$ s ≈ 3 ns : seule une horloge atomique atteint cette précision.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme d. Le signal met environ 0,08 s pour descendre du satellite : la durée doit être connue à quelques milliardièmes de seconde sur ce trajet.

À LA CALCULATRICE



2.1 Repérer et corriger l'erreur commise dans les expressions mathématiques obtenues par les élèves, dans le cadre du modèle choisi.

Deuxième loi de Newton appliquée au système de masse M constante, dans le référentiel terrestre supposé galiléen : $\vec{P} + \vec{F} = M\,\vec{a}$.

L'axe (Oz) est orienté vers le haut : le poids, dirigé vers le bas, a pour coordonnée $P_z = -Mg$; la poussée, dirigée vers le haut, a pour coordonnée $F_z = +F$.

En projection sur (Oz) : $-Mg + F = M\,a_z$, donc $a_z = \dfrac{F}{M} - g$.

L'accélération est constante. Par intégration, avec une vitesse initiale nulle : $v_z(t) = \left(\dfrac{F}{M} - g\right) t$. Par une seconde intégration, avec $z(0) = 0$:

Erreur de signe devant g. Expressions corrigées : $a_z = \dfrac{F}{M} - g$ et $z(t) = \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{F}{M} - g\right) t^2$

PIÈGE
Corriger seulement l'accélération : la même erreur de signe se retrouve dans $z(t)$. Les deux expressions doivent être réécrites.

COMPRENDRE
Le signe « $+$ » des élèves signifierait que le poids aide la fusée à monter. Avec le signe « $-$ », la fusée ne décolle que si $F > Mg$.

2.2 Après correction et en restant dans le cadre de ce modèle, calculer la durée nécessaire à la mise en orbite du satellite.

Données utiles $z(t)$ corrigée (2.1) ; $h = 23\,522$ km ; $F = 4 \times 10^6$ N ; $M = 310$ t ; $g = 9{,}81$ m · s^{-2}

Le satellite est en orbite quand $z(t) = h$, avec $h = 23\,522 \times 10^3$ m et $M = 310 \times 10^3$ kg :

$$h = \frac{1}{2}\left(\frac{F}{M} - g\right) t^2 \quad \text{donc} \quad t = \sqrt{\frac{2h}{\dfrac{F}{M} - g}}$$

(seule la solution positive a un sens).

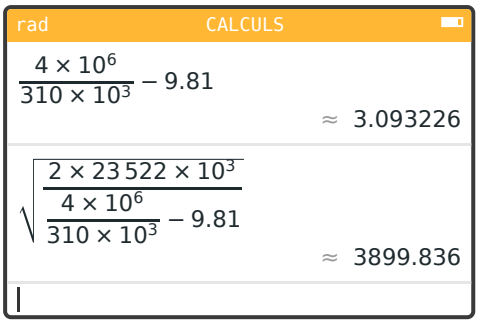
$$t = \sqrt{\frac{2 \times 23\,522 \times 10^3}{\dfrac{4 \times 10^6}{310 \times 10^3} - 9{,}81}} = 3{,}9 \times 10^3 \text{ s}$$

$t \approx 4 \times 10^3$ s, soit un peu plus d'une heure (un seul chiffre significatif, comme F).

PIÈGE
Oublier les conversions : la masse en kilogrammes (1 t = 10^3 kg) et l'altitude en mètres. Avec $M = 310$, on trouverait une durée d'une minute environ.

COMPRENDRE
F/M vaut 12,9 m · s^{-2}, à peine plus que g : l'accélération n'est que de 3,1 m · s^{-2}. Le résultat est donc très sensible à la valeur de F, connue avec un seul chiffre.

À LA CALCULATRICE



2.3 Porter un regard critique sur les hypothèses formulées par les élèves pour construire leur modèle.

Plusieurs hypothèses sont très éloignées de la réalité :

- **masse constante** : la fusée brûle ses ergols et éjecte des gaz, puis largue ses étages ; sa masse diminue fortement pendant le vol ;
- **pesanteur constante** : $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ne vaut qu'au voisinage du sol, alors que l'attraction terrestre diminue nettement sur plus de 23 000 km d'altitude ;
- **poussée constante** : la force de poussée varie au cours du vol et cesse à l'extinction des moteurs ;
- **frottements négligés** : l'action de l'air n'est pas prise en compte dans la traversée de l'atmosphère ;
- **trajectoire verticale** : la fusée s'incline pour donner au satellite une vitesse tangente à son orbite.

Le modèle est trop simplifié : la durée calculée en 2.2 n'est qu'un ordre de grandeur très grossier.

COMPRENDRE
Atteindre l'altitude ne suffit pas : sans vitesse tangentielle adaptée, le satellite retomberait. Le modèle vertical des élèves ne décrit donc pas réellement une mise en orbite.

MÉTHODE
Critiquer un modèle : reprendre une à une les hypothèses de l'énoncé (système, référentiel, forces, grandeurs supposées constantes) et dire pour chacune ce qui se passe en réalité.

3.1 Énoncer la deuxième loi de Kepler (loi des aires) dans le cas général et l'illustrer par un schéma.

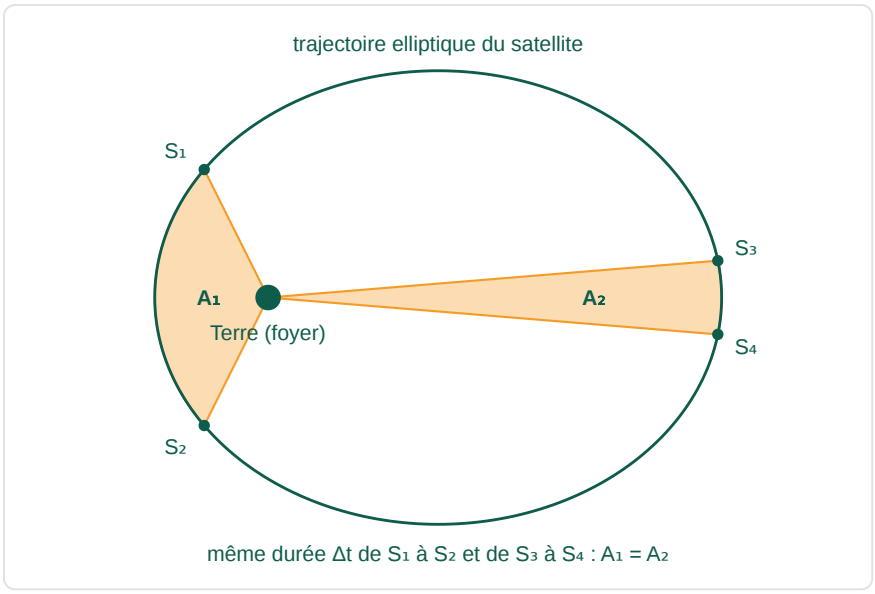
Dans le référentiel géocentrique, le satellite décrit une ellipse dont le centre de la Terre est l'un des foyers.

