Corrigé complet — Bac S 2015 Amérique du Sud (ancien programme)

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

Ex 1	**Le saut de Félix Baumgartner** Force d'attraction gravitationnelle · Intensité de la pesanteur · Deuxième loi de Newton · Chute libre verticale · Équations horaires · Énergie mécanique	5 pts	50 min	9 questions	p. 2
Ex 2	**L'adrénaline contre les piqures de guêpes** Catégories de réactions · Mécanisme réactionnel · Spectroscopie infrarouge · RMN du proton · Stéréoisomérie · Concentration et quantité de matière	10 pts	1 h 40	12 questions	p. 6
Ex 3	**Suivi du niveau de la mer par le satellite Saral** Deuxième loi de Kepler · Deuxième loi de Newton · Repère de Frenet · Mouvement circulaire uniforme · Période de révolution · Ondes électromagnétiques et mesure de distance	5 pts	50 min	6 questions	p. 11
Ex 4	**Spécialité : Réhabilitation d'une salle** Durée de réverbération · Formule de Sabine · Aire d'absorption équivalente · Coefficient d'absorption · Résolution de problème · Regard critique sur des hypothèses	5 pts	50 min	1 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.

Le saut de Félix Baumgartner

Bac S 2015 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 1 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Donner, en fonction de G, R_T, H, m et M_T, l'expression de la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur Félix Baumgartner à l'altitude H.

Félix Baumgartner se trouve à la distance $R_T + H$ du centre de la Terre. La force est dirigée vers le centre de la Terre et sa valeur est :

$$F = \frac{G\,M_T\,m}{(R_T+H)^2}$$

PIÈGE
Écrire H^2 ou R_T^2 au dénominateur : la distance à prendre est celle qui sépare les centres des deux corps, soit $R_T + H$.

1.2 En assimilant le poids P à cette force, déduire l'expression de l'intensité de la pesanteur g. Reste-t-elle constante au cours de la chute ? Justifier quantitativement.

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$; $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg ; $R_T = 6380$ km ; altitude de départ $H_0 = 39\,045$ m

$P = F$ s'écrit $m\,g = \dfrac{G\,M_T\,m}{(R_T+H)^2}$, d'où $g = \dfrac{G\,M_T}{(R_T+H)^2}$.

g dépend de l'altitude H : elle augmente quand H diminue. Aux deux extrémités de la chute :

Au départ ($H_0 = 39\,045$ m) : $g = \dfrac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}98 \times 10^{24}}{(6{,}380 \times 10^6 + 39\,045)^2} = 9{,}68\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

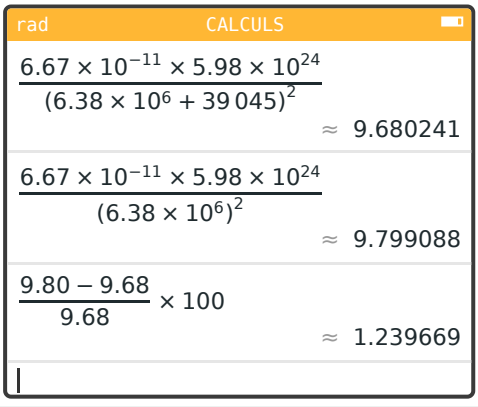
Au sol ($H = 0$) : $g = \dfrac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}98 \times 10^{24}}{(6{,}380 \times 10^6)^2} = 9{,}80\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

$g = \dfrac{G\,M_T}{(R_T+H)^2}$ n'est pas constante : elle passe de $9{,}68$ à $9{,}80\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, soit une hausse d'environ 1,2 % seulement.

PIÈGE
Laisser R_T en kilomètres alors que H_0 est en mètres. « Justifier quantitativement » exige deux valeurs calculées : une phrase sans nombre ne rapporte pas tous les points.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme G et M_T. L'écart étant très faible, prendre ensuite une valeur unique ($9{,}71\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$) pour la première phase est une approximation raisonnable.

À LA CALCULATRICE



2.1 Établir l'expression de l'accélération a_y de Félix Baumgartner dans le modèle de la chute libre. De quel type de mouvement s'agit-il ?

Système {Félix Baumgartner et son équipement}, de masse m constante ; référentiel terrestre supposé galiléen.

Choix du repère : axe Oy vertical orienté vers le haut, origine O au niveau du sol.

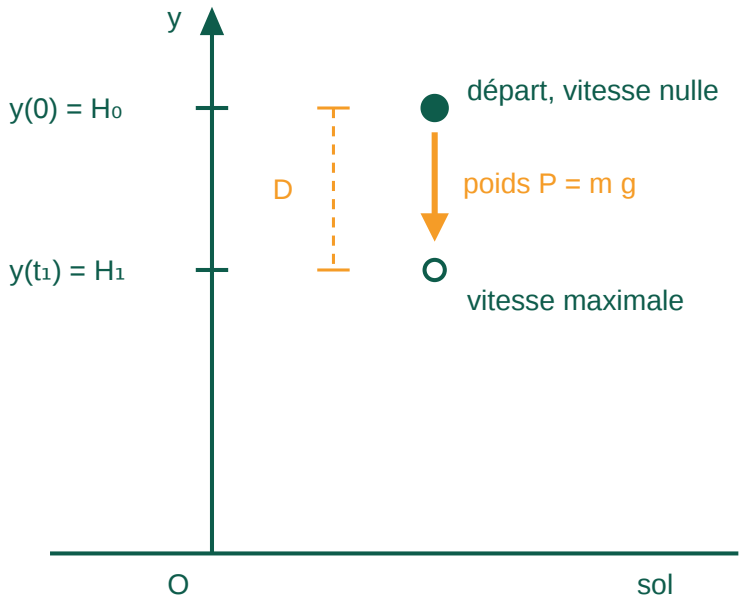
En chute libre, la seule force est le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

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 et dirigé vers le bas ; en projection sur Oy :

$a_y = -g$: l'accélération est constante et la vitesse initiale est nulle, le mouvement est **rectiligne uniformément accéléré**.

