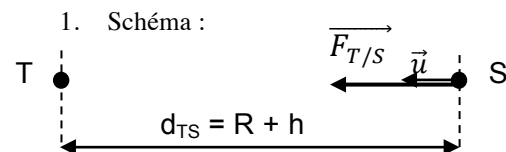


CORRIGÉ DU BAC BLANC 2018 (Spécialité)

I - STATION SPATIALE INTERNATIONALE (6,5 points)

Partie A : Étude du mouvement de la station spatiale ISS



L'expression vectorielle de la force gravitationnelle $\vec{F}_{T/S}$ exercée par la Terre T sur la station S est : $\vec{F}_{T/S} = G \times \frac{m \times M}{d_{TS}^2} \vec{u}$

2. Le système {station ISS} est étudié dans le référentiel géocentrique supposé galiléen.

On applique la 2^{ème} loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{p}}{dt}$

Avec : $\sum \vec{F}_{ext}$ = la force gravitationnelle $\vec{F}_{T/S}$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v} \frac{dm}{dt} = m \vec{a} \text{ car la masse } m \text{ de la station est constante}$$

Finalement, la deuxième loi de Newton s'écrit donc : $\vec{F}_{T/S} = m \times \vec{a}_S$

En posant $d_{TS} = R + h$ il vient : $G \times \frac{m \times M}{(R+h)^2} \vec{u} = m \times \vec{a}_S$ soit : $\vec{a}_S = G \times \frac{M}{(R+h)^2} \vec{u}$

3.1. En se plaçant dans le repère de Frenet ($S ; \vec{t} ; \vec{u}$), l'expression de l'accélération est :

$$\vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_N = \frac{dv}{dt} \vec{t} + \frac{v^2}{(R+h)} \vec{u}$$

Par identification avec l'expression établie à la question 2, on obtient :

$$\frac{dv}{dt} = 0 \text{ soit } v = \text{constante (mouvement uniforme)}$$

$$\frac{v^2}{(R+h)} = \frac{G M_T}{(R+h)^2} \text{ soit } v = \sqrt{\frac{G M_T}{R+h}}$$

3.2. On convertit $R + h$ en m :

$$v = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24}}{6380 \times 10^3 + 400 \times 10^3}} = 7,67 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1} = 7,67 \text{ km.s}^{-1}.$$

4. Soit T la période de révolution de la station autour de la Terre, comme le mouvement est circulaire et uniforme de rayon $(R + h)$, la vitesse v s'écrit : $v = \frac{2\pi \times (R+h)}{T}$

$$\text{donc } T = \frac{2\pi \times (R+h)}{v} \text{ soit } T = \frac{2\pi (6380 \times 10^3 + 400 \times 10^3)}{7,67 \times 10^3} = 5,56 \times 10^3 \text{ s} = 1,54 \text{ h}$$

Le nombre n de révolutions de la station en $\Delta t = 24 \text{ h}$ est $n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{24}{1,54} = 15,6$.

Un astronaute à bord de la station ISS fait plus de 15 fois le tour de la Terre en 24 h.

Partie B : Ravitaillement de la station ISS

1.1. Le système $S = \{\text{fusée} + \text{gaz}\}$ étant supposé isolé, et le référentiel étant supposé galiléen, la quantité de mouvement \vec{p}_S du système se conserve au cours du temps. Entre les dates $t = 0$ et $t = 1 \text{ s}$ on a donc : $\vec{p}_S(t = 0 \text{ s}) = \vec{p}_S(t = 1 \text{ s})$

Initialement le système est immobile (on considère que les gaz n'ont pas encore eu le temps d'être éjectés de la fusée) donc $\vec{p}_S(t = 0 \text{ s}) = 0$ d'où $\vec{p}_f + \vec{p}_g = 0$

$$\text{soit } m_f \times \vec{v}_f + m_g \times \vec{v}_g = 0$$

donc finalement : $\vec{v}_f = - \frac{m_g}{m_f} \times \vec{v}_g$

Lors du décollage, les gaz sont éjectés vers le bas. La relation précédente montre que la fusée est alors propulsée vers le haut. Il s'agit d'un exemple de mode de propulsion par réaction.

1.2. Entre $t = 0$ et $t = 1 \text{ s}$, la variation de masse $|\Delta m|$ de la fusée est due à l'éjection de gaz qui a lieu avec un débit D.