Sur le schéma, le satellite met la même durée Δt pour aller de S_1 à S_2 et de S_3 à S_4 : les aires A_1 et A_2 sont égales.

Le segment reliant le centre de la Terre au satellite balaie des aires égales pendant des durées égales.

PIÈGE
Placer la Terre au centre de l'ellipse : elle occupe un foyer. Les deux aires doivent partir de ce foyer et paraître égales sur le dessin.

COMPRENDRE
Près de la Terre le segment est court : pour balayer la même aire, le satellite parcourt un arc plus long. Sa vitesse est donc plus grande près de la Terre que loin d'elle.



3.1 · Loi des aires : le satellite va plus vite près de la Terre (arc S_1S_2 plus long que l'arc S_3S_4)

3.2 Montrer que, dans l'approximation d'une trajectoire circulaire, le mouvement du satellite est uniforme.

Sur une orbite circulaire de centre O (centre de la Terre), le segment reliant O au satellite garde une longueur constante, égale au rayon r de l'orbite.

L'aire balayée pendant une durée Δt est un secteur de disque de rayon r : elle est proportionnelle à la longueur L de l'arc parcouru, $A = \frac{1}{2}\, r\, L$.

D'après la loi des aires, A est la même pour toutes les durées Δt égales : comme r est constant, L est aussi la même. Le satellite parcourt des arcs de même longueur pendant des durées égales.

$v = \frac{L}{\Delta t}$ est constante : le mouvement circulaire du satellite est **uniforme**.

PIÈGE
Confondre vitesse constante et vecteur vitesse constant : la valeur v ne change pas, mais la direction du vecteur vitesse change à chaque instant.

MÉTHODE
Autre démonstration classique : deuxième loi de Newton dans le repère de Frenet. La force gravitationnelle est dirigée vers le centre, donc l'accélération tangentielle $\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$ est nulle et v est constante.

3.3 Comparer qualitativement la période d'un satellite du système Galileo à celles des satellites GPS et Glonass.

Données utiles altitudes : Galileo 23 522 km ; GPS 20 200 km ; Glonass 19 100 km

Troisième loi de Kepler : pour tous les satellites de la Terre, le carré de la période de révolution est proportionnel au cube du rayon de l'orbite, $\frac{T^2}{r^3} = \text{constante}$, avec $r = R_T + h$.

La période augmente donc avec le rayon de l'orbite, c'est-à-dire avec l'altitude h. Or $h_{\text{Galileo}} > h_{\text{GPS}} > h_{\text{Glonass}}$.

La période d'un satellite Galileo est plus grande que celles des satellites GPS (11 h 58 min) et Glonass (11 h 15 min).

COMPRENDRE
Le tableau le confirme déjà pour les deux concurrents : le GPS, plus haut que Glonass, a la période la plus longue des deux.

3.4 Vérifier la réponse de la question précédente par un calcul.

Données utiles $R_T = 6380$ km ; $h = 23\,522$ km ; $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg ; $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ m$^3 \cdot$ kg$^{-1} \cdot$ s^{-2}

Pour un satellite en orbite circulaire de rayon $r = R_T + h$ autour de la Terre, la troisième loi de Kepler s'écrit :

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G\,M_T} \quad \text{donc} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{(R_T+h)^3}{G\,M_T}}$$

Avec $R_T + h = 6380 \times 10^3 + 23\,522 \times 10^3 = 2{,}9902 \times 10^7$ m :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(2{,}9902\times10^7)^3}{6{,}67\times10^{-11}\times5{,}98\times10^{24}}} = 5{,}14\times10^4 \text{ s}$$

$T = 5{,}14 \times 10^4$ s ≈ 14 h 17 min : c'est bien plus que 11 h 58 min (GPS) et 11 h 15 min (Glonass).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$6380 \times 10^3 + 23\,522 \times 10^3 \approx 2.9902 \times 10^7$

$2 \times \pi \times \sqrt{\frac{29\,902\,000^3}{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}}} \approx 51441.87$

$\frac{51\,441.86616}{3600} \approx 14.28941$

$\frac{51\,441.86616 - 14 \times 3600}{60} \approx 17.36444$

PIÈGE
Utiliser l'altitude h à la place du rayon de l'orbite $R_T + h$, ou laisser les distances en kilomètres : G est donnée en unités SI, il faut des mètres.

COMPRENDRE
Contrôle : la même formule avec $h = 20\,200$ km donne $4{,}31 \times 10^4$ s, soit 11 h 58 min, la valeur du tableau pour le GPS.

MÉTHODE
La constante se retrouve avec la deuxième loi de Newton sur l'orbite circulaire : $\frac{G\,M_T}{r^2} = \frac{v^2}{r}$ donne $v = \sqrt{\frac{G\,M_T}{r}}$, puis $T = \frac{2\pi r}{v}$.

L'éthanoate de linalyle et le linalol

Bac S 2015 Asie (ancien programme) · Exercice 2 **9 points** **Durée conseillée 1 h 30**

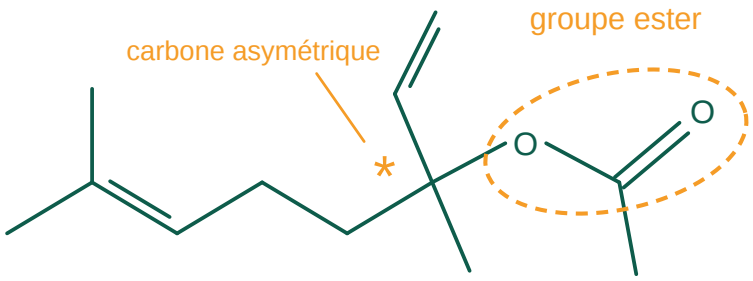
1.1 Sur la formule topologique de l'éthanoate de linalyle (annexe), entourer le ou les groupes caractéristiques et nommer la ou les familles chimiques correspondantes.