PIÈGE
Le sujet ne donne pas le sens de l'axe : il faut l'annoncer. Avec un axe orienté vers le bas on aurait $a_y = +g$; les deux choix sont acceptés s'ils sont suivis jusqu'au bout.



2.1 · Repère choisi : axe Oy vers le haut, origine au sol

2.2 Établir l'équation horaire du mouvement $y = f(t)$.

Données utiles vitesse initiale nulle ; altitude initiale $H_0 = 39\,045$ m ; $a_y = -g$ (2.1)

$a_y = \dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t} = -g$: par intégration, $v_y(t) = -g\,t + C_1$.

À $t = 0$, la vitesse est nulle : $C_1 = 0$, donc $v_y(t) = -g\,t$.

$v_y = \dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}$: par intégration, $y(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + C_2$.

À $t = 0$, $y(0) = H_0$: $C_2 = H_0$.

$$y(t) = -\frac{1}{2}\,g\,t^2 + H_0$$

MÉTHODE
Chaque intégration fait apparaître une constante, fixée par une condition initiale : la vitesse à $t = 0$ pour la première, la position à $t = 0$ pour la seconde.

2.3 En déduire la date t_1 correspondant au record de vitesse.

Données utiles $v_1 = 1342\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; $g = 9{,}71\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $v_y(t) = -g\,t$ (2.2)

La valeur de la vitesse est $v(t) = |v_y(t)| = g\,t$. À la date t_1 : $v_1 = g\,t_1$, donc $t_1 = \dfrac{v_1}{g}$.

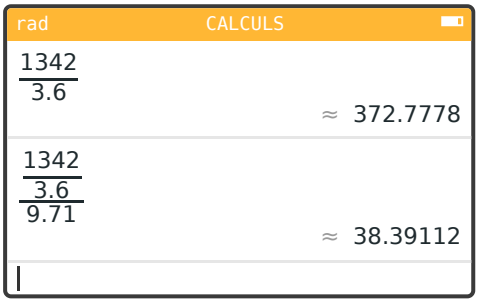
Conversion : $v_1 = \dfrac{1342}{3{,}6} = 372{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

$$t_1 = \frac{372{,}8}{9{,}71}$$

$\boxed{t_1 = 38{,}4\ \text{s}}$

PIÈGE
Garder la vitesse en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$: on trouverait 138 s. La division par 3,6 est indispensable avant tout calcul avec g en $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

À LA CALCULATRICE



2.4 Quelle distance Félix Baumgartner a-t-il parcourue lorsqu'il atteint cette vitesse maximale ? Quelle est alors son altitude H_1 ?

Données utiles $t_1 = 38{,}4$ s (2.3) ; $g = 9{,}71\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $H_0 = 39\,045$ m

Distance parcourue : $D = y(0) - y(t_1) = H_0 - \left(-\dfrac{1}{2}\,g\,t_1^2 + H_0\right) = \dfrac{1}{2}\,g\,t_1^2$

$$D = \frac{1}{2} \times 9{,}71 \times 38{,}39^2 = 7{,}16 \times 10^3\ \text{m}$$

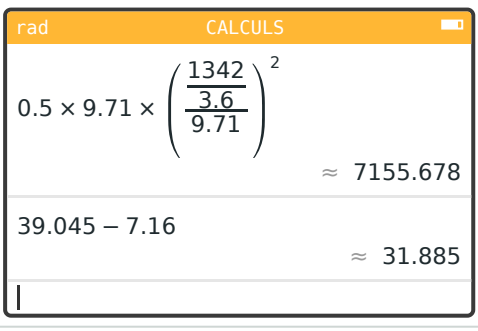
Altitude atteinte : $H_1 = H_0 - D = 39{,}045 - 7{,}16 = 31{,}89\ \text{km}$

$\boxed{D = 7{,}16\ \text{km} \text{ et } H_1 = 31{,}89\ \text{km}}$

PIÈGE
Confondre la distance parcourue D et l'ordonnée $y(t_1)$: avec l'origine au sol, $y(t_1)$ est directement l'altitude H_1.

COMPRENDRE
On calcule avec la valeur non arrondie de t_1 gardée en mémoire. Pour la soustraction, c'est la décimale la moins précise qui compte : D est connue à 0,01 km près, H_1 aussi.

À LA CALCULATRICE



3.1 Proposer un argument qui justifie l'utilisation précédente du modèle de chute libre.

Entre 39 km et 32 km d'altitude, Félix Baumgartner est dans la stratosphère (de 10 à 50 km). D'après le tableau, la masse volumique de l'air y est comprise entre $0{,}1$ et $10^{-3}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$: elle est de 10 à 1000 fois plus faible que près du sol (environ $1\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

L'air est très raréfié : son action est négligeable devant le poids, surtout au début du saut où la vitesse est faible. Le modèle de la chute libre est alors acceptable.

MÉTHODE
Un argument se construit sur le document : citer la zone traversée et les valeurs de masse volumique lues dans le tableau, puis conclure sur la force négligée.

3.2 En réalité, la distance parcourue lorsqu'il atteint sa vitesse maximale est supérieure à celle calculée en 2.4. Proposer un autre argument qui permette d'invalider le modèle de la chute libre.

Données utiles durée de la première phase : 4 min 20 s, soit 260 s ; $v_{\max} = 1342\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$

D'après les données, l'effet de l'air est d'autant plus important que la vitesse est grande. Or la vitesse devient très élevée (jusqu'à $1342\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) et l'air est de plus en plus dense à mesure que l'altitude diminue : l'action de l'air n'est plus négligeable.

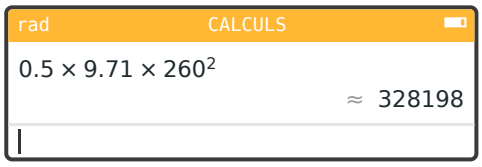
Cette force s'oppose au mouvement : l'accélération est plus petite que g, il faut plus de temps, donc plus de distance, pour atteindre la vitesse maximale.

Autre indice : en chute libre, $v = g\,t$ augmenterait sans cesse pendant les 260 s de la première phase et il n'existerait pas de vitesse maximale.

