

Corrigé du bac 2015 : Physique- Chimie Spécialité Série S – Asie

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2015

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Spécialité

Durée de l'épreuve : 3 heures 30

Coefficient : 8

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Correction proposée par un professeur de physique-chimie pour
le site www.sujetdebac.fr

EXERCICE I : GALILEO, SYSTÈME DE NAVIGATION PAR SATELLITE (6 points)

1. Performances du système Galileo

1.1) Pour déterminer à quel domaine appartiennent ces signaux, il faut calculer leurs longueurs d'ondes respectives.

Pour le signal de fréquence $f_1 = 1575,42$ MHz :

$$\lambda_1 = \frac{c}{f_1} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{1575,42 \cdot 10^6} = 0,190 \text{ m} = 19 \text{ cm}$$

Pour le signal de fréquence $f_2 = 1278,75$ MHz :

$$\lambda_2 = \frac{c}{f_2} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{1278,75 \cdot 10^6} = 0,234 \text{ m} = 23,4 \text{ cm}$$

Pour le signal de fréquence $f_3 = 1191,90$ MHz :

$$\lambda_3 = \frac{c}{f_3} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{1191,90 \cdot 10^6} = 0,252 \text{ m} = 25,2 \text{ cm}$$

Ces longueurs d'ondes appartiennent au domaine des ondes Ultra Hautes Fréquences (UHF).

1.2) Les « canyons urbains » sont, d'après les données, des zones où les problèmes de réflexion sur les bâtiments sont propices aux erreurs de calcul de position.

Un critère qui peut atténuer le phénomène de canyon urbain : le nombre de satellites.

« Un nombre plus important de satellites offre de meilleures performances, en particulier dans les zones urbaines où la transmission peut être perturbée par la présence d'immeubles ».

GALILEO en possède 30 contrairement à son concurrent russe GLONASS qui en possède 29 et son concurrent américain GPS qui en possède 24.

Un deuxième critère valable est le nombre de fréquences utilisées :

« Les satellites du système Galileo utilisent plusieurs bandes de fréquence pour transmettre les différents signaux. Ceci permet de limiter les « canyons urbains » ». GALILEO en utilise 3 contrairement à GLONASS, qui en utilise 2.

1.3) La précision de positionnement visée par le système Galileo est de moins de $d=1,0$ m.

On calcule alors la précision de durée associée : $t = \frac{d}{c} = \frac{1}{3,00 \cdot 10^8} = 3,3 \text{ ns}$

L'ordre de grandeur de la précision de durée est le nanomètre, il est donc nécessaire d'utiliser une horloge atomique.

2. Mise en orbite d'un satellite du système Galileo

2.1) Reprenons les données :

Système étudié : {fusée + satellite + équipement} de masse M constante de 310 tonnes

Référentiel d'étude : terrestre supposé galiléen

Repère d'espace : axe vertical (Oz) orienté vers le haut

Conditions initiales : vitesse nulle (sur la base de lancement) et $z(0) = z_0 = 0$.

Bilan des forces :

- poids P
- force de poussée verticale F , de valeur constante : $F = 4 \times 10^6 \text{ N}$

La deuxième loi de Newton s'écrit : $\sum \vec{F}_{ext} = M \cdot \vec{a}$ puis $\vec{P} + \vec{F} = M \cdot \vec{a}$

Par projection sur l'axe Oz, on obtient : $-P + F = M \cdot a_z$ puis $-M \cdot g + F = M \cdot a_z$

Enfin, $a_z = \frac{F}{M} - g$

Les élèves se sont trompé de signe dans l'expression ; ils n'ont pas dû tenir compte de la direction de la composante z du poids.

En intégrant ensuite deux fois consécutives et en prenant en compte les conditions initiales qui sont nulles pour la vitesse et pour la position, on obtient :

$$z(t) = \frac{1}{2} \left(\frac{F}{M} - g \right) t^2$$

L'expression de $z(t)$ contient également une erreur de signe, mais cela ne doit pas nous étonner : il s'agit de la même erreur de signe que relevée précédemment et que l'on a traîné tout au long du processus d'intégration.

