

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

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2015

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30

Coefficient : 6

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).

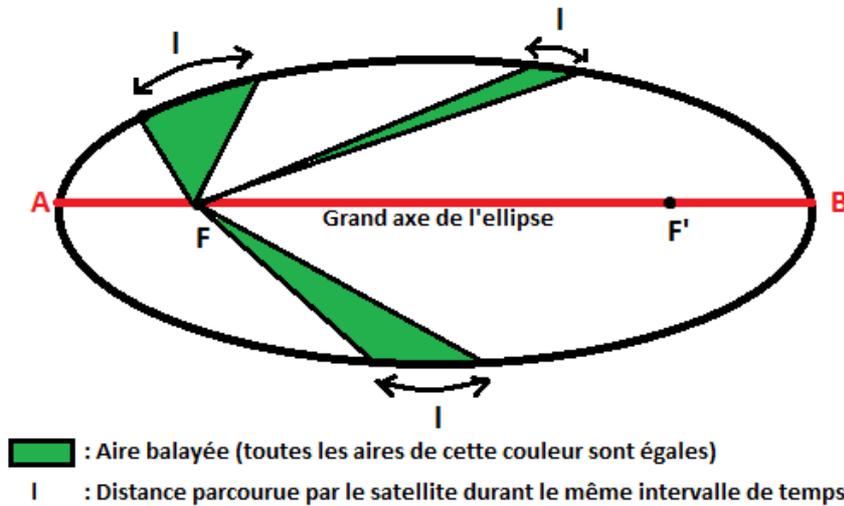
Les élèves supposent tout d'abord que la masse du système est constante, or ce n'est pas réellement le cas : la masse varie et a même tendance à diminuer à mesure que le système gagne en altitude du fait de l'éjection de gaz nécessaires à la propulsion. Il faudrait alors ajouter un terme qui traduirait 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 le 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 : $T_{\text{GLONASS}} < T_{\text{GPS}} < T_{\text{GALILEO}}$.

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

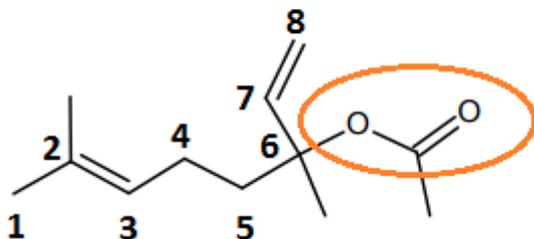
Cette période est en effet plus élevée que celles du GPS et de GLONASS.

EXERCICE II. L'ÉTHANOATE DE LINALYLE ET LE LINALOL

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

1.1)

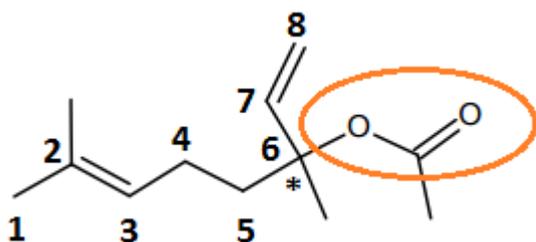
Formule topologique de la molécule d'éthanoate de linalyle



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.

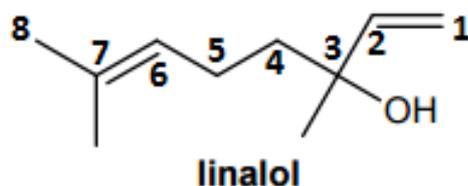
1.2.1) La molécule d'éthanoate de linalyle possède un carbone asymétrique sur le carbone 6.



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.

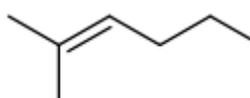
1.2.3) La molécule possède un atome de carbone asymétrique, elle est donc chirale. La stéréoisomérisation présente dans le mélange peut être donc due à la présence d'énantiomères.

1.3.1)

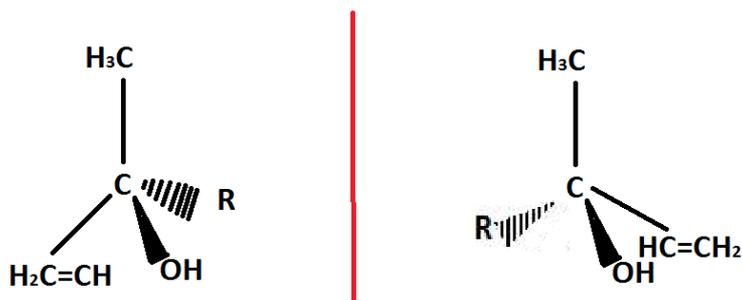


Le linalol a pour nom le 3,7-diméthyl-1,6-diène-3-ol. En effet, prenons la chaîne carbonée la plus longue, numérotée ci-dessus ; celle-ci compte 8 carbones (octa-). Elle possède 2 groupes méthyles en position 3 et 7 (3,7-diméthyl), ainsi que deux doubles liaisons C=C en position 1 et 6 (-1,6-diène),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

