

5. systèmes constructifs bois et habitat (20)

SCBH 1992

Acoustique

La mesure du niveau d'intensité acoustique réalisée en un point A, à 0,6 m d'une source S, supposée ponctuelle et omnidirectionnelle, a donné 65 dB.

On ne tient pas compte des phénomènes de réverbération du son.

1) a- Calculer l'intensité sonore au point A.

b- Calculer la puissance acoustique de la source S.

c- Exprimer la valeur du niveau d'intensité en un point quelconque de l'espace, dont on appellera x la distance à la source, en fonction de x , de r ($= 0,6$ m) distance du point A à la source et du niveau d'intensité sonore en A.

Calculer la valeur de ce niveau pour un point B placé à 3 m de la source.

d- Que représente la grandeur physique appelée *pression acoustique* ?

Un dispositif permet de réduire la puissance de la source au quart de sa valeur trouvée à la question 2).

2) Calculer les « gains » d'intensité sonore en résultant aux points A et B.

Pourquoi utilise-t-on le mot « gain » alors qu'en fait il s'agit d'une réduction de bruit ?

3) À quelle fraction de la puissance acoustique initiale faudrait-il parvenir pour que, au point A, le niveau sonore soit de 51 dB ?

Mécanique des fluides

Dans une cuve contenant de l'eau pure, on plonge deux tubes en verre, maintenus verticaux et tels qu'une partie importante de ces tubes soit en dehors de l'eau.

L'un des tubes a un diamètre intérieur de 2 cm, l'autre un diamètre intérieur de 2 mm.

1) En apportant un soin tout particulier à la forme de la surface de séparation eau – air pour les parties où l'eau est en contact avec le verre, faire un schéma représentant ce dispositif.

On indiquera la nature du phénomène physique qui se manifeste.

Quelle grandeur physique est caractéristique de ce phénomène ? (sa valeur numérique sera prise, pour l'eau, égale à $60 \cdot 10^{-3}$ unité que l'on précisera).

A l'intérieure du tube fin, la surface de séparation de l'eau et de l'air est une demi-sphère de même diamètre que le tube.

2) Pourquoi peut-on dire que l'angle de raccordement de l'eau et du verre, θ , est égal à 0 ?

En utilisant la relation $h = \frac{2\gamma \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot r}$, calculer la distance qui sépare les surfaces libres de l'eau dans

le tube fin et dans la cuve.

Données :

Masse volumique du liquide : $\rho = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Intensité de l'accélération de la pesanteur du lieu : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Rayon intérieur du tube : r

Angle de raccordement : θ

Grandeur définie en 1) : γ

Sous quel nom est connue cette relation ?

3) Calculer la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du ménisque, dans le tube fin.

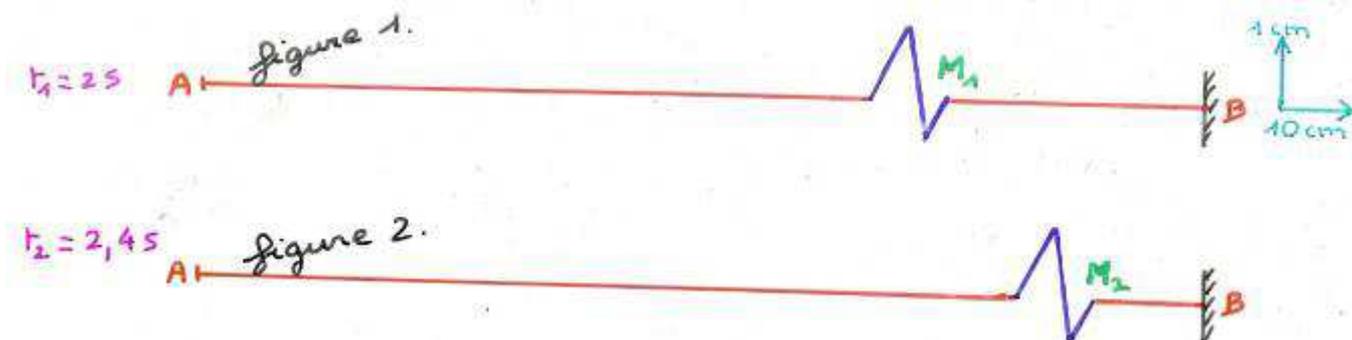
4) Connaissez-vous des conséquences ou applications du phénomène observé dans cet exercice, pour le matériau bois et dans le domaine de la construction ?

Lesquelles ?

SCBH 1993

•Phénomène vibratoire

Les figures 1 et 2 représentent la position d'un signal transversal se propageant le long d'une corde élastique aux dates $t_1 = 2$ s et $t_2 = 2,4$ s.