2.2) Le calcul de la durée nécessaire à la mise en orbite du satellite s'effectuera grâce à la relation précédente :

$$z(t) = \frac{1}{2} \left(\frac{F}{M} - g \right) t^2$$

Connaissant l'altitude nécessaire à la mise en orbite du satellite h qui vaut 23 522 km, on replace dans la formule :

$$h = \frac{1}{2} \left(\frac{F}{M} - g \right) t^2 \Rightarrow t^2 = \frac{2 \cdot h \cdot 1}{\frac{F}{M} - g} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot h \cdot 1}{\frac{F}{M} - g}} = 3894 \text{ s} \simeq 4000 \text{ s}$$

2.3) Reprenons les hypothèses faites en 2.1).

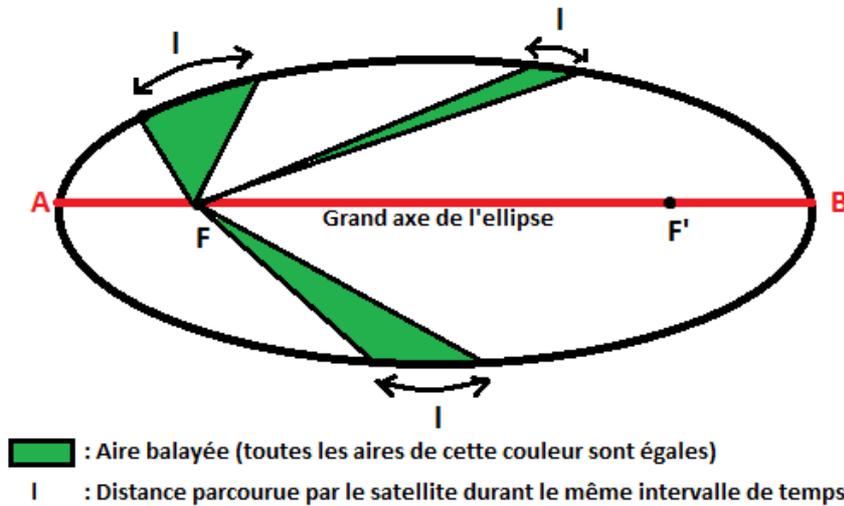
Les élèves supposent tout d'abord que la masse du système est constante, or ce n'est pas réellement le cas : la masse varie et a même tendance à diminuer à mesure que le système gagne en altitude du fait de l'éjection de gaz nécessaires à la propulsion. Il faudrait alors ajouter un terme qui traduirait cette variation de masse dans l'écriture de la loi de Newton.

De plus, ils ont considéré la trajectoire de la fusée comme étant verticale pour simplifier les calculs, or en réalité elle ne l'est jamais ! Et les forces de frottement de l'air sur la fusée ne sont pas prises en compte alors qu'elles existent.

Enfin, ils ont supposé la force \vec{F} constante au cours du mouvement alors qu'elle varie au cours de l'ascension.

3. Étude du mouvement d'un satellite du système Galileo

3.1) Deuxième loi de Kepler : Le segment de droite qui relie le centre de la terre et le centre du soleil balaie des **aires proportionnelles aux durées mise pour les balayer**. Il balaie des aires égales pour des durées égales.



3.2) On suppose la trajectoire circulaire. Ainsi, en appliquant la deuxième loi de Newton, on a :

$$\vec{F}_g = m \cdot \vec{a}$$

\vec{F}_g et \vec{a} ont la même direction et sont dans le même sens. Dans le repère de Frenet,

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t = \frac{v^2}{R} \vec{n} + \frac{dv}{dt} \vec{t} \quad \text{or} \quad \vec{a}_t = \vec{0} \quad \text{donc} \quad \frac{dv}{dt} = 0$$

et $\vec{a} = \vec{a}_n$

Ainsi, $v = \text{constante}$: le mouvement est uniforme.

3.3) Pour pouvoir comparer les périodes des deux satellites, on utilise la troisième loi de Kepler, qui s'écrit :

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M}$$

avec R le rayon de l'orbite
 G la constante de la gravitation universelle
 M la masse de l'objet au centre, ici la Terre

On remarque que la période T varie avec rayon de l'orbite. Ainsi, sachant que $R = R_T + h$ avec R_T le rayon de la Terre qui est constant, on en déduit que la période du satellite dépend de h . Plus h est grand, plus T est grand.