L'existence d'une vitesse maximale et la distance réelle plus grande montrent que l'action de l'air n'est pas négligeable : le modèle de la chute libre ne décrit pas toute la première phase.

COMPRENDRE
Avec le modèle, la distance parcourue en 260 s serait $\frac{1}{2}\,g\,t^2 \approx 328$ km, bien plus que les 39 km disponibles : le modèle ne peut pas rester valable longtemps.

À LA CALCULATRICE



4 Lors de la première phase de la chute, l'énergie mécanique se conserve-t-elle ? Argumenter en identifiant les formes d'énergie mises en jeu et leurs variations.

Formes d'énergie : l'énergie cinétique $E_c = \dfrac{1}{2}\,m\,v^2$, l'énergie potentielle de pesanteur $E_{pp} = m\,g\,y$, et leur somme, l'énergie mécanique $E_m = E_c + E_{pp}$.

Variations : l'altitude diminue, donc E_{pp} diminue ; tant que la vitesse augmente, E_c augmente.

Dans la réalité, la force exercée par l'air n'est pas négligeable (3.2). Elle est opposée au déplacement : son travail est négatif. Comme cette force n'est pas conservative, $\Delta E_m = W(\vec{f}) < 0$.

L'énergie mécanique ne se conserve pas : elle diminue. E_c augmente moins que E_{pp} ne diminue ; la différence est dissipée par transfert thermique (échauffement de l'air et de l'équipement).

PIÈGE
Répondre seulement « non, à cause des frottements ». La question demande de nommer les formes d'énergie, de donner le sens de variation de chacune et de dire ce que devient l'énergie perdue.

COMPRENDRE
Dans le modèle de la chute libre, seul le poids travaille et E_m se conserverait. C'est la distance réelle plus grande qu'en 2.4 qui trahit la perte : l'énergie potentielle cédée dépasse l'énergie cinétique gagnée.

L'adrénaline contre les piqures de guêpes

Bac S 2015 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 2 **10 points** **Durée conseillée 1 h 40**

1.1 À quelle catégorie de réaction appartient chacune des trois réactions de la synthèse de l'adrénaline ? Justifier.

- **Réaction 1** : un atome H du cycle du catéchol est remplacé par le groupe $-CO-CH_2Cl$, et il se forme HCl. Un atome est remplacé par un groupe d'atomes : c'est une **substitution**.
- **Réaction 2** : le groupe $-NH-CH_3$ prend la place de l'atome Cl de la molécule (3), avec formation de HCl : c'est une **substitution**.
- **Réaction 3** : les deux réactifs, (4) et H_2, donnent un seul produit, et la double liaison $C=O$ devient une liaison simple $C-OH$: c'est une **addition**.

Réactions 1 et 2 : substitutions ; réaction 3 : addition.

PIÈGE
Répondre « réduction » pour la réaction 3 : c'est vrai, mais ce n'est pas une des trois catégories attendues (substitution, addition, élimination).

MÉTHODE
Compter les espèces : deux réactifs et deux produits avec échange d'un atome ou d'un groupe, substitution ; deux réactifs pour un seul produit et une liaison multiple en moins, addition ; un réactif donnant deux produits et une liaison multiple, élimination.

1.2.1 Recopier la première étape du mécanisme de la réaction 2. Entourer le ou les sites donneurs et accepteurs de doublets d'électrons impliqués. Justifier.

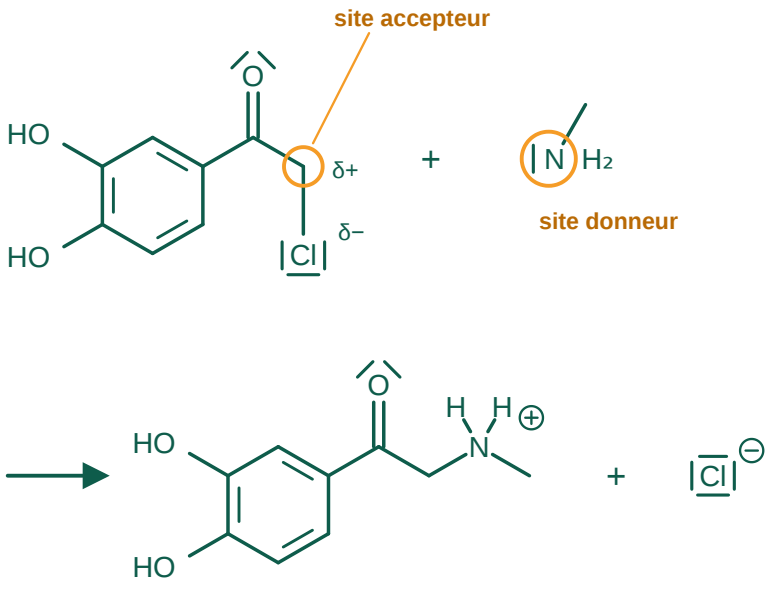
Données utiles électronégativités : $\chi(C) = 2{,}55$; $\chi(Cl) = 3{,}16$

Dans cette étape, une liaison $C-N$ se forme et la liaison $C-Cl$ se rompt.

- **Site donneur** : l'atome d'azote de la méthylamine. Il porte un doublet non liant, c'est un site riche en électrons.
- **Site accepteur** : l'atome de carbone lié au chlore. Le chlore est plus électronégatif que le carbone ($3{,}16 > 2{,}55$) : la liaison $C-Cl$ est polarisée, le carbone porte une charge partielle δ^+, c'est un site pauvre en électrons.

Donneur : l'atome N (doublet non liant) ; accepteur : l'atome C lié à Cl (charge partielle δ^+).

COMPRENDRE
Le carbone du groupe $C=O$ est lui aussi appauvri en électrons, mais il n'intervient pas ici : seuls comptent les sites entre lesquels une liaison se forme ou se rompt dans l'étape étudiée.