- 1) Donner une définition de « signal transversal ».
- 2) Qu'appelle-t-on célérité d'un signal ?
Calculer la valeur de cette grandeur pour le signal étudié.

$t_3 = 3,4$ s *figure 3.*

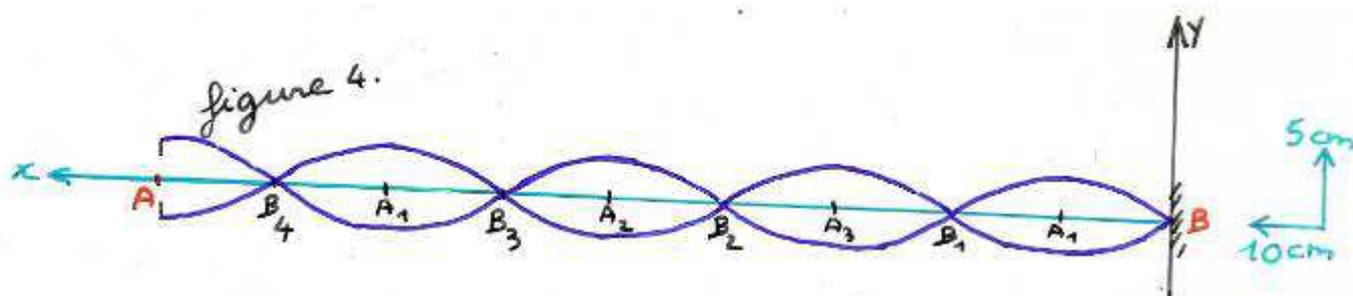


- 3) Compléter la figure 3, c'est-à-dire représenter la corde à la date $t_3 = 3,4$ s.
On donnera les explications et les calculs qui permettent de terminer cette figure.
On applique maintenant, à l'extrémité A de la corde, un signal transversal alternatif sinusoïdal.
L'équation horaire du mouvement de ce point est :

$$y_A = a \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

L'extrémité B de la corde est toujours fixe et sera considérée comme l'origine des abscisses, l'axe des abscisses passe par A.

On constate que la corde prend l'aspect suivant :



- 4) a- Quelle est la nature du phénomène observé ?
Quelle en est l'origine ?
- b- Comment appelle-t-on les points A, A₁, A₂,...et les points B, B₁, B₂ ?
- c- Mesurer la longueur d'un fuseau, puis en déduire la période et la fréquence du signal sachant que la tension de la corde a été modifiée de telle façon que la célérité du signal soit de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Thermique-Calorimétrie

On se propose de refroidir l'air contenu dans une enceinte «E» de longueur 4 m, de largeur 2,2 m et de hauteur 2,5m.

Un serpentin est fixé contre une des parois de «E».

Un fluide entre à l'état liquide dans ce serpentin, à la température de 20°C et sous la pression de $5,7 \cdot 10^5$ Pa, il en sort à la même température et sous la même pression, mais sous forme de vapeur sèche et saturante.

La chaleur latente de vaporisation de ce fluide est, dans ces conditions, de $144,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Le débit de ce fluide est $100 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$.

Les parois de «E», toutes de même nature et de même épaisseur, présentent un coefficient de transmission thermique (conduction et convection) de $0,4 \text{ W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$.

La température à l'extérieur de «E» est constamment de 25°C.

L'air contenu dans «E» est initialement de 25°C.

Pour les conditions rencontrées dans cet exercice sa masse volumique moyenne est de $1,23 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, sa capacité thermique massique moyenne est de $1000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

1) Calculer l'énergie nécessaire au changement d'état du fluide pour une durée de fonctionnement d'une heure.

2) Calculer la puissance du dispositif de refroidissement.

3) D'où provient là chaleur permettant la vaporisation du fluide ?

Quelle est la conséquence pour l'air dans «E» ?

4) Si on ne tient pas compte des transferts de chaleur à travers les parois de «E», quelle sera la durée nécessaire pour que la température de l'air soit de 15°C ?

Les transferts de chaleur à travers les parois existent.

5) Dans quel sens se produisent-ils ?

Que se passera-t-il quand le flux de chaleur à travers les parois et la puissance du dispositif de refroidissement auront la même valeur ?

6) Calculer la température de l'air contenu dans «E» à l'équilibre thermique.

(on négligera l'épaisseur des parois devant les autres dimensions).

La puissance du système de refroidissement étant constante, on voudrait que la température de l'air à l'intérieur de «E» soit de 6°C.

7) Que faut-il faire ?

Calculer le nouveau coefficient de transmission thermique des parois.