Sachant que :

- $h_{\text{GALILEO}} = 23\,522 \text{ km}$
- $h_{\text{GLONASS}} = 19\,100 \text{ km}$
- $h_{\text{GPS}} = 20\,200 \text{ km}$

On peut conclure la relation suivante : $T_{\text{GLONASS}} < T_{\text{GPS}} < T_{\text{GALILEO}}$.

$$3.4) \quad T_{\text{GALILEO}} = \sqrt{\frac{4\pi^2(R_T + h)^3}{G \cdot M}} = \sqrt{\frac{4\pi^2(6380 \cdot 10^3 + 23522 \cdot 10^3)^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \times 5,98 \cdot 10^{24}}} = 5,14 \cdot 10^4 \text{ s} = 14 \text{ h } 17 \text{ min}$$

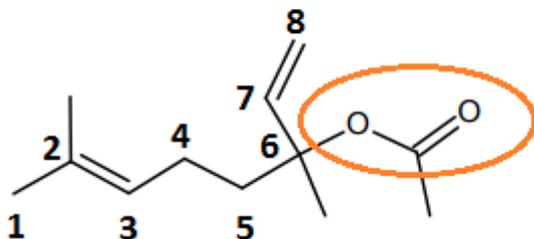
Cette période est en effet plus élevée que celles du GPS et de GLONASS.

EXERCICE II. L'ÉTHANOATE DE LINALYLE ET LE LINALOL

1. Les molécules d'éthanoate de linalyle et de linalol

1.1)

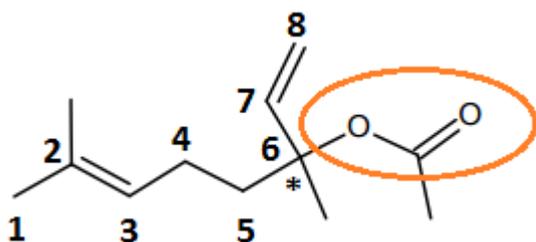
Formule topologique de la molécule d'éthanoate de linalyle



Le groupe caractéristique de la molécule d'éthanoate de linalyle est le groupe ester, de la famille du même nom.

Remarque: Ceci se vérifie bien dans le nom de la molécule typique des esters : *****ate de ***yle**.

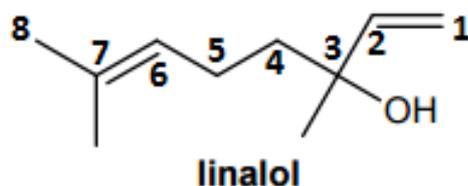
1.2.1) La molécule d'éthanoate de linalyle possède un carbone asymétrique sur le carbone 6.



1.2.2) Pour identifier la présence ou non de diastéréoisomères Z/E, il faut examiner les doubles liaisons C=C de la molécule. Chaque double liaison possède à chaque fois 2 substituants identiques : il ne peut donc y avoir de diastéréoisomérisation Z/E.

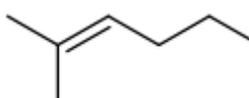
1.2.3) La molécule possède un atome de carbone asymétrique, elle est donc chirale. La stéréoisomérisation présente dans le mélange peut être donc due à la présence d'énantiomères.

1.3.1)

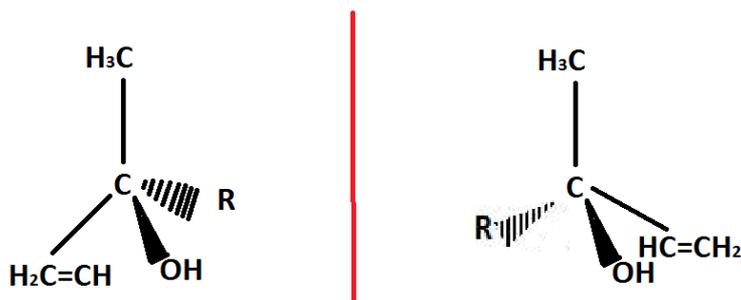


Le linalol a pour nom le 3,7-diméthyl-1,6-diène-3-ol. En effet, prenons la chaîne carbonée la plus longue, numérotée ci-dessus ; celle-ci compte 8 carbones (octa-). Elle possède 2 groupes méthyles en position 3 et 7 (3,7-diméthyl), ainsi que deux doubles liaisons C=C en position 1 et 6 (-1,6-diène), et enfin un groupe alcool en position 3 (-3-ol).

1.3.2) Le groupement R est :



1.3.3) Représentation de Cram des énantiomères de la molécule de linalol :



2. Synthèse du linalol

2.1) L'étape 3 correspond à une réaction d'élimination : il s'agit d'une déshydratation d'un alcool qui fait s'éliminer une molécule d'eau.