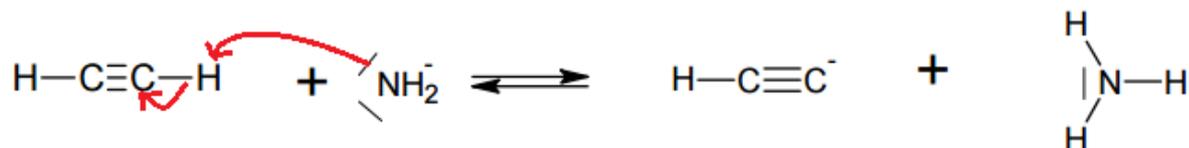
2.2) La réaction 4 correspond à la fois à une modification de chaîne (ajout de carbones à la chaîne carbonée principale) et à une modification de groupe caractéristique (le groupe OH est remplacé par le groupe Br).

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

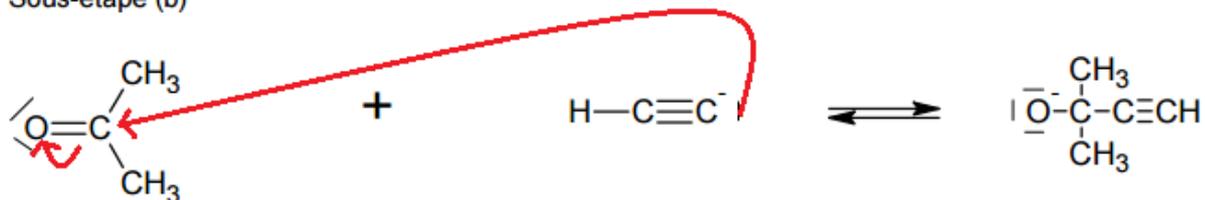
2.3)

Mécanisme réactionnel de l'étape 1

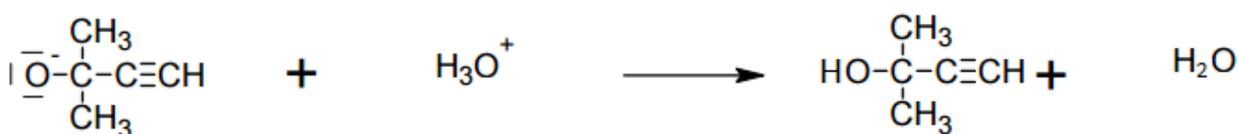
Sous-étape (a)



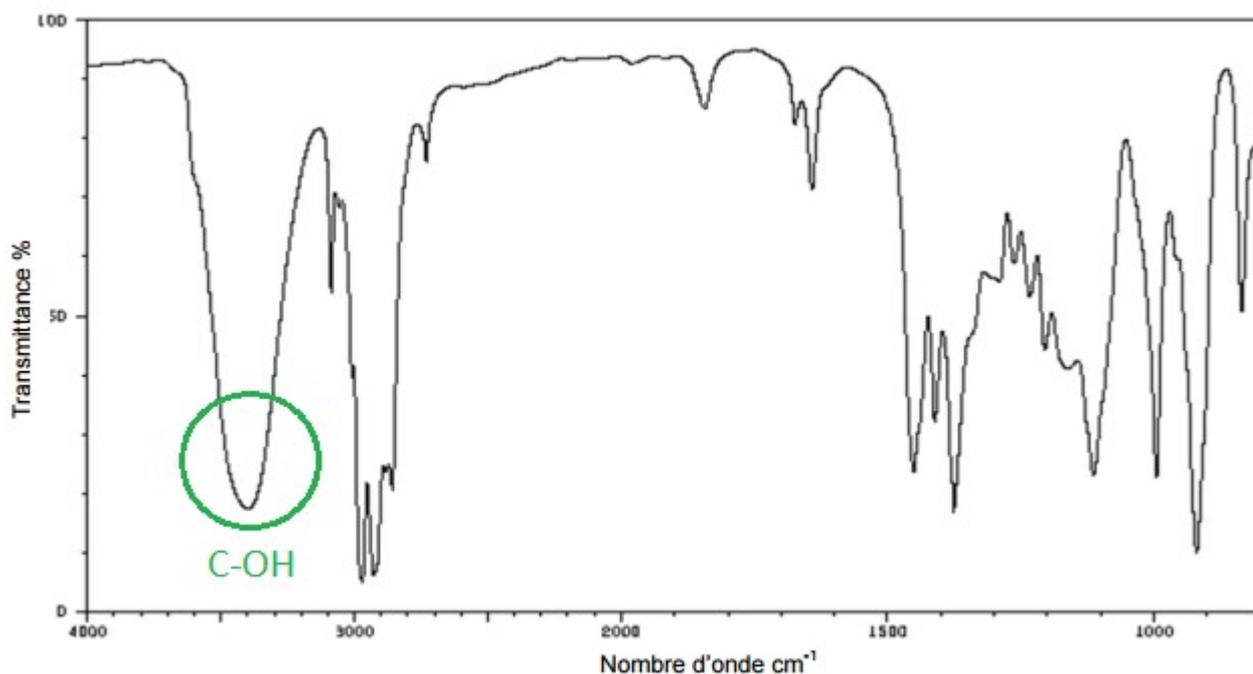
Sous-étape (b)