SCBH 1994

Acoustique

Dans la notice d'un constructeur de haut-parleur, on trouve l'efficacité caractéristique d'un haut-parleur :

100 dB par watt électrique à un mètre de distance.

Ceci veut dire que lorsqu'on fournit au haut parleur une puissance électrique P_e de un watt, le niveau sonore L à un mètre de distance ($r = 1\text{m}$) du haut-parleur est $L + 100$ dB.

On assimilera le haut-parleur à une source ponctuelle qui rayonne uniformément dans tout l'espace.

1) Calculer la puissance acoustique P_a émise par le haut-parleur.

(pour cela, on calculera l'intensité sonore I ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) à $r = 1$ m du haut-parleur).

Le rendement acoustique η_a n'apparaît pas dans la notice du constructeur, mais on peut maintenant le

calculer : $\eta_a = \frac{P_a}{P_e}$.

2) Donner la valeur de η_a .

3) Si r est la distance de l'oreille au haut-parleur, calculer l'intensité sonore I et le niveau sonore L en dB, pour : r (m) = 0,2 – 0,4 – 0,6 – 0,8 – 1 – 2.

Compléter le tableau :

r (m)	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2
I (W.m^{-2})						
L (dB)						

Construire le graphique $L = f(r)$:

Echelle :

1 cm en ordonnée = 5 dB

1 cm en abscisse = 0,1 m

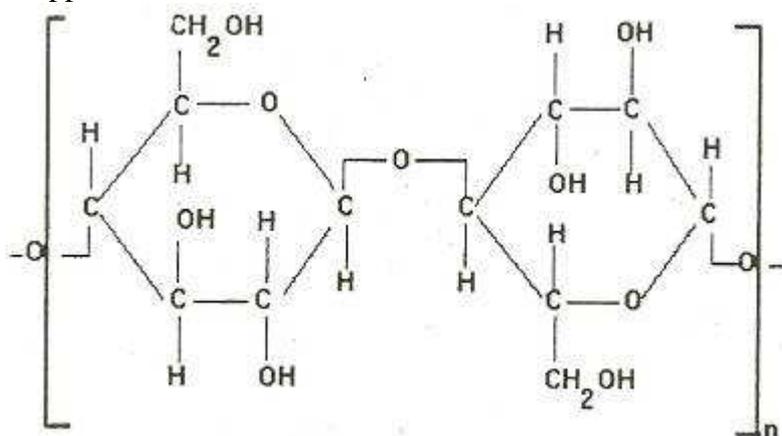
4) Le seuil de douleur étant de 120 dB, déterminer la distance r à laquelle l'oreille peut être approchée du haut-parleur sans dépasser le seuil de douleur :

a- graphiquement

b- par calcul

Chimie organique

La formule développée d'un motif de la cellulose est donné entre crochets :



n : nombre entier

Les extrémités non précisées sont des atomes d'hydrogène dont on ne tiendra pas compte.

1) Donner un synonyme du mot « motif », emprunté dans le langage de la chimie.

2) Comment s'appelle un assemblage d'un grand nombre de motifs identiques mis bout à bout ?

Un motif a pour formule globale $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$.

3) Déterminer x, y et z.

On admet que la formule de la cellulose est identique à celle d'un motif.

4) Calculer les pourcentages massiques des différents éléments chimiques constituant la cellulose.

5) Ecrire la réaction de combustion complète de la cellulose sachant que l'on obtient uniquement du dioxyde de carbone et de l'eau.

Un kilogramme de cellulose subit une combustion complète.

6) Calculer, dans le cas où le volume molaire des gaz est égal à 24 L.mol^{-1} :

a- Le volume de dioxygène nécessaire.

b- Le volume d'air correspondant si l'air contient en volume un cinquième de dioxygène.

c- Le volume de dioxyde de carbone obtenu.

SCBH 1995

Photométrie Rayonnement

Les caractéristiques d'un tube fluorescent sont :

- $P = 36 \text{ W}$
- $\Phi = 2600 \text{ lm}$

- 1) a- Donner la signification physique de chacune de ces grandeurs.
- b- Calculer l'efficacité lumineuse de cette source.

Les caractéristiques d'une lampe halogène sont :

- $P = 300 \text{ W}$
- $\Phi = 7500 \text{ lm}$
- Cette source suit la loi de Stefan : $P = \sigma \cdot S \cdot T^4$, avec $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
- et la loi de Wien : $\lambda_{\text{maximale}} T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$.

- 2) a- Est-ce une source lumineuse de type incandescent ou de type fluorescent ?
 - b- Calculer son efficacité lumineuse.
- Comparer cette valeur à celle de la source précédente.