La molécule contient l'enchaînement $-CO-O-C$: c'est le groupe caractéristique **ester**, entouré sur l'annexe.

Un seul groupe caractéristique : le groupe ester. La molécule appartient à la famille des **esters**.

PIÈGE
Entourer seulement $C=O$ et répondre « cétone ». Le carbone du $C=O$ est lié à un second oxygène : il faut entourer l'ensemble $-CO-O^-$.

COMPRENDRE
Le nom le confirme : « éthanoate de … » est la terminaison d'un ester. Les deux liaisons $C=C$ en font aussi un alcène, ce que l'on peut ajouter sans pénalité.



1.1 · Annexe complétée : groupe ester entouré, carbone asymétrique repéré par un astérisque

1.2.1 La molécule d'éthanoate de linalyle possède-t-elle des carbones asymétriques ? Justifier et les repérer par un astérisque sur l'annexe.

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

Le carbone qui porte l'oxygène du groupe ester est lié à quatre groupes différents : $-CH_3$, $-CH=CH_2$, $-O-CO-CH_3$ et la chaîne $-CH_2-CH_2-CH=C(CH_3)_2$.

Aucun autre carbone ne convient : les autres portent une double liaison, ou au moins deux atomes d'hydrogène, ou deux groupes méthyle.

Oui : la molécule possède **un seul** carbone asymétrique, marqué * sur l'annexe (figure de la question 1.1).

COMPRENDRE
Carbone asymétrique, chiralité et énantiomérie ne figurent plus au programme actuel de la spécialité de Terminale ; ces questions relèvent de l'ancien programme de Terminale S.

MÉTHODE
Éliminer d'abord les carbones engagés dans une double liaison, puis les CH_2 et les CH_3. Il ne reste qu'à examiner les carbones liés à quatre voisins dont au plus un hydrogène.

1.2.2 La molécule d'éthanoate de linalyle présente-t-elle une diastéréoisomérie de type Z/E ? Justifier.

Il y a isomérie Z/E autour d'une liaison $C=C$ seulement si chacun des deux carbones porte deux groupes différents.

- Liaison $CH=CH_2$: le carbone terminal porte deux atomes d'hydrogène.
- Liaison $CH=C(CH_3)_2$: le carbone de droite porte deux groupes méthyle.

Non : sur chaque double liaison, un des carbones porte deux groupes identiques ; il n'y a **pas d'isomérie Z/E**.

PIÈGE
Répondre « oui » parce que la molécule contient des doubles liaisons $C=C$. La présence d'une double liaison est nécessaire, pas suffisante.

1.2.3 Donner, en conclusion, le type de stéréoisomérie présent dans le mélange obtenu lors de la synthèse.

La molécule possède un seul carbone asymétrique et aucune isomérie Z/E : elle est chirale et n'existe que sous deux formes, images l'une de l'autre dans un miroir et non superposables.

Le mélange contient deux **énantiomères** : la stéréoisomérie présente est l'énantiomérie.

COMPRENDRE
Avec un seul carbone asymétrique, il ne peut pas y avoir de diastéréoisomères. Le linalol de départ étant racémique, on obtient les deux énantiomères de l'ester en quantités égales.

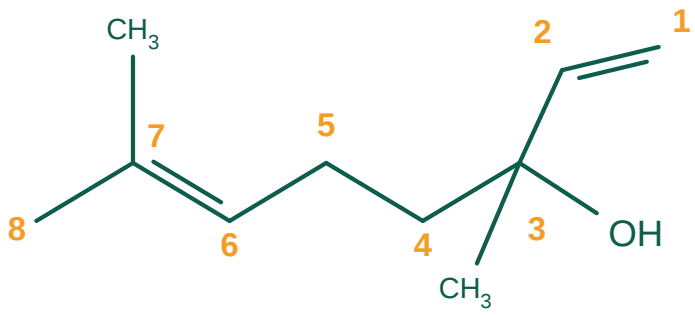
1.3.1 Le linalol a pour nom systématique 3,7-diméthylocta-1,6-dièn-3-ol. Justifier ce nom en précisant le raisonnement suivi.

On repère la chaîne carbonée la plus longue contenant le carbone lié au groupe $-OH$ et les deux doubles liaisons : elle compte 8 carbones, d'où « oct ». On la numérote à partir de l'extrémité la plus proche du groupe hydroxyle, qui se trouve ainsi sur le carbone 3.

- « -3-ol » : groupe hydroxyle (alcool) sur le carbone 3 ;
- « -1,6-dièn- » : deux liaisons $C=C$, qui partent des carbones 1 et 6 ;
- « 3,7-diméthyl » : deux groupes méthyle, sur les carbones 3 et 7.

Chaîne de 8 carbones, $C=C$ en 1 et 6, $-OH$ en 3, méthyles en 3 et 7 : le nom est justifié.

PIÈGE
Numéroter depuis l'autre extrémité : le groupe $-OH$ serait alors en position 6. Le groupe caractéristique doit recevoir le plus petit numéro possible.



1.3.1 · Numérotation de la chaîne principale du linalol

1.3.2 Identifier le groupement R qui apparaît dans la formule simplifiée du linalol.

Dans la formule simplifiée, le carbone central porte $-OH$, $-CH_3$ et $-CH=CH_2$. R est donc le reste de la chaîne, c'est-à-dire les carbones 4 à 8 et le méthyle porté par le carbone 7.

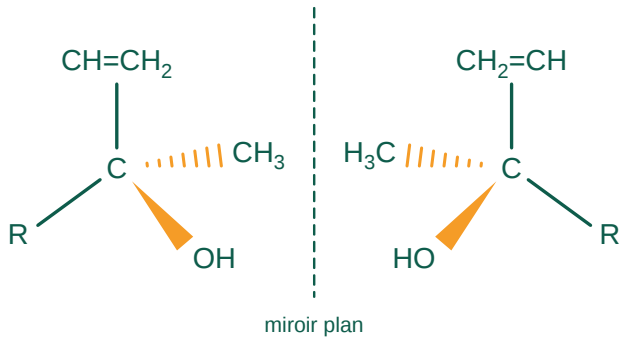
R : $-CH_2-CH_2-CH=C(CH_3)_2$

MÉTHODE
Superposer la formule simplifiée et la formule complète autour du carbone 3 : on coche les trois groupes explicites, le quatrième substituant est R.