1.2.1 · Première étape du mécanisme : sites donneur et accepteur entourés

1.2.2 Représenter les flèches courbes qui rendent compte de cette étape.

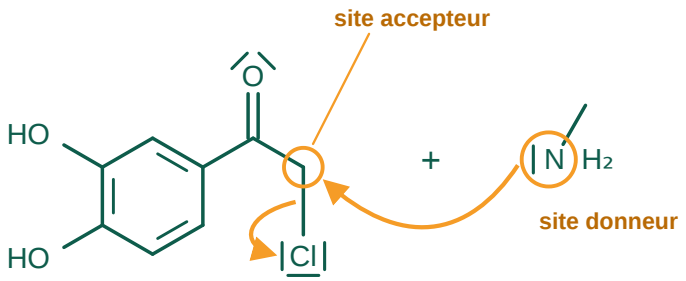
Deux flèches courbes, chacune représentant le déplacement d'un doublet d'électrons :

- la première part du doublet non liant de l'azote et pointe vers le carbone accepteur : formation de la liaison $C-N$;
- la seconde part du doublet de la liaison $C-Cl$ et pointe vers l'atome de chlore : rupture de la liaison, le chlore part sous forme d'ion Cl^-.

Flèche 1 : du doublet de N vers C ; flèche 2 : de la liaison $C-Cl$ vers Cl.

PIÈGE
Une flèche courbe part toujours d'un doublet (non liant ou de liaison), jamais d'un atome ni d'une charge, et va vers le site accepteur. Tracée à l'envers, elle ne rapporte aucun point.

COMPRENDRE
Le bilan des charges se lit sur les flèches : l'azote met en commun son doublet et devient N^+ ; le chlore garde pour lui le doublet de liaison et devient Cl^-.



1.2.2 · Flèches courbes de la première étape (en orange)

1.2.3 Écrire la seconde étape du mécanisme de la réaction 2 et identifier sa catégorie de réaction.

La réaction 2 forme la molécule (4) et HCl : il reste à transférer un ion H^+ de l'azote vers l'ion chlorure. En notant R le reste de la molécule :

$$R-\overset{\oplus}{N}H_2-CH_3 + Cl^- \longrightarrow R-NH-CH_3 + H-Cl$$

Le cation cède un ion H^+ (acide), l'ion chlorure le capte (base).

Seconde étape : transfert d'un ion H^+ du cation vers Cl^- ; c'est une réaction acido-basique.

MÉTHODE
Pour trouver une étape manquante, comparer l'intermédiaire obtenu au bilan de la réaction : ce qui diffère (ici un H et deux charges) indique ce que l'étape doit faire.

1.3 Dans cette synthèse, peut-on dire que le palladium Pd est un catalyseur stéréosélectif ? Expliciter le raisonnement.

Avec le palladium, la réaction 3 fournit l'adrénaline sous forme de mélange racémique, c'est-à-dire les deux énantiomères en quantités égales.

Aucun des deux stéréoisomères n'est donc formé de façon privilégiée. Or un catalyseur stéréosélectif favorise la formation de l'un d'eux.

Non : le palladium n'est pas ici un catalyseur stéréosélectif, puisque le mélange obtenu est racémique.

COMPRENDRE
Énantiomères, mélange racémique et stéréosélectivité relèvent de l'ancien programme : ils ne figurent plus dans celui de la spécialité actuelle.

1.4 Le spectre IR du produit obtenu permet-il de vérifier que la transformation de l'adrénalone en adrénaline a bien eu lieu ? Argumenter.

Données utiles cétones, C=O : $1680 - 1700\ \text{cm}^{-1}$; alcools, O–H associé : $3200 - 3400\ \text{cm}^{-1}$; alcools, C–O : $1000 - 1200\ \text{cm}^{-1}$

La transformation remplace le groupe carbonyle C=O de l'adrénalone (cétone) par un groupe hydroxyle C–OH (alcool).

- Sur le spectre, il n'y a aucune bande d'absorption entre 1680 et $1700\ \text{cm}^{-1}$: le produit ne contient plus de liaison C=O, l'adrénalone a été transformée.
- On observe une bande forte entre 3200 et $3400\ \text{cm}^{-1}$, attribuable aux liaisons O–H, et des bandes entre 1000 et $1200\ \text{cm}^{-1}$ (liaison C–O) : c'est compatible avec la présence du groupe alcool.

Oui : l'absence de bande C=O vers $1700\ \text{cm}^{-1}$ montre que l'adrénalone a bien été transformée en adrénaline.

PIÈGE
La bande O–H seule ne prouve rien : l'adrénalone possède déjà deux groupes O–H sur son cycle. L'argument décisif est la disparition de la bande C=O.

MÉTHODE
Pour suivre une transformation par IR, repérer la liaison qui disparaît et celle qui apparaît, puis chercher leurs bandes dans le tableau. Une bande absente est un argument aussi fort qu'une bande présente.

1.5 À partir du spectre RMN, peut-on attribuer le signal agrandi à un proton ou à un groupe de protons de la chaine carbonée de l'adrénaline ? Justifier.

Chaine carbonée de l'adrénaline, Ar désignant le cycle : $\text{Ar}-\text{CH(OH)}-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_3$.

Le signal agrandi comporte trois pics : c'est un triplet. D'après la règle des $(n+1)$-uplets, les protons qui en sont responsables ont $n = 2$ protons voisins, portés par le ou les carbones adjacents.

- Proton de CH : le carbone voisin est celui de CH_2, soit 2 protons voisins : triplet.
- Protons de CH_2 : 1 proton voisin (celui de CH) : doublet.
- Protons de CH_3 : aucun proton voisin sur un carbone : singulet.

Oui : le triplet correspond au proton du groupe CH lié au groupe hydroxyle, qui a deux protons voisins (ceux de CH_2).

PIÈGE
Les protons des groupes O–H et N–H ne sont pas comptés parmi les voisins : au lycée, on admet qu'ils ne se couplent pas avec les protons portés par les carbones.

COMPRENDRE
La spectroscopie RMN appartient à l'ancien programme : elle n'est plus étudiée dans la spécialité actuelle.