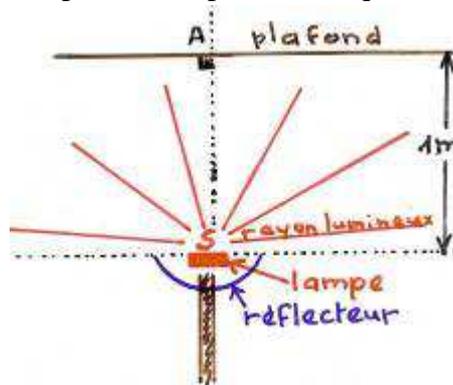
Le filament a pour longueur $\ell = 0,25 \text{ m}$ et son diamètre est $d = 0,1 \text{ mm}$.

- c- Calculer la température du filament lorsque la lampe est éclairée.
- d- Calculer la longueur d'onde du rayonnement émis en plus grande quantité.

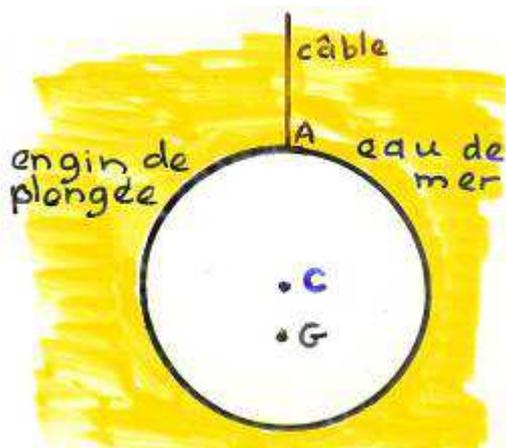
Se situe-t-il dans l'ultraviolet, l'infrarouge ou le visible ?

Cette lampe considérée comme une source ponctuelle S est utilisée dans un luminaire qui répartit uniformément la lumière dans le demi-espace supérieur (éclairage indirect).

- 3) a- Calculer l'intensité lumineuse caractérisant cette source.
- b- Calculer l'éclairement au point A du plafond tel qu'il est défini sur la figure.



Mécanique des fluides



Un engin de plongée sous-marine est assimilé à une sphère de volume $V = 3 \text{ m}^3$ et de masse $M = 5 \text{ tonnes}$.

Le centre de gravité G est sur la verticale passant par le centre géométrique C de la sphère

(G en dessous de C).

Un câble inextensible, dont la masse sera négligée, s'enroule sur le tambour d'un treuil fixé sur un bateau, le câble suit la verticale passant par C.

Il est fixé sur l'engin de plongée au point A.

Dans tout le problème l'engin est complètement immergé dans l'eau de mer dont la masse volumique est ρ .

Données :

$$\rho = 1030 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

L'accélération de la pesanteur, g , sera prise égale à $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Tous les frottements sont négligés.

Rappel : Tout corps complètement immergé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée verticale vers le haut, appliqué au centre de gravité du volume de fluide déplacé et dont l'intensité est égale au poids du volume de fluide déplacé.

- 1) Comment appelle-t-on cette poussée verticale ?
- 2) Faire le bilan des forces exercées sur la sphère : préciser leurs noms et leurs caractéristiques connues.
- 3) Calculer l'intensité de la force de tension du câble lorsque l'engin est en équilibre.

(suite) : **Mécanique**

A un instant que l'on considère comme origine des temps, on donne à la force de tension du câble, une intensité de 22000 N et en même temps on déclenche un chronomètre.

- 4) a- Montrer que l'engin ne peut plus être au repos.
- b- Quelles sont les caractéristiques de l'accélération de l'engin ?

Le mouvement de l'engin est le même que celui de son centre de gravité G.

c- Etablir dans le repère vertical G_0x , orienté vers le haut, dont l'origine des espaces est la position G_0 de G à l'instant $t = 0$:

- l'équation de la vitesse de G en fonction du temps t.
- l'équation horaire du mouvement de G.

Quel est la nature de ce mouvement ?

- d- A quel instant la vitesse sera-t-elle de 18 km.h^{-1} ?
- Quelle distance aura alors parcouru le point G ?

SCBH 1996

Chimie organique

Un chauffe-eau comporte un serpentin dans lequel circule un courant d'eau de débit $\delta = 20 \text{ L.min}^{-1}$. Le chauffage au propane utilise 480 L de gaz propane pour une durée de fonctionnement Δt de 7min.

La température de l'eau passe alors de la température $\theta_1 = 15^\circ\text{C}$ à la température $\theta_2 = 70^\circ\text{C}$.