La masse m_g des gaz éjectés s'écrit $m_g = D \cdot \Delta t$

Donc $|\Delta m| = D \cdot \Delta t$.

Pour $\Delta t = 1 \text{ s}$ on a : $|\Delta m| = 2,9 \times 10^3 \times 1 = 2,9 \times 10^3 \text{ kg} \approx 3 \times 10^3 \text{ kg} = 3 \text{ t}$.

En exprimant les masses en tonnes, calculons : $\frac{\Delta m}{m_{fi}} = \frac{2,9}{780} = 3,7 \times 10^{-3} = 0,37\% \approx 0,4\%$

La variation de masse $|\Delta m|$ de la fusée au bout d'une seconde après le décollage est inférieure à 1 % de la masse initiale m_{fi} de la fusée : elle est donc négligeable.

On considère que la masse m_f de la fusée n'a pas varié une seconde après le décollage.

Calculons alors la valeur de la vitesse de la fusée :

En projetant la relation $\vec{v}_f = -\frac{m_g}{m_f} \times \vec{v}_g$ selon un axe vertical il vient : $v_f = -\frac{m_g}{m_f} \times v_g$

En laissant les masses en tonnes et la vitesse en km.s^{-1} , il vient : $v_f = \frac{2,9}{780} \times 4,0 = 1,5 \times 10^{-2} \text{ km.s}^{-1} = 15 \text{ m.s}^{-1}$.

2.1. Si la vitesse est en réalité très inférieure à celle calculée, c'est que le système n'est pas isolé. *En effet, Le système {fusée + gaz} subit la force poids qui le ralentit (et dans une moindre mesure la force de frottement de l'air).*

2.2.1. D s'exprime en kg.s^{-1} et v_g s'exprime en m.s^{-1} , donc $D.v_g$ s'exprime en kg.m.s^{-2} .

Le produit $D.v_g$ est donc homogène à une masse (kg) multipliée par une accélération (m.s^{-2}).

La deuxième loi de Newton $\sum \vec{F}_{ext} = m \times \vec{a}$ permet de conclure que le produit $D.v_g$ est homogène à une force.

2.2.2. La fusée peut décoller si la valeur F de la force de poussée $\vec{F} = -D \times \vec{v}_g$ est supérieure à la valeur P du poids de la fusée :

$P = m_f.g = 7,8 \times 10^5 \times 9,78 = 7,6 \times 10^6 \text{ N}$ (convertir m_f en kg).

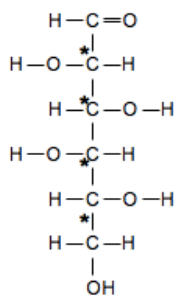
$F = D.v_g = 2,9 \times 10^3 \times 4,0 \times 10^3 = 12 \times 10^6 \text{ N}$.

Comme $F > P$, la fusée peut décoller.

II - DE LA BETTRAVE SUCRIÈRE AUX CARBURANTS (8,5 points)