1.3.3 Donner la représentation de Cram des deux énantiomères du linalol en utilisant la formule simplifiée.

Autour du carbone asymétrique, deux liaisons sont dessinées dans le plan de la feuille (traits pleins), une vers l'avant (triangle plein) et une vers l'arrière (triangle hachuré). Le second énantiomère est l'image du premier dans un miroir plan.

Les deux représentations de la figure, images l'une de l'autre et non superposables, sont les deux énantiomères du linalol.



1.3.3 · Les deux énantiomères du linalol, images l'un de l'autre dans un miroir plan

PIÈGE
Dessiner les quatre liaisons en traits pleins, ou faire tourner la molécule en croyant en dessiner une autre : on obtient alors deux fois le même énantiomère.

COMPRENDRE
La représentation de Cram n'est plus au programme actuel de la spécialité de Terminale.

MÉTHODE
Pour obtenir le second énantiomère sans erreur : soit dessiner l'image dans un miroir, soit échanger deux substituants seulement sur le premier dessin.

2.1 Associer aux étapes 3 et 5 de la synthèse, en justifiant, une catégorie de réaction parmi : élimination, addition, substitution.

Étape 3 : le composé C perd le groupe $-\mathrm{OH}$ et un atome d'hydrogène porté par le carbone voisin (départ d'une molécule d'eau), et une liaison $\mathrm{C{=}C}$ se forme. C'est une **élimination**.

Étape 5 : le groupe $-\mathrm{OH}$ du composé E est remplacé par un atome de chlore. C'est une **substitution**.

Étape 3 : élimination. Étape 5 : substitution.

MÉTHODE
Comparer réactif et produit : une liaison multiple apparaît (élimination), disparaît (addition), ou un atome ou groupe en remplace un autre (substitution).

2.2 Pour les étapes 4 et 5, indiquer s'il s'agit d'une modification de chaîne et/ou d'une modification de groupe caractéristique.

Étape 4 : la chaîne carbonée passe de 5 carbones (composé D) à 6 carbones (composé E), et l'atome de brome est remplacé par un groupe hydroxyle.

Étape 5 : le squelette carboné est inchangé ; seul le groupe hydroxyle est remplacé par un atome de chlore.

Étape 4 : modification de chaîne **et** de groupe caractéristique.
Étape 5 : modification de groupe caractéristique seulement.

PIÈGE
Pour l'étape 4, ne voir que le passage de $-\mathrm{Br}$ à $-\mathrm{OH}$. Il faut compter les carbones : le méthanal $\mathrm{H_2CO}$ en apporte un.

2.3 Compléter le mécanisme des sous-étapes (a) et (b) de l'étape 1 avec les flèches courbes et les doublets non liants ; indiquer les produits manquants de la sous-étape (c).

Sous-étape (a) : l'ion amidure NH_2^- porte deux doublets non liants sur l'azote. Une flèche part d'un de ces doublets vers un atome H de l'éthyne ; une seconde part de la liaison $C-H$ vers le carbone, qui garde le doublet.

Sous-étape (b) : une flèche part du doublet non liant du carbone chargé négativement vers le carbone du groupe carbonyle (site accepteur) ; une seconde part de la liaison double $C=O$ vers l'atome d'oxygène, qui porte alors trois doublets et la charge négative.

Sous-étape (c) : l'ion alcoolate capte un ion H^+ cédé par H_3O^+.

Produits de (c) : le composé B, $(CH_3)_2C(OH)-C\equiv CH$, et l'eau H_2O.

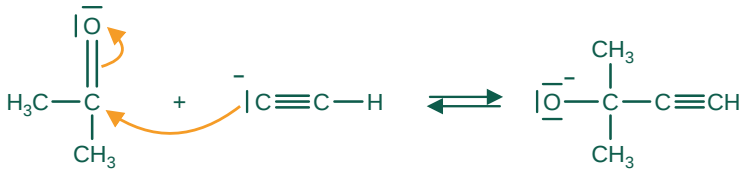
PIÈGE
Une flèche courbe part toujours d'un doublet (non liant ou liaison), jamais d'un atome ni d'une charge, et pointe vers l'atome accepteur.

COMPRENDRE
Le carbone du carbonyle est accepteur car l'oxygène, plus électronégatif, attire les électrons de la liaison $C=O$. Les charges se conservent : une charge négative de chaque côté en (a) et (b), charge globale nulle en (c).

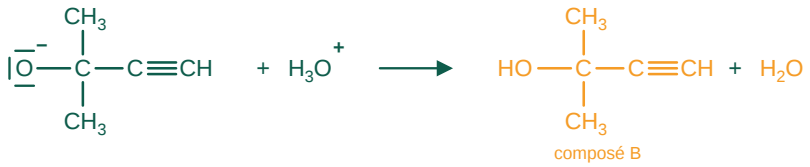
Sous-étape (a)



Sous-étape (b)



Sous-étape (c)



2.3 · Annexe complétée : flèches courbes des sous-étapes (a) et (b), produits de la sous-étape (c)

2.4 Quels éléments du spectre infrarouge du produit de l'étape 6 montrent sans ambiguïté qu'il y a bien eu formation de linalol ?

Données utiles table IR : $O-H$ (alcool) 3200 à 3500 cm⁻¹ ; $C=O$ cétone 1705 à 1725 cm⁻¹ ; $C=C$ 1620 à 1680 cm⁻¹

Le spectre présente une bande large et intense vers 3400 cm⁻¹, dans le domaine 3200 à 3500 cm⁻¹ : elle est caractéristique de la liaison $O-H$ d'un alcool. Ni le composé F ni la cétone $CH_3COCH=CH_2$ ne possèdent cette liaison.

Le spectre ne présente pas de bande intense entre 1705 et 1725 cm⁻¹ : la liaison $C=O$ de la cétone a disparu.

Bande $O-H$ présente (3200 à 3500 cm⁻¹) et bande $C=O$ de la cétone absente : un alcool s'est formé, en accord avec le linalol.

PIÈGE
Citer la bande $C=C$ vers 1650 cm⁻¹ : les réactifs de l'étape 6 possèdent déjà une liaison $C=C$, cette bande ne prouve rien.

3.1.1 Écrire l'équation de la réaction de synthèse de l'éthanoate de linalyle à partir du linalol et de l'acide éthanoïque.