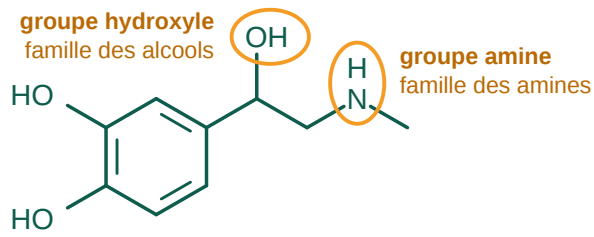
2.1 Représenter la molécule d'adrénaline, entourer les groupes caractéristiques en dehors du cycle et préciser les familles de composés associées.

En dehors du cycle, la molécule porte deux groupes caractéristiques (voir la figure) :

- le groupe hydroxyle $-\text{OH}$, porté par un carbone de la chaine : famille des **alcools** ;
- le groupe amine $-\text{NH}-$: famille des **amines**.

Groupe hydroxyle : alcool ; groupe amine : amine.

COMPRENDRE
Les deux groupes $-\text{OH}$ fixés directement sur le cycle ne sont pas demandés : un hydroxyle porté par un cycle aromatique définit un phénol, pas un alcool.



2.1 · Adrénaline : groupes caractéristiques hors du cycle entourés

2.2 Les stéréoisomères A et B de l'adrénaline sont-ils des diastéréoisomères ou des énantiomères ? Justifier.

A et B ont le même enchainement d'atomes et ne diffèrent que par la disposition dans l'espace autour du carbone qui porte le groupe hydroxyle : la liaison $C-OH$ pointe vers l'avant dans A, vers l'arrière dans B.

Ce carbone est le seul carbone asymétrique de la molécule (quatre substituants différents : H, OH, le cycle et $CH_2-NH-CH_3$). A et B sont donc images l'une de l'autre dans un miroir plan et ne sont pas superposables.

A et B sont des énantiomères.

COMPRENDRE
Le texte le confirme : la synthèse fournit un mélange racémique, c'est-à-dire un mélange en quantités égales de deux énantiomères. Cette notion ne figure plus au programme de la spécialité actuelle.

MÉTHODE
Avec un seul carbone asymétrique, deux stéréoisomères de configuration sont forcément énantiomères. Des diastéréoisomères exigent au moins deux carbones asymétriques (ou une double liaison Z/E).

2.3 Expliquer en quelques lignes les différentes étapes de la méthode mise en œuvre pour séparer les stéréoisomères de l'adrénaline.

- **Étape 1** : on fait réagir le mélange racémique de A et B avec l'acide tartrique, molécule chirale et acide. Son groupe carboxyle cède un ion H^+ au groupe amine (basique) de l'adrénaline : on obtient deux sels A' et B', qui sont diastéréoisomères et ont donc des propriétés physiques différentes.
- **Étape 2** : on ajoute de l'eau. A' y est peu soluble et reste solide, B' se dissout. Une filtration les sépare : A' est retenu sur le filtre, B' se trouve dans le filtrat.
- **Étape 3** : on traite séparément A' et B' par une base, le carbonate de potassium, qui reprend l'ion H^+ fixé sur l'azote : on récupère A d'un côté, B de l'autre.

Formation de deux sels diastéréoisomères, séparation par différence de solubilité (filtration), puis retour aux énantiomères par action d'une base.

COMPRENDRE
Deux énantiomères ont les mêmes propriétés physiques (solubilité, température de fusion) : impossible de les séparer directement. Deux diastéréoisomères n'ont pas les mêmes, d'où le détour par les sels.

3.1 Déterminer la valeur de la concentration molaire d'adrénaline dans la solution contenue dans l'ampoule d'auto-injection.

Données utiles une dose : $V = 0{,}30$ mL ; $n = 1{,}64$ μmol

Concentration molaire : $c = \dfrac{n}{V}$, avec $n = 1{,}64 \times 10^{-6}$ mol et $V = 0{,}30 \times 10^{-3}$ L.

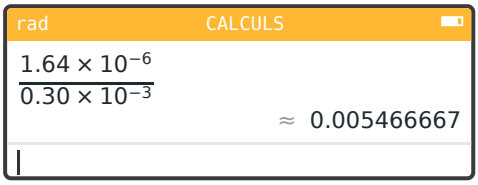
$$c = \frac{1{,}64 \times 10^{-6}}{0{,}30 \times 10^{-3}} = 5{,}5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$c = 5{,}5 \times 10^{-3}$ mol · L^{-1}

PIÈGE
Oublier de convertir : 1 μmol $= 10^{-6}$ mol et 1 mL $= 10^{-3}$ L.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la donnée la moins précise ($V = 0{,}30$ mL). La calculatrice affiche $5{,}47 \times 10^{-3}$, arrondi à $5{,}5 \times 10^{-3}$.

À LA CALCULATRICE



3.2 Une personne de 55 kg pratique une auto-injection suivant le protocole du fabricant. Une seule auto-injection est-elle suffisante ? Sinon, combien devrait-elle en faire ? Justifier.

Données utiles dose efficace : $0{,}010$ mg par kg de masse corporelle ; une dose : $n = 1{,}64$ μmol ; $M = 183$ g · mol^{-1}

Masse d'adrénaline nécessaire pour 55 kg :

$m_{\text{néc}} = 0{,}010 \times 55 = 0{,}55$ mg

Masse d'adrénaline apportée par une auto-injection : $m = n \times M$

$m = 1{,}64 \times 10^{-6} \times 183 = 3{,}0 \times 10^{-4}$ g $= 0{,}30$ mg

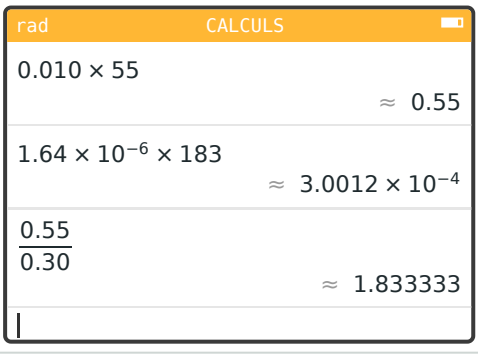
Comme $0{,}30$ mg $< 0{,}55$ mg, une seule injection ne suffit pas. Nombre de doses : $\dfrac{0{,}55}{0{,}30} \approx 1{,}8$, soit 2 injections, qui apportent $0{,}60$ mg.