1. Étude de la structure du saccharose

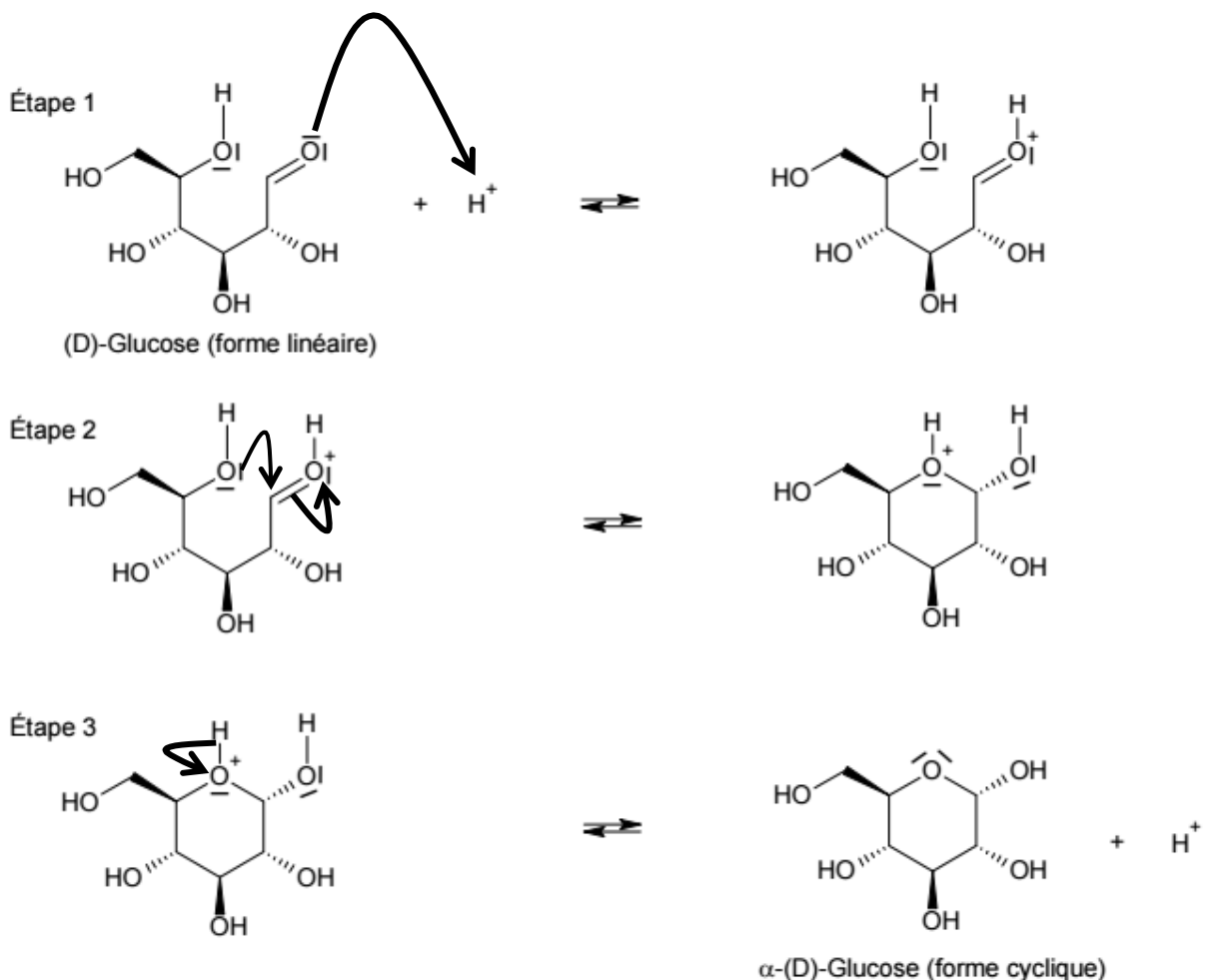
1.1.



Un carbone asymétrique est un carbone relié à quatre atomes ou groupes d'atomes différents.

Le D-glucose possède 4 atomes de carbone asymétriques repérés par un astérisque *.

1.2. Les flèches courbes représentent des transferts de doublets d'électrons, elles sont orientées d'un site donneur de doublets vers un site accepteur de doublets.



1.3. Le spectre infrarouge présente deux pics l'un vers 2900 cm^{-1} , caractéristique des liaisons C-H ; l'autre vers 3300 cm^{-1} , caractéristique des liaisons O-H liées. On note surtout l'absence d'un pic d'absorption entre 1650 et 1750 cm^{-1} caractéristique du groupement carbonyle C=O présent dans la forme linéaire du D-glucose. Le D-glucose est donc soit absent, soit présent en très petite quantité, il est donc bien minoritaire.

1.4. Des stéréoisomères possèdent la même formule semi-développée, or ici le groupement carbonyle C=O du D-Glucose est sur le premier atome de carbone alors que dans D-Fructose il se trouve sur le deuxième atome de carbone. Ces deux molécules ne sont pas des stéréoisomères.

1.5. On observe les configurations spatiales des atomes de carbone asymétriques porteurs de l'atome d'oxygène reliant les deux parties de la molécule de saccharose et on les compare à celles des formes cycliques. On voit que le saccharose est formé à partir du α -(D)-Glucose et du β -(D)-fructofuranose.

1.6. Le saccharose possède plusieurs groupements hydroxyle OH. Or l'atome d'oxygène possède une plus grande électronégativité que celui d'hydrogène, dès lors l'atome O est porteur d'une charge partielle négative δ^- et l'atome d'hydrogène est porteur d'une charge partielle positive δ^+ . La liaison O-H est polarisée. Les groupes O-H vont pouvoir former des liaisons hydrogène avec les molécules d'eau ce qui explique la grande solubilité du saccharose.