L'étape 5 correspond quant à elle à une réaction de substitution : il y a remplacement du groupe hydroxyde par un groupe chlore.

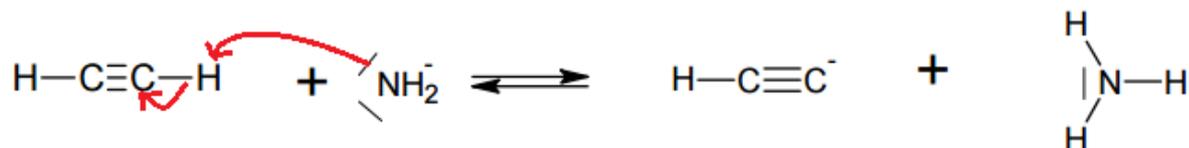
2.2) La réaction 4 correspond à la fois à une modification de chaîne (ajout de carbones à la chaîne carbonée principale) et à une modification de groupe caractéristique (le groupe OH est remplacé par le groupe Br).

La réaction 5 correspond seulement à une modification de groupe caractéristique (le groupe OH est remplacé par le groupe Cl).

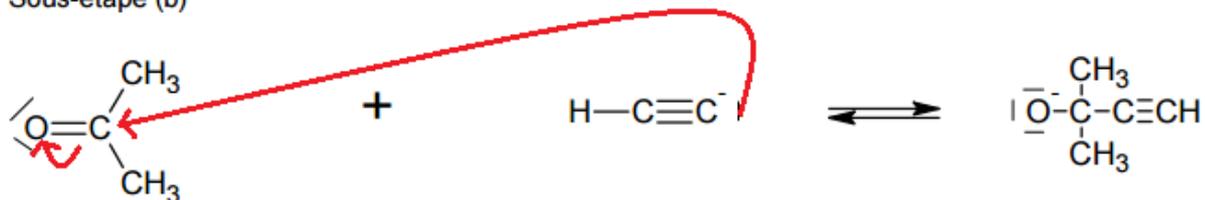
2.3)

Mécanisme réactionnel de l'étape 1

Sous-étape (a)



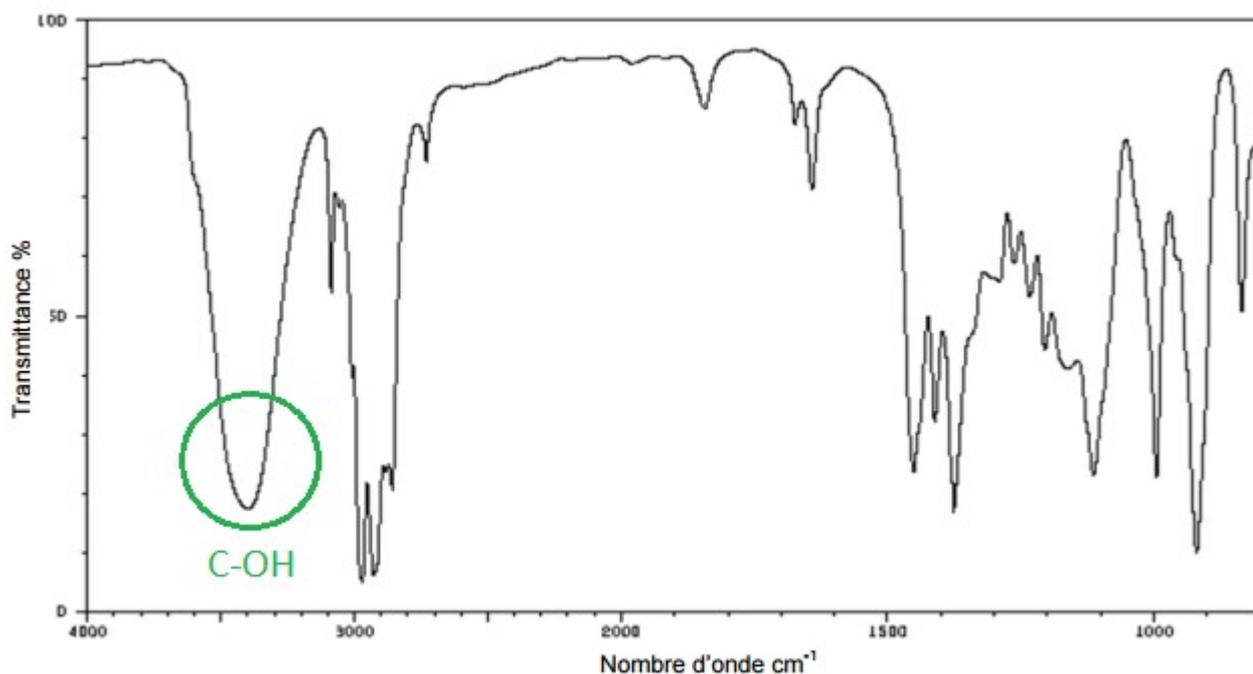
Sous-étape (b)