Données utiles masses molaires : linalol 154 g·mol^{-1} ; éthanoate de linalyle 196 g·mol^{-1}

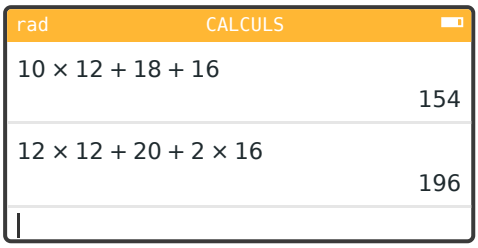
Linalol : $C_{10}H_{18}O$; acide éthanoïque : $C_2H_4O_2$; éthanoate de linalyle : $C_{12}H_{20}O_2$.

$$C_{10}H_{18}O + C_2H_4O_2 \rightleftharpoons C_{12}H_{20}O_2 + H_2O$$

PIÈGE
Écrire une flèche simple : le sujet représente une double flèche, la transformation est limitée (rendement de 5 %).

MÉTHODE
Compter les atomes sur les formules topologiques, puis contrôler avec les masses molaires du tableau : $10 \times 12 + 18 + 16 = 154$ et $12 \times 12 + 20 + 2 \times 16 = 196$ g · mol^{-1}.

À LA CALCULATRICE



3.1.2 Quel est le rôle d'un chauffage à reflux ?

Le chauffage élève la température du milieu réactionnel : la température étant un facteur cinétique, la transformation est accélérée.

Le reflux évite les pertes de matière : les vapeurs se liquéfient dans le réfrigérant et retombent dans le ballon.

Chauffer à reflux permet d'accélérer la transformation sans perdre de réactifs ni de produits.

PIÈGE
Écrire que le chauffage « augmente le rendement » : on ne demande ici que son effet sur la vitesse, et la conservation de la matière grâce au réfrigérant.

3.1.3 Parmi la cinétique, la composition finale du mélange et le mécanisme réactionnel, indiquer la ou les caractéristiques modifiées par l'ajout d'un catalyseur.

Un catalyseur accélère la transformation : il modifie la **cinétique**. Il y parvient en intervenant dans les étapes de la réaction, où il est consommé puis régénéré : le **mécanisme réactionnel** est modifié.

Il ne change pas l'état final : la composition finale du mélange est la même, atteinte plus vite.

Sont modifiés : la cinétique et le mécanisme réactionnel. La composition finale ne l'est pas.

PIÈGE
Cocher « composition finale » : un catalyseur ne déplace pas un équilibre, le rendement de 5 % reste le même avec ou sans acide sulfurique.

3.2.1 Indiquer, en les justifiant, les précautions à prendre lors de la synthèse à partir de l'anhydride éthanoïque.

Données utiles anhydride éthanoïque : H226, H302, H314, H332 ; linalol : H315, H319, H335 ; acide éthanoïque (produit) : H226, H314 ; éthanoate de linalyle : H315, H319

- Gants, lunettes de protection et blouse : l'anhydride éthanoïque et l'acide éthanoïque formé provoquent des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves (H314) ; le linalol et l'ester sont irritants pour la peau et les yeux (H315, H319).
- Travail sous hotte : l'anhydride éthanoïque est nocif par inhalation (H332) et le linalol peut irriter les voies respiratoires (H335).
- Aucune flamme à proximité, chauffage par un chauffe-ballon électrique : l'anhydride et l'acide éthanoïque sont inflammables (H226).

Gants, lunettes et blouse ; manipulation sous hotte ; chauffage électrique loin de toute flamme.

MÉTHODE
Associer chaque précaution à une mention de danger du tableau : une précaution citée sans justification ne rapporte pas tous les points.

3.2.2 Déterminer le rendement de la synthèse à partir de l'anhydride éthanoïque.

Données utiles $V = 10{,}0$ mL de linalol, de densité $d = 0{,}87$ et de masse molaire $M_1 = 154\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $\rho_{\text{eau}} = 1{,}0\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $m_{\text{exp}} = 8{,}4$ g d'éthanoate de linalyle, $M_2 = 196\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

L'anhydride éthanoïque est en excès : le linalol est le réactif limitant.
Une mole de linalol donne une mole d'ester, donc $n_{\text{max}} = n(\text{linalol})$.

$$n_{\text{max}} = \frac{d\,\rho_{\text{eau}}\,V}{M_1} = \frac{0{,}87 \times 1{,}0 \times 10{,}0}{154} = 5{,}6 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

Quantité d'ester obtenue :

$$n_{\text{exp}} = \frac{m_{\text{exp}}}{M_2} = \frac{8{,}4}{196} = 4{,}3 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

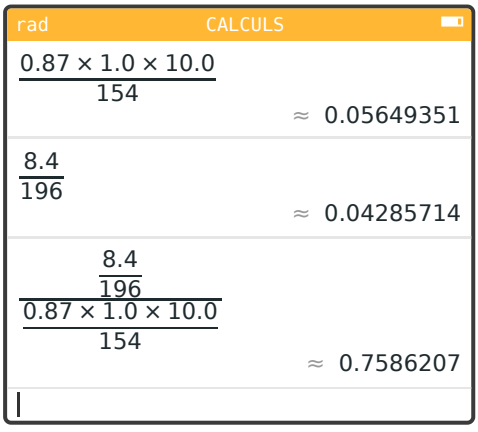
Rendement : $\eta = \dfrac{n_{\text{exp}}}{n_{\text{max}}} = \dfrac{m_{\text{exp}}\,M_1}{M_2\,d\,\rho_{\text{eau}}\,V} = 0{,}76$

$\eta = 0{,}76$, soit un rendement de 76 %.

PIÈGE
Diviser 8,4 g par la masse de linalol (8,7 g) : on trouverait 97 %. Les masses molaires diffèrent, le rendement se calcule sur les quantités de matière.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme d, ρ_{eau} et m_{exp}. Le rendement se calcule avec les valeurs non arrondies : $4{,}3 \div 5{,}6$ donnerait 0,77.

À LA CALCULATRICE



3.3 Quels changements (nombre et multiplicité des signaux, courbe d'intégration) observe-t-on sur le spectre RMN du proton du produit par rapport à celui du linalol ?

En passant du linalol à l'ester, le groupe $-\mathrm{OH}$ est remplacé par le groupe $-\mathrm{O}-\mathrm{CO}-\mathrm{CH_3}$; le reste de la molécule est inchangé.