Une injection ($0{,}30$ mg) est insuffisante : il en faut 2 ($0{,}60$ mg $\geqslant 0{,}55$ mg), la seconde 10 à 15 minutes après la première.

PIÈGE
Comparer directement $0{,}55$ mg à $1{,}64$ μmol : une masse et une quantité de matière ne se comparent pas. Il faut tout exprimer en masse (ou tout en moles) avant de conclure.

COMPRENDRE
Un nombre d'injections est entier et s'arrondit ici à l'entier supérieur : avec une seule dose, la personne ne recevrait qu'un peu plus de la moitié de la dose efficace.

À LA CALCULATRICE



Suivi du niveau de la mer par le satellite Saral

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

1.1 Énoncer la seconde loi de Kepler appliquée au satellite Saral. Quelle précision apporte-t-elle sur son mouvement ?

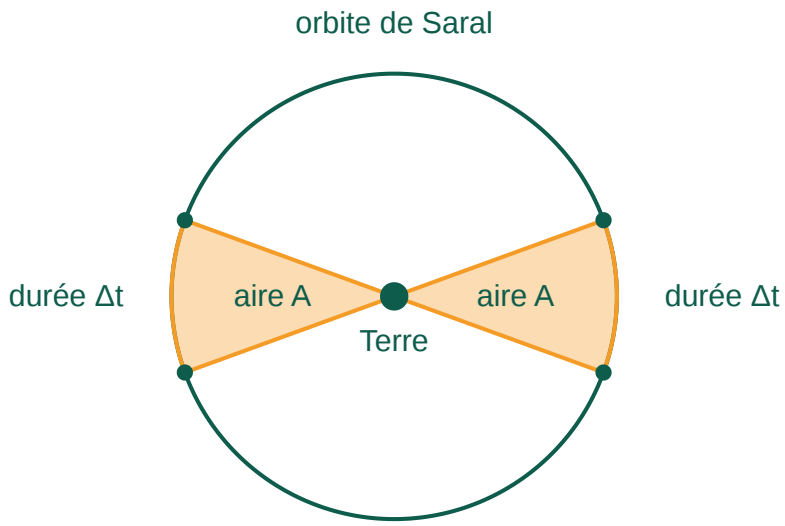
Loi des aires : le segment reliant le centre de la Terre au satellite Saral balaie des aires égales pendant des durées égales.

L'orbite de Saral est circulaire : le rayon $r = R_T + h$ est constant. Deux aires égales sont alors deux secteurs de même angle, donc deux arcs de même longueur. Saral parcourt des distances égales pendant des durées égales.

La valeur de la vitesse de Saral est constante : son mouvement circulaire est **uniforme**.

PIÈGE
Énoncer la loi sans conclure. La question en deux temps attend le mot « uniforme », justifié par le rayon constant de l'orbite.

COMPRENDRE
Sur une orbite elliptique, la même loi donne un satellite plus rapide près de la Terre et plus lent quand il s'en éloigne. Le cercle est le cas particulier où la vitesse garde la même valeur.



1.1 · Loi des aires sur une orbite circulaire : aires égales, arcs égaux

1.2 Montrer que la vitesse du satellite Saral s'écrit $v = \sqrt{\dfrac{G\,M_T}{R_T + h}}$, puis calculer sa valeur. Comparer avec les informations données. L'hypothèse d'une trajectoire circulaire est-elle cohérente ?

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$; $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg ; $R_T = 6371$ km ; $h = 800$ km ; vitesse orbitale annoncée : $7{,}47\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$

Système {Saral}, de masse M_S constante ; référentiel géocentrique supposé galiléen. Seule force : l'attraction gravitationnelle de la Terre, dirigée vers le centre de la Terre :

$$\vec{F}_{T/S} = \frac{G\,M_S\,M_T}{(R_T + h)^2}\,\vec{n}$$

Deuxième loi de Newton : $\vec{F}_{T/S} = M_S\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \dfrac{G\,M_T}{(R_T + h)^2}\,\vec{n}$.

Or, pour un mouvement circulaire de rayon $r = R_T + h$: $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\,\vec{\tau} + \dfrac{v^2}{R_T + h}\,\vec{n}$.

Par identification selon $\vec{n}$: $\dfrac{v^2}{R_T + h} = \dfrac{G\,M_T}{(R_T + h)^2}$, soit $v^2 = \dfrac{G\,M_T}{R_T + h}$ et

$$v = \sqrt{\frac{G\,M_T}{R_T + h}}$$

Application numérique, avec $R_T + h = 6371 + 800 = 7171\ \text{km} = 7{,}171 \times 10^6$ m :

$$v = \sqrt{\frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}98 \times 10^{24}}{7{,}171 \times 10^6}} = 7{,}46 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Le texte annonce $7{,}47\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$: l'écart relatif est $\dfrac{7{,}47 - 7{,}46}{7{,}47} \approx 0{,}1\ \%$.

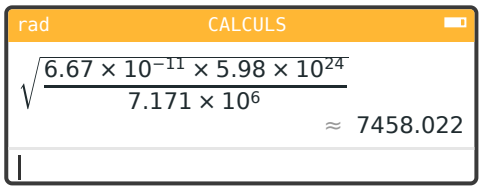
$v = 7{,}46\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$, très proche des $7{,}47\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ annoncés : l'hypothèse d'une orbite circulaire est cohérente.

PIÈGE
Garder $R_T + h$ en kilomètres donne une vitesse fausse d'un facteur $\sqrt{1000}$. Autre erreur fréquente : utiliser h seul comme rayon de l'orbite.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme G et M_T, les données les moins précises. La masse M_S se simplifie : la vitesse orbitale ne dépend pas de la masse du satellite.

MÉTHODE
Selon $\vec{\tau}$, l'identification donne $\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = 0$: on retrouve par le calcul le mouvement uniforme de la question 1.1.