Données :

Pouvoir calorifique du propane: 2200 kJ.mol^{-1} (Pc)

Volume molaire des gaz dans les conditions d'utilisation : 24 L.mol^{-1}

Masse volumique de l'eau liquide : $\rho = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

capacité thermique massique de l'eau : $C_{eau} = 4200 \text{ J.kg.K}^{-1}$

Etude chimique de la combustion

Le propane est un alcane de formule brute C_3H_8 .

- 1) En écrire la formule développée.
- 2) Ecrire l'équation bilan de sa combustion complète avec le dioxygène.
- 3) Calculer le volume de dioxygène nécessaire pour assurer 7 minutes de fonctionnement.
En déduire le volume d'air correspondant.

Etude thermique : **Calorimétrie**

- 1) Déterminer la quantité de chaleur reçue par l'eau en 1 minute.
- 2) Déterminer la quantité de chaleur fournie par la combustion du gaz en 1 minute.
- 3) a- Que représente la différence entre ces deux quantités de chaleur ?
b- Quel est le rendement du chauffe-eau ?
- 4) Quelle est la puissance utile du chauffe-eau ?

Mécanique

Sur un toit incliné d'un angle α par rapport au plan horizontal, un ouvrier pose son marteau en un point appelé A.

Celui-ci se met à glisser à partir du point A en suivant la ligne de plus grande pente AB.

Dans ce problème, on considèrera que le marteau, de masse M, est un solide ponctuel est confondu avec son centre d'inertie G.

Le but de ce problème est d'étudier le mouvement du centre d'inertie G de ce marteau.

On néglige les frottements au contact du toit et la résistance de l'air.

- 1) Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées au marteau et donner leurs caractéristiques.
(il est conseillé de s'aider d'un schéma)
- 2) Enoncer la relation fondamentale de la dynamique.
- 3) Montrer que le mouvement du marteau est un mouvement rectiligne uniformément accéléré.
Calculer la valeur de l'accélération.
- 4) Calculer la durée Δt_1 du parcours AB.

En réalité, on ne peut négliger les frottements du marteau sur le toit.

L'action du toit sur le marteau peut être représentée par une force \vec{R} constante qui a deux composantes :

- l'une parallèle au toit \vec{R}_t .
- l'autre normale au toit \vec{R}_n .

La durée du parcours est maintenant égale à Δt_2 .

- 1) Montrer que le mouvement du marteau reste un mouvement rectiligne uniformément varié.
- 2) Déterminer la valeur de la nouvelle accélération du mouvement.
- 3) Déterminer la valeur du module de la composante \vec{R}_t de la force \vec{R} .

Données :

Accélération de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

Longueur AB = 2 m

Masse du marteau $M = 800 \text{ g}$

$\alpha = 30^\circ$

$\Delta t_2 = 1,3 \text{ s}$

SCBH 1997

Acoustique

Dans un atelier, une machine tournante produit en un point A de l'espace un niveau sonore $L_1 = 81 \text{ dB}$.

- 1) Sachant que, pour une oreille moyenne, l'intensité de référence vaut $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$, déterminer I_1 en A et calculer la puissance sonore reçue par un tympan de surface 1 cm^2 placé en A.

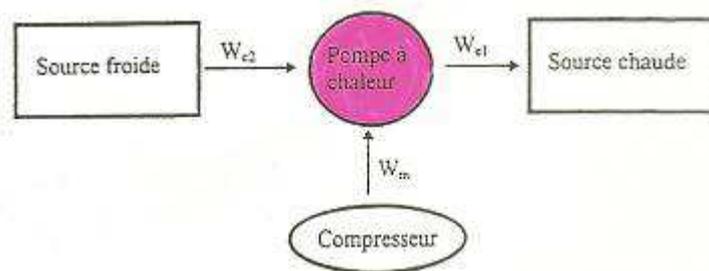
Une seconde machine produit en A un niveau $L_2 = 84 \text{ dB}$ à elle seule.

- 2) Calculer, pour le point A, le niveau acoustique L résultant lorsque les deux machines fonctionnent en même temps.

Pour une durée de travail journalière de 8 h, la législation impose $L_{\text{max}} = 85 \text{ dB}$.

- 3) a- La situation décrite en A₂ satisfait-elle à la législation ?
b- Dans le cas d'une réponse négative, proposer des solutions permettant la protection des personnes exposées.

Thermodynamique



La source froide est une nappe d'eau dans laquelle la pompe prélève l'énergie thermique Q_2 au cours de son fonctionnement.

L'énergie mécanique E_m est fournie par un compresseur au fluide de la pompe à chaleur au cours de son cycle de transformations.

Ce fluide se condense à la température de la source chaude qui est l'air du local à chauffer, en fournissant l'énergie thermique Q_1 à celui-ci.