- Le signal du proton du groupe hydroxyle disparaît : c'était un singulet intégrant pour 1 H.
- Un signal apparaît pour les trois protons équivalents du groupe $\mathrm{CH_3}-\mathrm{CO}$: ils n'ont aucun proton voisin (le carbone voisin n'en porte pas), c'est donc un singulet, intégrant pour 3 H.

Même nombre de signaux ; un singulet (1 H) est remplacé par un autre singulet, à un déplacement chimique différent, dont le saut d'intégration est trois fois plus grand (3 H).

COMPRENDRE
La spectroscopie RMN n'est plus au programme actuel de la spécialité de Terminale. Règle utilisée : un proton ayant n voisins équivalents donne un signal à $n+1$ pics.

MÉTHODE
Comparer les deux formules et ne raisonner que sur le groupe modifié : les protons du reste de la molécule gardent leur multiplicité et leur intégration.

3.4 D'après les informations fournies, comparer les deux méthodes proposées pour synthétiser l'éthanoate de linalyle.

Données utiles méthode 1 : rendement 5 % ; méthode 2 : rendement 76 % (Q3.2.2), transformation rapide

Première méthode (acide éthanoïque) : la transformation est limitée, le rendement n'est que de 5 %, et il faut ajouter un catalyseur, l'acide sulfurique, corrosif.

Deuxième méthode (anhydride éthanoïque) : la transformation est rapide, sans catalyseur, et le rendement atteint 76 %. En contrepartie, l'anhydride éthanoïque présente davantage de dangers que l'acide éthanoïque : il est en plus nocif par ingestion et par inhalation (H302, H332).

La deuxième méthode est bien plus efficace (76 % contre 5 %, et rapide), mais elle utilise un réactif plus dangereux, qui impose davantage de précautions.

MÉTHODE
« Comparer » demande des critères communs aux deux méthodes : rendement, durée, sécurité. Chaque critère est appuyé sur une donnée chiffrée ou une mention de danger.

Le refuge du goûter, un projet H.Q.E.

Bac S 2015 Asie (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Associer à chacune des trois définitions le nom du mode de transfert thermique correspondant.

- Définition 1 (ondes électromagnétiques, sans milieu matériel) : **rayonnement**.
- Définition 2 (dans un milieu matériel, sans déplacement de matière) : **conduction**.
- Définition 3 (avec mouvements de matière, dans un fluide) : **convection**.

1 : rayonnement ; 2 : conduction ; 3 : convection.

PIÈGE
Inverser conduction et convection. Le critère est le déplacement de matière : il n'y en a pas dans la conduction, il y en a un dans la convection.

1.2 Calculer, pour une surface de 1,0 m², la résistance thermique totale R_{th1} du triple vitrage, somme des résistances thermiques de chaque matériau qui le constitue.

Données utiles $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda S}$; 3 vitres : $e_v = 4$ mm, $\lambda_v = 1{,}2\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; 2 lames d'argon : $e_a = 14$ mm, $\lambda_a = 0{,}017\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $S = 1{,}0\ \text{m}^2$

Le triple vitrage est formé de 3 vitres et de 2 lames d'argon, de même surface S :

$$R_{th1} = 3\,\frac{e_v}{\lambda_v\,S} + 2\,\frac{e_a}{\lambda_a\,S}$$

Avec les épaisseurs en mètre :

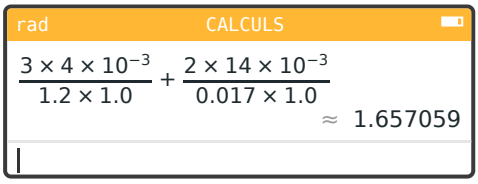
$$R_{th1} = 3\times\frac{4\times10^{-3}}{1{,}2\times1{,}0} + 2\times\frac{14\times10^{-3}}{0{,}017\times1{,}0} = 0{,}010 + 1{,}647 = 1{,}657\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$$

$R_{th1} = 1{,}7\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$

PIÈGE
Laisser les épaisseurs en millimètre : le résultat serait mille fois trop grand. Ne pas oublier non plus les coefficients 3 et 2.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme λ et S. On garde la valeur non arrondie (1,657) pour les questions suivantes.

À LA CALCULATRICE



1.3 Avec de l'air à la place de l'argon, la résistance thermique vaut R_{th2}. Évaluer la variation relative de la résistance thermique due à la substitution de l'air par l'argon.

Données utiles $R_{th2} = 1{,}1\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$; $R_{th1} = 1{,}657\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ (1.2)

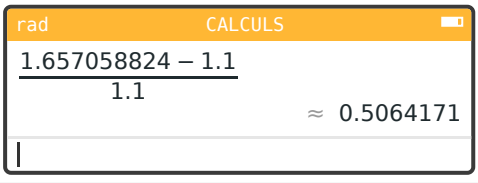
On passe de l'air (valeur initiale R_{th2}) à l'argon (valeur finale R_{th1}) :

$$\frac{\Delta R_{th}}{R_{th2}} = \frac{R_{th1} - R_{th2}}{R_{th2}} = \frac{1{,}657 - 1{,}1}{1{,}1} = 0{,}51$$

La résistance thermique augmente d'environ 51 % : la fenêtre à l'argon isole nettement mieux.

PIÈGE
Diviser par R_{th1} : la référence d'une variation relative est la valeur de départ, ici celle du vitrage à air. Avec la valeur arrondie 1,7 on trouverait 55 %.

À LA CALCULATRICE



1.4 Augmenter l'épaisseur du verre aurait-il une grande influence sur les performances thermiques du vitrage ? Justifier.

Données utiles d'après 1.2 : 3 vitres, $0{,}010\ \mathrm{K\cdot W^{-1}}$; 2 lames d'argon, $1{,}647\ \mathrm{K\cdot W^{-1}}$

D'après le calcul de la question 1.2, les trois vitres n'apportent que $0{,}010\ \mathrm{K\cdot W^{-1}}$ sur un total de $1{,}657\ \mathrm{K\cdot W^{-1}}$, soit environ 0,6 % : presque toute la résistance thermique vient de l'argon.

La résistance d'une vitre est proportionnelle à son épaisseur. Même en doublant l'épaisseur du verre (8 mm), on obtiendrait $R_{th} = 0{,}020 + 1{,}647 = 1{,}667\ \mathrm{K\cdot W^{-1}}$, soit une hausse de 0,6 % seulement.