À LA CALCULATRICE



1.3 Établir l'expression de la période de révolution T_S du satellite Saral autour de la Terre. Calculer sa valeur et la comparer avec les informations données.

Données utiles $R_T + h = 7{,}171 \times 10^6$ m ; v (1.2) ; période annoncée : 100,59 min

Le mouvement est circulaire uniforme : pendant une période T_S, Saral parcourt la circonférence $2\pi\,(R_T + h)$ à la vitesse v.

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

$$T_S = 2\pi\sqrt{\frac{(7{,}171 \times 10^6)^3}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}98 \times 10^{24}}} = 6{,}04 \times 10^3\ \text{s}$$

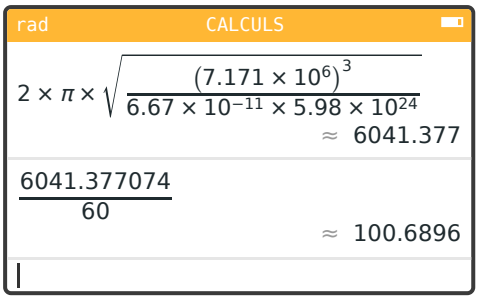
Soit $T_S = \dfrac{6{,}04 \times 10^3}{60} = 101$ min.

$T_S = 6{,}04 \times 10^3\ \text{s} \approx 101$ min, en accord avec les 100,59 min annoncées (écart d'environ $0{,}1\ \%$).

PIÈGE
Calculer T_S avec la valeur arrondie de v ajoute une erreur d'arrondi. L'expression en fonction de G, M_T et $R_T + h$ évite ce défaut.

COMPRENDRE
Avec trois chiffres significatifs, le calcul donne 101 min : il ne peut pas départager 100,59 et 100,69 min. L'accord est donc bon à la précision des données.

À LA CALCULATRICE



2.1 Pourquoi les radars altimètres utilisent-ils les micro-ondes ?

D'après le spectre d'atténuation par l'atmosphère, l'atténuation est très faible dans le domaine des micro-ondes : elle reste inférieure à 1 dB, alors qu'elle atteint 100 à 1000 dB pour les ondes sub-millimétriques ou l'ultraviolet.

Le signal doit traverser deux fois l'atmosphère (aller, puis retour après réflexion sur la mer) et rester détectable.

> Les micro-ondes sont très peu absorbées par l'atmosphère : l'écho revient au satellite avec une intensité suffisante.

MÉTHODE

Pour une question « pourquoi » sur documents, citer le document utilisé et une valeur lue : ici, l'ordre de grandeur de l'atténuation en dB dans le domaine concerné.

2.2 Pourquoi Saral n'utilise-t-il qu'une seule bande de fréquence, contrairement aux autres satellites altimétriques ?

Les autres satellites émettent sur deux bandes à la fois (Ku et C, ou Ku et S) : la comparaison des deux signaux permet d'estimer le contenu en électrons de l'ionosphère, puis de corriger la distance altimétrique.

Saral utilise la bande Ka, dont la sensibilité aux perturbations ionosphériques est « très faible » d'après le tableau.

> En bande Ka, l'ionosphère perturbe très peu le signal : la correction par une seconde bande est inutile.

PIÈGE

Confondre les deux effets. L'atténuation (2.1) affaiblit le signal ; la perturbation ionosphérique (2.2) le ralentit et fausse la durée mesurée, donc la distance.

2.3 Déterminer la valeur de la hauteur SSH qui repère le niveau de la mer Méditerranée à l'endroit de la mesure faite par Saral le 1er août 2013.

Données utiles $S = 813\,474$ m ; $\Delta t = 5{,}40296$ ms ; $c = 2{,}99792 \times 10^8$ m · s^{-1}

D'après la figure : $S = R + \text{SSH}$, donc $\text{SSH} = S - R$.

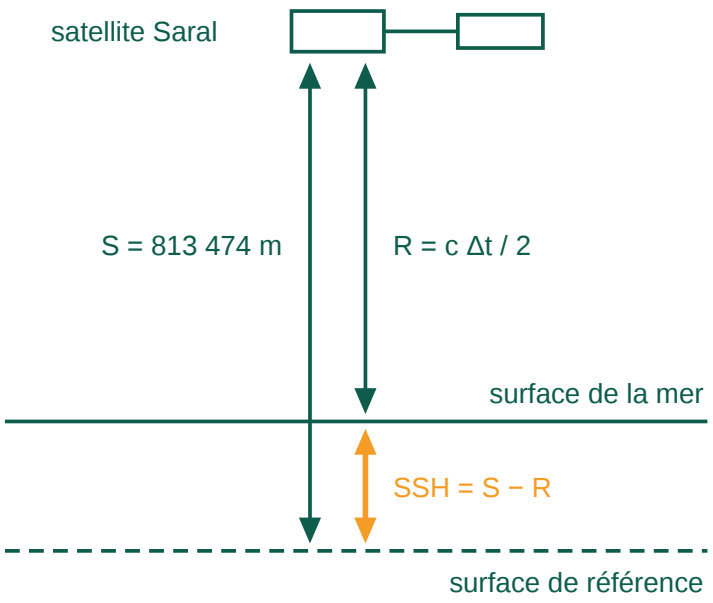
Pendant la durée Δt, l'onde fait un aller-retour entre le satellite et la mer : elle parcourt $2R$ à la célérité c.

$2R = c\,\Delta t$, donc $R = \dfrac{c\,\Delta t}{2}$.

$$R = \frac{2{,}99792 \times 10^8 \times 5{,}40296 \times 10^{-3}}{2} = 809\,882 \text{ m}$$

$$\text{SSH} = 813\,474 - 809\,882 = 3\,592 \text{ m}$$

$\text{SSH} = 3\,592$ m $\approx 3{,}59$ km au-dessus de la surface de référence.



2.3 · Altitude S, distance altimétrique R et hauteur de mer SSH

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{2.99792 \times 10^8 \times 5.40296 \times 10^{-3}}{2} \approx 809882.1$$

$$813\,474 - \frac{2.99792 \times 10^8 \times 5.40296 \times 10^{-3}}{2} \approx 3591.908$$

PIÈGE

Oublier le facteur 2 de l'aller-retour, ou laisser Δt en millisecondes. SSH n'est pas une profondeur : c'est la hauteur de la surface de la mer au-dessus de la surface de référence.