- 1) La puissance électrique P, consommée par le compresseur étant $P = 1,5 \text{ kW}$ et son rendement $\eta = 0,85$ calculer l'énergie mécanique E_m fournie au fluide de la pompe à chaleur en une heure.

L'eau froide est prélevée à la température $T_2 = 288 \text{ K}$ et rejetée dans la nappe à la température $T_1 = 282 \text{ K}$. Son débit d est égale à $2,5 \text{ L.min}^{-1}$ et sa capacité thermique massique C égal à $4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

2) Déterminer l'énergie thermique Q_2 cédée par l'eau en une heure.

(masse volumique de l'eau : $\rho = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$)

3) Calculer l'énergie thermique Q_1 fournie au local à chauffer en une heure et en déduire la puissance thermique de la pompe à chaleur.

l'énergie Q_2 étant gratuite, l'utilisateur ne paie en réalité que E_m .

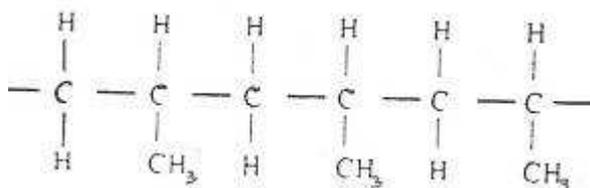
4) Calculer le coefficient d'efficacité (ou performance) de ce dispositif de chauffage.

SCBH 1998

Chimie organique

Etude du polypropène

Voici la représentation d'un fragment d'une macromolécule de polypropène (l'usage lui conserve son ancien nom : le polypropène P.P).



1) Identifier le motif de ce polymère.

2) Donner le nom du monomère dont il dérive.

3) Donner la formule développée de ce monomère.

4) Donner sa formule brute et vérifier que sa masse molaire moléculaire est de 42 g.mol^{-1} .

5) L'indice de polymérisation étant $n = 3000$, calculer la masse moléculaire du polymère.

Etude du polystyrène

Si on remplace dans le motif de la macromolécule du polypropylène le groupe $-\text{CH}_3$ par le groupe $-\text{C}_6\text{H}_5$, on obtient le polystyrène.

1) Donner la formule développée du monomère dont il dérive.

2) Donner le nom de ce monomère.

3) Donner sa formule brute.

Sachant que :

- L'indice moyen de polymérisation est $n = 5000$.

- La masse molaire moléculaire moyenne est $520000 \text{ g.mol}^{-1}$.

- Le polymère a même composition massique que le monomère.

- Les pourcentages massiques sont 92,3% pour le carbone et 7,7% pour l'hydrogène.

4) Retrouver les valeurs de x et de y de la formule C_xH_y du monomère.

Mécanique

Pour faire démarrer un moteur à essence entraînant une scie, on enroule une fine corde sur disque de rayon r , d'axe Δ et lié à l'arbre moteur.

L'opération consiste à tirer sur la corde d'une longueur AB en exerçant une force constante \vec{F} à son extrémité libre qui se trouve initialement au point A.

Données :

$$r = 5 \text{ cm}$$

$$F = 100 \text{ N}$$

$$AB = 80 \text{ cm}$$

Moment d'inertie J du disque par rapport à son axe Δ : $J = 0,2 \text{ kg.m}^2$



On note $W(\vec{F})$ le travail de la force \vec{F} au cours du déplacement AB.

1) a- Donner l'expression littérale de $W(\vec{F})$.

b- Calculer la valeur de $W(\vec{F})$.

Pour le déplacement de A en B de l'extrémité de la corde, le disque a tourné d'un angle α . La corde ne glisse pas sur la circonférence du disque et elle est inextensible.

2) a- Donner l'expression littérale de α en fonction de $|\overline{AB}|$ et de r.

b- Calculer sa valeur numérique.

3) Donner l'expression littérale de l'énergie cinétique d'un solide en rotation.

Dans une copie, un élève étourdi a cité de façon incorrecte le théorème de l'énergie cinétique ainsi :

« L'énergie cinétique d'un solide entre deux instants est égale à la somme algébrique des forces appliquées sur ce solide entre ces deux instants ».

4) Cette définition est-elle correcte ?

Sinon, énoncer correctement ce théorème.

5) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la vitesse angulaire ω_f du disque en fin d'opération.

6) En déduire la valeur de la vitesse V d'un point M de la circonférence du disque.

7) Calculer la puissance P mise en jeu dans cette opération.