Sous-étape (c)

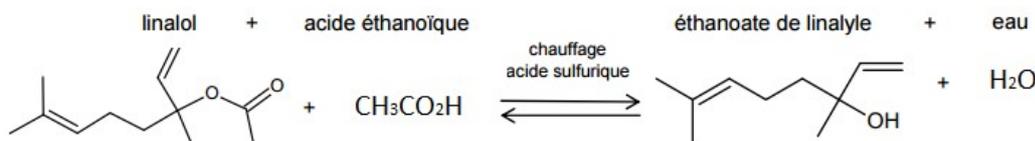


2.4) Il y a bien eu formation de linalol lors de cette étape ; on retrouve en effet le groupe caractéristique C-OH, caractérisé sur le spectre par une large bande vers $3\,400\text{ cm}^{-1}$.



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.

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

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. LE REFUGE DU GOÛTER, UN PROJET H.Q.E

1. Un modèle de fenêtre développé spécifiquement pour le refuge du Goûter

1.1)

	Mode de transfert thermique
Définition 1	Rayonnement
Définition 2	Conduction
Définition 3	Convection

1.2) La résistance thermique totale va donc être la somme des résistances thermiques de vitres ainsi que de 2 lames d'argon.

$$R_{th1} = 3 \cdot \frac{e_{\text{vitre}}}{S \cdot \lambda_{\text{vitre}}} + 2 \cdot \frac{e_{\text{argon}}}{S \cdot \lambda_{\text{argon}}} = \frac{0,012}{1,0 \times 1,2} + \frac{0,028}{1,0 \times 0,017} = 1,657 \approx 1,7 \text{ KW}^{-1}$$

1.3) La variation relative de la résistance thermique suite à la substitution de l'air par l'argon vaut :

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

La résistance thermique de la vitre augmente de 51 % suite à la substitution de l'air par l'argon.

1.4) La résistance thermique des vitres est négligeable face à celles des lames d'argon. Pour pouvoir espérer augmenter la résistance thermique totale, il faudrait donc augmenter celle des vitres, et donc augmenter l'épaisseur de celles-ci. Or augmenter l'épaisseur coûte cher et les vitres seraient bien trop lourdes.

2. Le choix du bois

2.1) Les données nous indiquent que le pourcentage de dégradation tel que :

$$\text{Deg. \%} = \frac{V_{\text{ref}} - V_m}{V_{\text{ref}}} \cdot 100$$

V_{ref} est la vitesse radiale de référence d'une essence de bois.

V_m est la vitesse radiale mesurée sur le spécimen.

Lorsque la valeur du pourcentage de dégradation de l'arbre est négative, alors il sera considéré comme sain. Calculons ce pourcentage pour un tronc d'épicéa :

$$\text{Deg. \%} = \frac{V_{\text{ref}} - \frac{D}{\Delta t}}{\frac{D}{\Delta t}} \cdot 100 = \frac{1600 - \frac{0,6}{3,4 \cdot 10^{-4}}}{\frac{0,6}{3,4 \cdot 10^{-4}}} \cdot 100 = \frac{1600 - 1765}{1765} = -10$$

Le pourcentage vaut -10 %, l'arbre est donc considéré comme sain.

2.2) « Pourquoi avoir choisi le bois pour construire ce refuge ? »

Le choix du bois pour le refuge a été conditionné par plusieurs facteurs.

Premièrement, le bois utilisé est local ; il provient des Alpes françaises, majoritairement issues d'une vallée située non loin du site. Cela permet de réduire l'empreinte environnementale, comme l'émission de dioxyde de carbone pour le transport du bois.

Deuxièmement, le refuge est construit à 3 835m d'altitude, où il peut faire jusqu'à -35°C en hiver et -10°C en été. Il était donc nécessaire de baser la construction du refuge sur un matériau qui possède de bonnes voire très bonnes propriétés isolantes.

Le bois est un bon candidat, ayant une conductivité thermique λ très faible (cf. tableau « caractéristiques de quelques matériaux »).

L'altitude entraîne une seconde contrainte : le transport des matériaux. Le bois étant léger, il est plus facile de le transporter et de l'amener jusqu'au site par hélicoptère que l'acier ou le béton par exemple.

Enfin, avec la question 2.1) nous avons vu que la qualité du bois était aisément vérifiable grâce au pourcentage de dégradation Deg. %, ce qui peut le rendre facile d'entretien.