Non : épaissir le verre ne changerait presque rien, le verre conduit trop bien la chaleur par rapport à l'argon.

COMPRENDRE
Le verre est environ 70 fois plus conducteur que l'argon ($1{,}2/0{,}017$). C'est la lame de gaz qui isole ; des vitres plus épaisses alourdiraient surtout la fenêtre.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{3\times 4\times 10^{-3}}{\dfrac{1.2}{1.657058824}} \approx 0.006034789$$

$$\frac{3\times 8\times 10^{-3}}{1.2}+\frac{2\times 14\times 10^{-3}}{0.017} \approx 1.667059$$

2.1 Un émetteur et un récepteur d'ultrasons sont placés de part et d'autre d'un tronc d'épicéa. Le résultat de la mesure permet-il de conclure que l'arbre est sain ?

Données utiles $D = 60$ cm ; $\Delta t = 3{,}4\times 10^{-4}$ s ; épicéa : $V_{ref} = 1600\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$; $\mathrm{Deg.\%} = \dfrac{V_{ref}-V_m}{V_{ref}}\times 100$; arbre sain si la valeur est négative

Les ultrasons traversent le tronc, de diamètre D, pendant la durée Δt. Vitesse radiale mesurée :

$$V_m = \frac{D}{\Delta t} = \frac{0{,}60}{3{,}4\times 10^{-4}} = 1{,}8\times 10^{3}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

Pourcentage de dégradation, avec la valeur non arrondie $V_m = 1765\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$:

$$\mathrm{Deg.\%} = \frac{1600-1765}{1600}\times 100 = -10$$

$\mathrm{Deg.\%} \approx -10\ \% < 0$: la vitesse mesurée dépasse la vitesse de référence, l'arbre est considéré comme sain.

PIÈGE
Oublier de convertir D en mètre, ou prendre la vitesse de référence d'une autre essence. Le tronc n'est traversé qu'une fois : pas de facteur 2, ce n'est pas un écho.

MÉTHODE
Question ouverte : 1) repérer le critère dans le document (signe de Deg.%) ; 2) calculer la grandeur manquante (V_m) ; 3) appliquer le critère ; 4) conclure par une phrase qui répond à la question.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.60}{3.4\times 10^{-4}} \approx 1764.706$$

$$\frac{1600-1764.705882}{1600}\times 100 \approx -10.29412$$

2.2 Rédiger un paragraphe de quelques lignes répondant à la question : « Pourquoi avoir choisi le bois pour construire ce refuge ? »

Données utiles sapin/épicéa : $\lambda = 0{,}13\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, $\rho = 0{,}45\times10^{3}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; béton plein : $\lambda = 1{,}8$, $\rho = 2{,}3\times10^{3}$; acier inoxydable : $\lambda = 26$, $\rho = 7{,}8\times10^{3}$; charge héliportée maximale : 550 kg

Le choix du bois répond à plusieurs contraintes du chantier.

Isolation thermique. À 3835 m, la température peut descendre à $-35\ °\text{C}$. Le sapin et l'épicéa ont une conductivité thermique faible ($0{,}13\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), environ 14 fois plus petite que celle du béton et 200 fois plus petite que celle de l'acier. Comme $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda S}$, une paroi en bois a, à épaisseur égale, une résistance thermique bien plus grande : les pertes sont limitées, ce qui convient à un habitat « passif ».

Légèreté. La masse volumique du bois ($0{,}45\times10^{3}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) est environ 5 fois plus faible que celle du béton. Les modules, préfabriqués dans la vallée, respectent ainsi la limite de 550 kg par rotation d'hélicoptère et s'assemblent rapidement sur place.

Environnement. Le bois vient de forêts proches (Saint-Gervais) : peu de transport, donc peu d'émissions de CO_2, pour un matériau renouvelable. C'est cohérent avec un projet bas carbone.

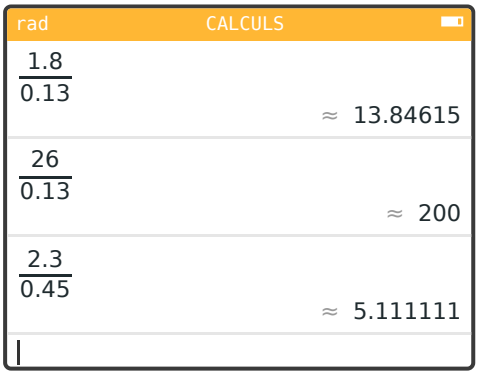
Fiabilité. La qualité de chaque bois se contrôle par ultrasons, sans le détruire (question 2.1).

Le bois est à la fois isolant, léger, local et renouvelable, et sa qualité est contrôlable : il répond aux contraintes thermiques, techniques et environnementales du refuge.

PIÈGE
Se contenter d'arguments généraux (« le bois est écologique ») sans citer de donnée chiffrée, ou oublier le lien avec le transport par hélicoptère.

MÉTHODE
Synthèse : un argument par idée, chacun appuyé sur une valeur ou une information tirée des documents (tableau, texte, questions précédentes), puis une phrase de conclusion. Les isolants plus performants du tableau ne sont pas des matériaux de structure.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : Rénovation d'une salle de classe

Bac S 2015 Asie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

Q Question préliminaire. Quels paramètres permettent de réduire le temps de réverbération ? Préciser dans quel sens ils doivent varier.

Données utiles formule de Sabine : $T_R = 0{,}16 \times \dfrac{V}{A}$; $A = \sum A_i$ avec $A_i = \alpha_i \times S_i$

D'après la formule de Sabine, T_R est proportionnel au volume V de la salle et inversement proportionnel à sa surface d'absorption équivalente A.

Pour réduire T_R, on peut donc :

- **diminuer le volume** V de la salle (abaisser le plafond, par exemple) ;
- **augmenter la surface d'absorption équivalente** A. Comme $A = \sum \alpha_i \times S_i$, il faut augmenter les coefficients d'absorption α_i (remplacer ou recouvrir une paroi par un matériau plus absorbant) ou agrandir la surface S_i occupée par les matériaux les plus absorbants.

T_R diminue si V diminue ou si A augmente (coefficients α_i plus grands, ou surfaces S_i plus grandes pour les matériaux absorbants).