SCBH 1999

Thermique

Documentation

Conductivité thermique du verre :

$$\lambda_{\text{verre}} = 1,16 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Conductance thermique surfacique :

Vitrage vertical simple, $U = 5,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ (vent de vitesse 2 m.s^{-1})

$$U = 7 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} \text{ (vent de vitesse } 15 \text{ m.s}^{-1}\text{)}$$

Double vitrage vertical : $U = 3,4 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ (lame d'air de 5 mm)

$$U = 3,2 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} \text{ (lame d'air de 8 mm)}$$

$$U = 3,1 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} \text{ (lame d'air de 10 mm)}$$

$$U = 3,0 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} \text{ (lame d'air de 12 mm)}$$

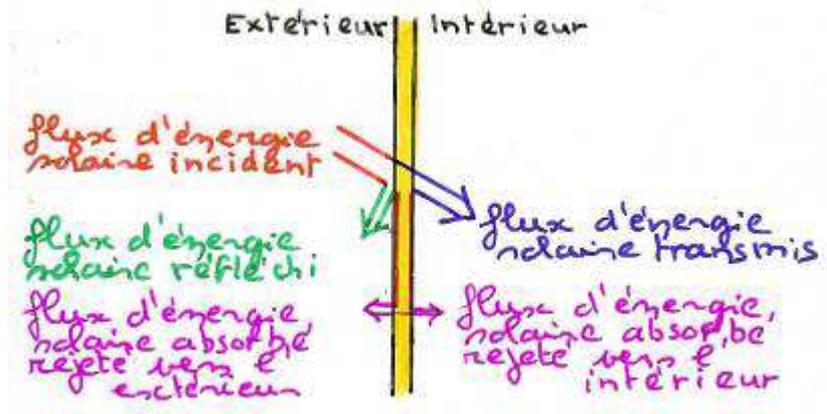
Ensemble d'une fenêtre, menuiserie sapin de 32 mm d'épaisseur $U = 2,4 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$)

munie d'un simple vitrage occupant 72% de la surface totale : $U = 5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

Facteur solaire d'un vitrage :

Rapport entre l'énergie totale entrant dans le local à travers le vitrage et l'énergie solaire incidente.

L'énergie totale est la somme de l'énergie solaire entrant par transmission directe, et de l'énergie cédée par le vitrage à l'ambiance intérieure à la suite de son échauffement par absorption énergétique.



Effet de serre

L'énergie solaire entrant dans un local à travers un vitrage est absorbée par les objets et parois intérieures qui, s'échauffent, réémettent des rayonnements thermiques situés principalement dans le lointain infrarouge ($\lambda > 5\mu\text{m}$).

Les vitrages, mêmes clairs, sont principalement opaques aux radiations de longueur d'onde supérieure à $5 \mu\text{m}$, l'énergie solaire entrant par les vitrages se trouve donc piégée dans le local qui a tendance à s'échauffer.

1) Le verre permet des transferts thermiques par deux moyens, lesquels ?

2) Montrer que l'on peut retrouver le coefficient de transmission utile d'un simple vitrage donné dans le texte $U = 5,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$, en prenant comme valeur de l'épaisseur $e = 6 \text{ mm}$ et comme coefficients d'échanges superficiels : $h_i = 9,1 \text{ W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$ et $h_e = 16,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$.

3) Calculer la puissance perdue à travers 1m^2 de simple vitrage lorsque la température à l'intérieur est 20°C et à l'extérieur 5°C .

Le texte nous montre que la valeur de U peut changer suivant la vitesse du vent.

4) Sur quel phénomène le vent influe-t-il ?

Pourquoi ?

Le document nous indique que pour une fenêtre avec sa menuiserie le coefficient U vaut $5 \text{ W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$ (valeur approchée) au lieu de $5,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$.

5) Retrouver l'ordre de grandeur de cette valeur avec les données du texte.

6) Pour quelle raison le double vitrage a-t-il de meilleures performances isolantes que le simple vitrage ?
Quel facteur essentiel influe sur ces performances.

Justifier.

Le verre laisse passer le rayonnement solaire mais cependant empêche les pertes thermiques d'une pièce par rayonnement.

7) Comment appelle-t-on ce phénomène ?

En hiver, on désire effectuer le bilan thermique d'une fenêtre de toit, qui éclaire une pièce située dans les combles d'un immeuble.

On suppose que le flux solaire est constant et égal à 250 W.m^{-2} et que 80% de ce rayonnement est effectivement piégé à l'intérieur de la pièce.

8) a- Calculer l'énergie solaire E_1 piégée dans la pièce pendant une durée d'ensoleillement constant de 8 heures.