Sous-étape (c)

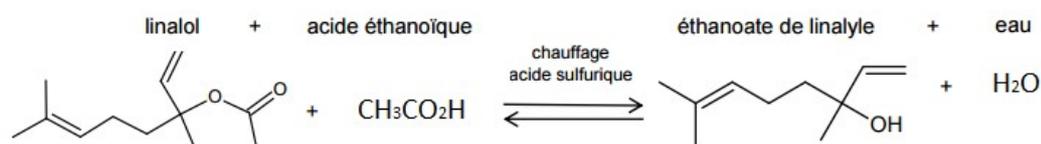


2.4) Il y a bien eu formation de linalol lors de cette étape ; on retrouve en effet le groupe caractéristique C-OH, caractérisé sur le spectre par une large bande vers 3 400 cm⁻¹.



3. Différentes méthodes pour synthétiser l'éthanoate de linalyle

3.1.1) L'équation de la réaction de la synthèse est :



3.1.2) Le chauffage à reflux sert à accélérer une réaction sans craindre de perte de matière : en effet, on observe avec cette technique une condensation des vapeurs sur les parois du réfrigérant pour qu'ensuite la matière condensée retombe dans le mélange réactionnel.

3.1.3) L'ajout d'un catalyseur modifie à la fois la cinétique et le mécanisme réactionnel. En général, on ajoute justement un catalyseur pour augmenter la vitesse d'une réaction. La composition finale du mélange n'est pas modifiée.

3.2.1) Lors de cette synthèse il faut bien veiller à porter une blouse, des gants et des lunettes. On travaillera également sous la hotte loin de toute flamme. En effet, l'anhydride éthanoïque est corrosif, toxique par inhalation et ingestion, et inflammable. Le linalol et l'acide éthanoïque sont également dangereux.

3.2.2) En règle générale, le rendement s'écrit : $\frac{\text{quantité obtenue expérimentalement}}{\text{quantité théorique}}$

L'anhydride éthanoïque étant en excès, on en déduit que le linalol est le réactif limitant.

$$\text{D'où } n_{\text{linalol}} = \frac{m}{M} = \frac{V \times d}{M} = \frac{10,0 \times 0,87}{154} = 5,65 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

puis on calcule la quantité de matière d'éthanoate de linalyle $n_{\text{ethanoate}} = n_{\text{linalol}} = 5,65 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
d'où on en déduit la masse associée : $m_{\text{ethanoate}} = n_{\text{ethanoate}} \times M = 5,65 \cdot 10^{-2} \times 196 = 11,1 \text{ g}$

D'où le rendement : $r = \frac{m_{\text{expérimentale}}}{m_{\text{théorique}}} = \frac{8,4}{11,1} = 0,76$

Le rendement de la réaction est de 76 %.

3.3) Par rapport à celui du linalol, le spectre RMN de l'éthanoate de linalyle verra disparaître le singulet dû au proton du groupe -OH. Le reste des caractéristiques devraient être les mêmes, notamment le signal caractéristique du groupe C=O qui devrait subsister.

3.4) La première méthode conduit à un rendement de 5 % ce qui est très faible, contrairement à la deuxième qui conduit à un rendement bien meilleur de 76 %. Cependant, la deuxième méthode est très dangereuse comparé à la première.

EXERCICE III. RÉNOVATION D'UNE SALLE DE CLASSE (5 points)

Question préliminaire

D'après les données, le temps de réverbération TR d'une salle est la durée, exprimée en seconde, au bout de laquelle le niveau sonore a diminué de 60 dB quand la source sonore est arrêtée. On le calcule théoriquement à l'aide de la formule de Sabine :

$$TR = 0,16 \cdot \frac{V}{A}$$

avec V le volume de la pièce en m^3

et A la surface d'absorption équivalente de la salle en m^2

Afin de réduire le temps de réverbération, il faut réduire le volume V de la pièce. Ceci peut être réalisé par le technicien qui, en installant un faux plafond, fera diminuer le volume de la pièce.