PIÈGE
Citer seulement V et A. La question porte sur les paramètres : A dépend elle-même des coefficients α_i et des surfaces S_i, qu'il faut nommer avec leur sens de variation.

P Problème. À quels travaux faut-il procéder dans la salle de classe, sans occulter les fenêtres, pour ramener ses caractéristiques acoustiques aux normes en vigueur ?

Données utiles salle : $L = 7{,}50$ m, $\ell = 7{,}30$ m, $H = 4{,}10$ m ; haut des fenêtres à $2{,}80$ m ; $T_R = 1{,}1$ s avant travaux ; surfaces d'absorption équivalentes du document 3 ; arrêté : $0{,}4 \text{ s} \leqslant T_R \leqslant 0{,}8 \text{ s}$ si $V < 250 \text{ m}^3$

1. Objectif. Volume avant travaux : $V = L \times \ell \times H = 7{,}50 \times 7{,}30 \times 4{,}10 = 224 \text{ m}^3$.

Ce volume est inférieur à 250 m^3 : T_R doit être compris entre $0{,}4$ s et $0{,}8$ s. Or $T_R = 1{,}1$ s : la salle n'est pas aux normes. Le technicien veut atteindre la limite inférieure, $T'_R = 0{,}4$ s, avec un faux plafond isolant placé à une hauteur h à déterminer.

2. Absorption des murs avant travaux. Elle n'est pas donnée ; on la déduit du temps de réverbération initial :

$$A_{\text{init}} = 0{,}16 \times \frac{V}{T_R} = 0{,}16 \times \frac{224{,}475}{1{,}1} = 32{,}65 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{murs}} = A_{\text{init}} - (A_{\text{sol}} + A_{\text{plafond}} + A_{\text{fenêtres}} + A_{\text{porte}} + A_{\text{mobilier}}) = 32{,}65 - 28{,}72 = 3{,}93 \text{ m}^2$$

3. Coefficient d'absorption des murs. Surface de plâtre des quatre murs, porte et fenêtres déduites :

$$S_{\text{murs}} = 2\,(L + \ell) \times H - 6{,}0 - 1{,}93 = 113{,}4 \text{ m}^2$$

$$\alpha_{\text{murs}} = \frac{A_{\text{murs}}}{S_{\text{murs}}} = \frac{3{,}93}{113{,}4} = 3{,}47 \times 10^{-2}$$

4. Salle après travaux, faux plafond à la hauteur h. Le faux plafond ($35{,}6 \text{ m}^2$) remplace le plafond de plâtre. Sol, fenêtres, porte et mobilier sont inchangés : $1{,}09 + 0{,}60 + 0{,}39 + 25 = 27{,}08 \text{ m}^2$. Les murs sont moins hauts, donc moins étendus :

PIÈGE
Garder après travaux la surface de murs calculée pour $4{,}10$ m. Abaisser le plafond réduit aussi la surface de plâtre apparente : S'_{murs} dépend de h, comme le volume.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $T_R = 1{,}1$ s. Murs et plafond sont en plâtre : $\alpha = 1{,}64 \div 54{,}8 = 2{,}99 \times 10^{-2}$ convient aussi et donne $h = 2{,}97$ m, même conclusion.

COMPRENDRE
Sans changer le volume, recouvrir le plafond d'isolant donnerait $A = 32{,}65 - 1{,}64 + 35{,}6 = 66{,}6 \text{ m}^2$ et $T_R = 0{,}54$ s : la norme serait respectée, mais pas la limite inférieure visée.

$S'_{\text{murs}} = 2\,(L+\ell)\times h - 7{,}93 = 29{,}6\,h - 7{,}93$

$A' = 27{,}08 + 35{,}6 + 3{,}47\times 10^{-2}\times(29{,}6\,h - 7{,}93) = 62{,}41 + 1{,}03\,h$

Nouveau volume : $V' = L\times\ell\times h = 54{,}75\,h$.

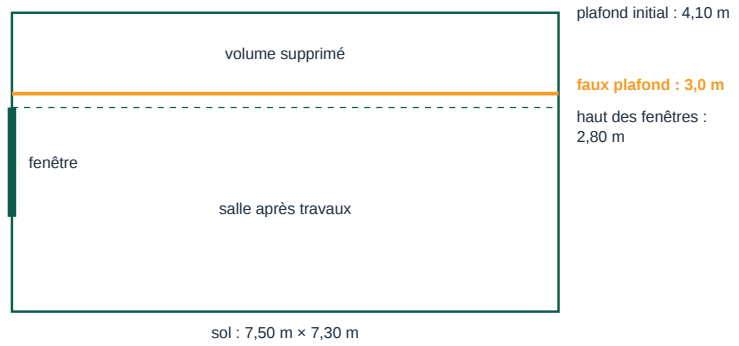
5. Hauteur du faux plafond. La formule de Sabine s'écrit $T'_R \times A' = 0{,}16\times V'$:

$0{,}4\times(62{,}41 + 1{,}03\,h) = 0{,}16\times 54{,}75\,h$ soit $24{,}96 + 0{,}41\,h = 8{,}76\,h$

$$h = \frac{24{,}96}{8{,}76 - 0{,}41} = 2{,}99\ \text{m} \approx 3{,}0\ \text{m}$$

6. Conclusion. Cette hauteur est supérieure à $2{,}80$ m : le faux plafond passe 20 cm au-dessus du haut des fenêtres, qui ne sont pas occultées.

Il faut poser un faux plafond en isolant acoustique à $h \approx 3{,}0$ m du sol, soit $1{,}1$ m sous le plafond actuel : T_R passe de $1{,}1$ s à $0{,}4$ s, fenêtres dégagées.



P · Coupe de la salle : position du faux plafond

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$7.50 \times 7.30 \times 4.10$
≈ 224.475

$\dfrac{0.16 \times 224.475}{1.1}$
≈ 32.65091

$32.65 - (1.09 + 1.64 + 0.60 + 0.39 + 25)$
≈ 3.93

$2 \times (7.50 + 7.30) \times 4.10 - 6.0 - 1.93$
≈ 113.43

$\dfrac{3.93}{113.4}$
≈ 0.03465608

$0.4 \times (27.08 + 35.6 - 0.0347 \times 7.93)$
≈ 24.96193

$0.16 \times 54.75 - 0.4 \times 0.0347 \times 29.6$
≈ 8.349152

$\dfrac{24.9619316}{8.349152}$
≈ 2.989757