COMPRENDRE

c et Δt ont six chiffres significatifs : R est connu au mètre près, la différence aussi. Une erreur d'une microseconde sur Δt déplacerait R de 150 m.

COMPRENDRE

La valeur découle des données du sujet. Les hauteurs de mer réellement mesurées par rapport à la surface de référence se comptent en dizaines de mètres, et non en kilomètres.

Spécialité : Réhabilitation d'une salle

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

P Quel matériau acoustique faut-il coller au plafond pour obtenir une salle de classe adaptée aux conditions d'apprentissage ? Porter un regard critique sur le résultat et discuter les hypothèses de travail.

Données utiles $L = 8{,}60$ m ; $\ell = 6{,}80$ m ; $h = 3{,}00$ m ; $S_m = 79{,}4\ \text{m}^2$; $S_f = 9{,}0\ \text{m}^2$; $S_p = 4{,}0\ \text{m}^2$; 1 bureau, 25 tables, 26 chaises ; tableaux des coefficients α_j, des aires A_k, des durées maximales et des matériaux de plafond ; $T_r = 0{,}16\,\dfrac{V}{A}$

1. Durée de réverbération à ne pas dépasser.

$$V = L \times \ell \times h = 8{,}60 \times 6{,}80 \times 3{,}00 = 175\ \text{m}^3$$

$V \leqslant 250\ \text{m}^3$: pour une salle d'enseignement, il faut $T_r \leqslant 0{,}60$ s.

2. État initial de la pièce. Le sol et le plafond ont la même surface : $S_S = S_{\text{plafond}} = L \times \ell = 8{,}60 \times 6{,}80 = 58{,}5\ \text{m}^2$.

Aire d'absorption équivalente de tout ce qui ne sera pas modifié (sol, murs, vitres, portes, mobilier) :

Parois : $0{,}010 \times 58{,}5 + 0{,}030 \times 79{,}4 + 0{,}030 \times 9{,}0 + 0{,}50 \times 4{,}0 = 5{,}237\ \text{m}^2$

Mobilier : $0{,}050 + 25 \times 0{,}025 + 26 \times 0{,}020 = 1{,}195\ \text{m}^2$

$$A_{\text{fixe}} = 5{,}237 + 1{,}195 = 6{,}43\ \text{m}^2$$

Avec le plafond actuel en plâtre peint : $A_0 = A_{\text{fixe}} + 0{,}030 \times 58{,}5 = 8{,}19\ \text{m}^2$.

$$T_{r0} = 0{,}16 \times \frac{V}{A_0} = 0{,}16 \times \frac{175}{8{,}19} = 3{,}4\ \text{s}$$

Cette durée est près de six fois trop grande : la parole est inintelligible, le plafond doit être traité.

3. Aire d'absorption nécessaire. V est fixé, donc T_r ne diminue que si A augmente :

$$T_r \leqslant 0{,}60\ \text{s} \iff A \geqslant \frac{0{,}16 \times V}{0{,}60} = \frac{0{,}16 \times 175}{0{,}60} = 46{,}8\ \text{m}^2$$

Le matériau collé au plafond, de coefficient α, doit donc vérifier $A_{\text{fixe}} + \alpha\, S_{\text{plafond}} \geqslant 46{,}8\ \text{m}^2$:

$$\alpha \geqslant \frac{46{,}8 - 6{,}43}{58{,}5} = 0{,}69$$

4. Choix du matériau. Vérification pour les quatre matériaux, avec $A = A_{\text{fixe}} + \alpha\, S_{\text{plafond}}$:

Matériau	α	A (m²)	T_r (s)	Coût
Laine de verre	0,80	53,2	0,53	468 €
Dalles fibres minérales	0,70	47,4	0,59	877 €
Panneaux isorel	0,65	44,4	0,63	585 €
Panneaux rainurés	0,55	38,6	0,73	409 €

Deux matériaux conviennent : la laine de verre et les dalles de fibres minérales. Les dalles sont à la limite (0,59 s) et coûtent presque deux fois plus cher (15 contre 8 € par m²).

5. Regard critique.

- Résultat : 0,53 s laisse une marge d'environ 12 % sous la limite. Les durées maximales concernent un local meublé non occupé, ce qui

PIÈGE
Dans le sujet, le signe « = » entre les deux sommes de la formule de A est une coquille : les aires des parois et celles du mobilier s'additionnent. Ne pas oublier le sol, ni compter le plafond deux fois après les travaux.

COMPRENDRE
Le coefficient $0{,}16$ n'a que deux chiffres significatifs : T_r s'écrit avec deux chiffres. L'acoustique des salles relevait de l'ancien enseignement de spécialité ; toutes les relations utiles sont fournies par l'énoncé.

MÉTHODE
Résolution de problème : fixer le critère (T_r maximal), calculer l'état initial, en déduire la condition sur la grandeur à choisir (α), trancher avec un second critère (le prix), puis critiquer. Garder les valeurs non arrondies en mémoire entre deux étapes.

correspond au calcul ; les élèves ajoutent de l'absorption, donc T_r sera encore plus faible en classe.

- Fréquence : les coefficients ne sont donnés qu'à 1000 Hz. La voix contient des fréquences plus graves et plus aiguës, pour lesquelles l'absorption est différente : la conclusion n'est établie que pour cette fréquence.
- Homogénéité : après les travaux, le plafond représente à lui seul $46{,}8$ des $53{,}2\ \text{m}^2$ d'absorption (88 %), alors que le sol et les murs restent très réfléchissants. L'hypothèse d'une répartition homogène est donc discutable et la valeur calculée est un ordre de grandeur.

Il faut coller la laine de verre de 50 mm recouverte de toile ($\alpha = 0{,}80$) : $T_r = 0{,}53\ \text{s} \leqslant 0{,}60\ \text{s}$, pour environ 468 €.

À LA CALCULATRICE