1.7. L'acide utilisé lors de l'hydrolyse n'apparaît pas dans l'équation de la réaction. On peut faire l'hypothèse qu'il s'agit d'un catalyseur (régénéré au cours de la réaction). Pour tester cette hypothèse, on peut effectuer la même expérience sans acide et comparer les temps de demi-réaction (ou les durées de réaction) avec acide.

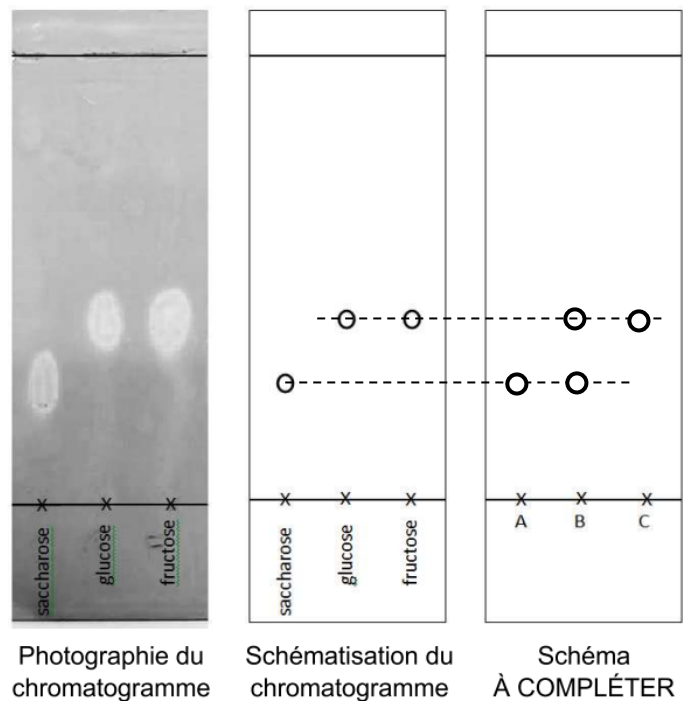
1.8.

Au cours d'une chromatographie, une espèce chimique migre toujours à la même hauteur (avec le même éluant et la même plaque).

Avant l'hydrolyse : **A**
seul le saccharose est présent.

Au cours de l'hydrolyse : **B**
Il reste du saccharose non consommé,
il s'est formé du glucose et du fructose.

Après hydrolyse complète : **C**
L'eau étant introduite en excès et la transformation étant totale, il ne reste plus de saccharose.
Seuls sont présents les produits formés (glucose et fructose).



2. Du saccharose au bioéthanol

2.1. éthanol $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--OH}$

2.2. Les deux spectres présentent trois signaux, il faut regarder la multiplicité des signaux pour déterminer quel spectre appartient à l'éthanol.

Le spectre de l'éthanol contient un singulet provenant du proton du groupement hydroxyle. Les trois protons du groupement $\text{CH}_3\text{--}$ ont deux atomes d'hydrogène sur l'atome de carbone voisin et donnent un triplet. Les deux protons centraux $\text{--CH}_2\text{--}$ ont trois plus proches voisins et donnent un quadruplet. Seul le spectre 2 possède un singulet, un triplet et un quadruplet, c'est donc le spectre de l'éthanol.

2.3. D'après l'équation de la réaction supposée totale, la consommation d'une mole de saccharose $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ conduit à la formation de quatre moles d'éthanol.

On peut traduire cela par $n_s = \frac{n_e}{4}$ ou encore $n_e = 4 n_s$ où n_e représente la quantité de matière d'éthanol obtenue par fermentation.