On pourrait également augmenter la surface A, ce qui sera réalisé en revêtant le faux plafond d'un matériau isolant acoustique.

Problème

« À quels travaux est-il nécessaire de procéder, dans la salle de classe, sans pour autant occulter les fenêtres, afin de ramener ses caractéristiques acoustiques aux normes en vigueur ? »

Calculons tout d'abord le volume de la salle. Celui ci vaut $V = l \times L \times h = 7,50 \times 7,30 \times 4,10 = 224 \text{ m}^3$

Calculons la surface équivalente A totale avant que les travaux ne commencent, sachant qu'à ce moment là le TR vaut 1,1 :

$$A_{\text{avant}} = 0,16 \cdot \frac{V}{TR} = 0,16 \times \frac{224}{1,1} = 32,6 \text{ m}^2$$

De là on peut en déduire la surface d'absorption équivalente des murs avant travaux, donnée manquante dans l'énoncé :

$$A_{\text{avant}} = A_{\text{murs}} + A_{\text{sol}} + A_{\text{plafond}} + A_{\text{fenetres}} + A_{\text{porte}} + A_{\text{mobilier}} \quad \text{d'où :}$$

$$A_{\text{murs}} = A_{\text{avant}} - A_{\text{sol}} - A_{\text{plafond}} - A_{\text{fenetres}} - A_{\text{porte}} - A_{\text{mobilier}} = 32,6 - 1,09 - 1,64 - 35,6 - 0,60 - 0,39 - 25 = 3,93 \text{ m}^2$$

ainsi que la surface des murs avant travaux :

$$S_{\text{murs}} = L \times h \times 2 + l \times h \times 2 - S_{\text{fenetres}} - S_{\text{porte}} = 7,5 \times 4,1 \times 2 + 7,3 \times 4,1 \times 2 - 6,0 - 1,93 = 113 \text{ m}^2$$

Nous avons répondu lors de la question préliminaire que, pour modifier le temps de réverbération TR, il fallait intervenir sur le volume ainsi que sur la surface d'absorption équivalente de la salle. La donnée que nous cherchons afin de pouvoir modifier ces paramètres est la hauteur à laquelle le faux plafond est installé.

Calculons donc la nouvelle surface équivalente après travaux des murs de la pièce, dépendant de h :

$$S'_{\text{murs}} = 7,5 \times h \times 2 + 7,3 \times h \times 2 - 6,0 - 1,93 = 29,6h - 7,93$$

Puis la nouvelle surface équivalente associée :

$$A'_{\text{murs}} = S'_{\text{murs}} \times \alpha_{\text{murs}} = S'_{\text{murs}} \times \frac{A_{\text{murs}}}{S_{\text{murs}}} = (29,6h - 7,93) \times \frac{3,93}{113} = 1,03h - 0,27$$

Ainsi, on en vient à calculer la nouvelle surface équivalente après travaux :

$$A_{\text{après}} = A'_{\text{murs}} + A_{\text{sol}} + A_{\text{fauxplafond}} + A_{\text{fenetres}} + A_{\text{porte}} + A_{\text{mobilier}}$$

$$A_{\text{après}} = (1,03h + 62,4) + 1,09 + 35,6 + 0,6 + 0,39 + 25 = 1,03h + 62,4$$

Or, « d'après l'arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement pour un local dont le volume est inférieur à 250 m³, le temps de réverbération doit être compris entre 0,4 s et 0,8 s. »

Les calculs se feront en ramenant le temps de réverbération à sa limite inférieure préconisée par l'arrêté du 25 avril 2003 selon l'exercice, c'est à dire à TR = 0,4s.

Ainsi,

$$TR = 0,16 \cdot \frac{V_{\text{après}}}{A_{\text{après}}} = 0,4 \Rightarrow 0,16 \cdot \frac{7,5 \times 7,3 \times h}{1,03h + 62,4} \Rightarrow h = 3,0 \text{ m}$$

Il faudra placer le faux plafond à 3,0 m du sol.

Cette hauteur est supérieure à 2,80 m, donc le faux plafond n'occultera pas les fenêtres.