On commence par exprimer la masse m_s de saccharose présente dans une betterave de masse $m = 1,25$ kg, sachant que le pourcentage massique en saccharose vaut 19,5%.

$$m_s = \frac{19,5}{100} \times m$$

On peut alors exprimer, la quantité de matière n_s en saccharose dans la betterave :

$$n_s = \frac{m_s}{M(\text{saccharose})} = \frac{0,195 \times m}{M(\text{saccharose})}$$

$$\text{On obtient } n_e = 4 \times \frac{0,195 \times m}{M(\text{saccharose})}$$

$$\text{La masse d'éthanol obtenue est finalement : } m_e = n_e \cdot M(\text{éthanol}) = \frac{4 \times 0,195 \times m \times M(\text{éthanol})}{M(\text{saccharose})}$$

$$m_e = \frac{4 \times 0,195 \times 1,25 \times 10^3 \times 46,0}{342,0} = \mathbf{131 \text{ g}}$$

Autre méthode :

D'après l'équation de la réaction supposée totale, la consommation d'une mole de saccharose $C_{12}H_{22}O_{11}$ conduit à la formation de quatre moles d'éthanol.

On peut traduire cela par $n_s = \frac{n_e}{4}$ ou encore $n_e = 4 n_s$ où n_e représente la quantité de matière d'éthanol obtenue par fermentation.

On utilise la donnée « 30 g de betterave ... on recueille 5,8 g de saccharose ».

Ainsi par proportionnalité
 30 g de betterave \rightarrow 5,8 g de saccharose
 $1,25 \times 10^3$ g de betterave $\rightarrow m_s$ g de saccharose

$$m_s = \frac{1,25 \times 10^3 \times 5,8}{30} = 241,67 \text{ g de saccharose} \quad \text{valeur non arrondie stockée en mémoire}$$

$$n_e = 4 \cdot n_s = 4 \cdot \frac{m_s}{M(\text{saccharose})}$$

$$m_e = n_e \cdot M(\text{éthanol}) = 4 \cdot \frac{m_s}{M(\text{saccharose})} \cdot M(\text{éthanol})$$

$$m_e = 4 \times \frac{241,67}{342,0} \times 46,0 = \mathbf{130 \text{ g}}$$

3. Volume de bioéthanol nécessaire : $V = 3 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Masse volumique de l'éthanol (=bioéthanol) : $\rho = 789 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} = 789 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Déterminons la masse d'éthanol nécessaire : $\rho = \frac{m_{\text{necess}}}{V}$ donc $m_{\text{necess}} = \rho \cdot V$

$$m_{\text{necess}} = 789 \times 3 \times 10^6 = 2,367 \times 10^9 \text{ kg} = 2,367 \times 10^{12} \text{ g}$$

On n'arrondit pas ce résultat intermédiaire.

On a établi à la question précédente que 1,25 kg de betterave permet d'obtenir 131 g d'éthanol (ou 130g).

Ainsi par proportionnalité
 1,25 kg de betterave \rightarrow 131 g d'éthanol (ou 130 g)
 $m_{\text{bet}} = ? \text{ kg} \rightarrow 2,37 \times 10^{12} \text{ g}$

$$m_{\text{bet}} = \frac{1,25 \times 2,37 \times 10^{12}}{131} = 2,26 \times 10^{10} \text{ kg} = \mathbf{2,26 \times 10^7 \text{ tonnes}} \quad (\text{ou } 1,82 \times 10^7 \text{ t})$$

En ne conservant qu'un seul chiffre significatif, on retrouve bien la valeur annoncée de **2×10^7 tonnes**.

3. Surface agricole nécessaire à cette production :

On prend la valeur arrondie de 2×10^7 tonnes pour la suite.

D'après les données, le rendement de la culture de betterave est de 74,8 tonnes par hectare.

Pour produire 2×10^7 tonnes, il faut une surface $S = \frac{2 \times 10^7}{74,8} = 2,7 \times 10^5 \text{ ha} = 0,27 \times 10^6 \text{ ha}$, c'est-à-dire

0,3 millions d'hectares en ne conservant qu'un seul chiffre significatif.

Cela correspond à un **ordre de grandeur de 10^5 ha**.

Cette surface semble très faible par rapport à la surface agricole française cultivée en 2009 qui vaut 10 millions d'hectares, en effet elle ne représente que $\frac{0,3}{10} = 0,03 = 3 \%$ de cette surface.

On peut penser que si le bioéthanol n'est pas plus utilisé, c'est qu'il est sûrement plus cher à produire que l'essence.

III – ISOLATION ACOUSTIQUE D'UN RÉFECTOIRE (5 points)

Pour tout l'exercice, on pose les symboles suivants :

Longueur de la salle : $L = 15,00$ m ;

Largeur de la salle : $l = 8,00$ m

Hauteur sous plafond de la salle : $h = 3,50$ m

1. Le volume de la salle est égal à :

$$V = L \times l \times h = 15,00 \times 8,00 \times 3,50 = 420 \text{ m}^3.$$

D'après le document n°1, une salle de restauration d'un volume supérieur à 250 m^3 doit avoir un temps de réverbération moyen TR inférieur à 1,2 s. Or le temps de réverbération du réfectoire est égal à 2,0 s, donc il est nécessaire de le diminuer.

2.

	Surface (m ²)	Matériau
Plafond	$L \times l = 120 \text{ m}^2$	Plâtre
Sol	$L \times l = 120 \text{ m}^2$	Carrelage
Portes	$2 \times 2,00 \times 3,00 = 12,0 \text{ m}^2$	Bois
Fenêtres	$6 \times 6,00 = 36,0 \text{ m}^2$	Verre
Murs (ouvertures non comprises)	$2 \times L \times h + 2 \times l \times h - 12,0 - 36,0 =$ $2 \times 15,00 \times 3,50 + 2 \times 8,00 \times 3,50 - 12,0 - 36,0 =$ 113 m^2	Plâtre

3.

Le temps de réverbération doit être au maximum égal à 1,2 s (d'après le document n°1), déterminons la surface d'absorption équivalente minimale :

$$\text{D'après le document 2 : } TR = 0,16 \times \frac{V}{A}$$

$$\text{donc } A = 0,16 \times \frac{V}{TR}$$

$$A = 0,16 \times \frac{420}{1,2} = 56 \text{ m}^2 \text{ ainsi, la valeur de la surface équivalente d'absorption } A \text{ doit être supérieure à } 56 \text{ m}^2.$$

Expression de la surface A d'absorption équivalente de la salle :

$$\text{D'après le document 2 : } A = \sum \alpha_i \times S_i$$

Dans notre cas :

$$A = \alpha_{\text{plafond}} \times S_{\text{plafond}} + \alpha_{\text{sol}} \times S_{\text{sol}} + \alpha_{\text{portes}} \times S_{\text{portes}} + \alpha_{\text{fenêtres}} \times S_{\text{fenêtres}} + \alpha_{\text{murs}} \times S_{\text{murs}} + A_M$$

Déterminons la valeur minimale de α_{plafond} qui permette d'obtenir une valeur de A au moins égale à 56 m^2 .

$$\alpha_{\text{plafond}} \times S_{\text{plafond}} = A - (\alpha_{\text{sol}} \times S_{\text{sol}} + \alpha_{\text{portes}} \times S_{\text{portes}} + \alpha_{\text{fenêtres}} \times S_{\text{fenêtres}} + \alpha_{\text{murs}} \times S_{\text{murs}} + A_M)$$

$$\alpha_{\text{plafond}} = \frac{A - (\alpha_{\text{sol}} \times S_{\text{sol}} + \alpha_{\text{portes}} \times S_{\text{portes}} + \alpha_{\text{fenêtres}} \times S_{\text{fenêtres}} + \alpha_{\text{murs}} \times S_{\text{murs}} + A_M)}{S_{\text{plafond}}}$$

Remplaçons les coefficients d'absorption acoustique par les valeurs données dans le document n°4 :

$$\alpha_{\text{plafond}} = \frac{(56 - (0,020 \times 120 + 0,15 \times 12 + 0,18 \times 36 + 0,030 \times 113 + 12,5))}{120}$$

$$\alpha_{\text{plafond}} = 0,24525 = 0,25 \text{ avec deux chiffres significatifs}$$

Choix du matériau :

- S'il s'agit juste de diminuer le temps de réverbération, tous les matériaux peuvent convenir, car les 5 isolants proposés ont un coefficient d'absorption acoustique supérieur à celui du plâtre (0,030).
- Pour diminuer le temps de réverbération afin de se mettre en règle avec la législation (document n°1), le coefficient d'absorption acoustique α du matériau doit être au moins égal à 0,25, donc seul l'isolant n°1 ne convient pas.
- L'isolant choisi ainsi que la pose ont un coût : on préférera choisir le matériau le moins coûteux des quatre matériaux possibles. Donc **l'isolant n°2** est le matériau donnant le meilleur compromis isolation / prix (40 €/m² pour l'isolant n°2 contre 180 €/m² pour l'isolant n°5).