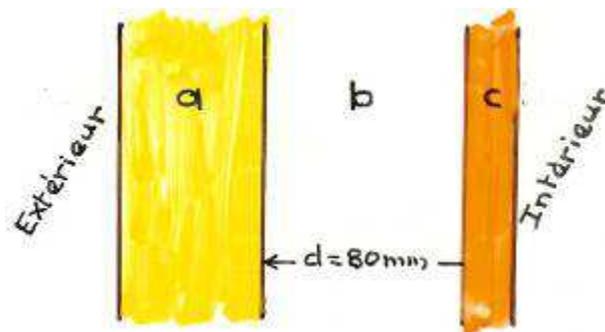
Cette fenêtre, de surface $S = 1 \text{ m}^2$, est constituée par un double vitrage dont la lame d'air a une épaisseur de 10 mm.

b- Calculer l'énergie E_2 perdue par conduction à travers la fenêtre durant une journée si on suppose que la différence de température entre intérieur et extérieur est constante et égale à 15°C .

c- Comparer E_1 et E_2 et conclure.

Acoustique

Les parois d'une maison à ossature bois sont constituées de la façon suivante :



(a) paroi extérieure de masse surfacique $\sigma_1 = 24 \text{ kg.m}^{-2}$

(b) laine de verre d'épaisseur $e_2 = 80 \text{ mm}$

(c) paroi intérieure d'épaisseur $e_3 = 12 \text{ mm}$ et de masse volumique $\rho_3 = 600 \text{ kg.m}^{-3}$

Cette double paroi se comporte comme un oscillateur mécanique de fréquence propre f_0 donnée par

la relation : $f_0 = 84 \sqrt{\frac{1}{d} \cdot \left(\frac{1}{\sigma_1} + \frac{1}{\sigma_3} \right)}$ exprimée en Hertz, où d représente la distance entre les 2 parois en mètre et où σ_1 et σ_3 sont les masses surfaciques en kg.m^{-2} .

- 1) Qu'appelle-t-on fréquence propre d'un oscillateur ?
 - 2) Calculer la masse surfacique σ_3 de la paroi intérieure.
 - 3) Calculer la valeur numérique de la fréquence propre f_0
- A l'extérieur de la maison, une source sonore produit un son audible de fréquence f .

4) Quelle est la nature du son ?

Dans quel intervalle se situent les fréquences audibles ?

5) Quel peut être l'effet d'un son sur la paroi ?

Le son à la fréquence f_0 calculée précédemment.

6) a- Quel phénomène particulier observe-t-on ?

b- Quelle est la conséquence sur la transmission du son à l'intérieur ?

Pour que l'isolation acoustique soit bonne il faut que la fréquence propre f_0 de la double paroi soit la plus faible possible.

7) Quelles solutions peut-on proposer pour avoir la meilleure isolation acoustique possible ?

SCBH 2000

Acoustique

Ondes et oscillations

Sur la notice d'un fabricant d'alarme électronique, on trouve certaines caractéristiques de la source sonore :

Puissance électrique absorbée : $P = 24,8 \text{ W}$

Niveau d'intensité acoustique à 1 m de la source : $L_1 = 116 \text{ dB}$

Fréquence du son émis : $f = 1860 \text{ Hz}$

La source sonore sera considéré comme ponctuelle et rayonnant uniformément dans tout l'espace. On supposera que le milieu de propagation est homogène et isotrope (air à 20°C) et que la propagation du son s'effectue sans amortissement (pas de transformation d'énergie mécanique en énergie thermique).

Donnée :

Vitesse de propagation du son dans l'air à 20°C : $C = 340 \text{ m.s}^{-1}$

- 1) Citer une propriété qui permet d'affirmer qu'un son est une onde élastique et non une onde électromagnétique.
- 2) Proposer une méthode expérimentale permettant de vérifier que ce son a une fréquence de 1860 Hz.
- 3) Que représente la longueur d'onde d'un son ?
- 4) Calculer la période et la longueur d'onde du son émis par l'alarme.
- 5) Vérifier que la puissance acoustique de la source est égale à 5,0 W.
- 6) En déduire :
 - a le rendement acoustique de la source.
 - b le niveau d'intensité acoustique en dB à 10,0 m de la source.

Le seuil d'audibilité à 1860 Hz correspond à un niveau d'intensité acoustique de 0 dB.

- 1) a- Calculer dans ces conditions la distance théorique à partir de laquelle ce son ne serait plus audible.
- b- Pour quelle(s) raison(s), cette valeur est-elle trop élevée par rapport à ce que l'on observe en réalité ?

Chimie organique

Documentation d'une chaudière à gaz (type S24) assurant l'alimentation d'un chauffage central et la production d'eau chaude sanitaire séparément.

Puissance : 24 kW

Capacité en eau : 15,4 L

Débit continu $\Delta T = 35 \text{ K}$, 9,4 L.min⁻¹

Débit maximal (10 minutes), 120 L

Débit butane, 2,05 kg.h⁻¹

Rendement sur PCI, 92,5%

Température de l'eau froide : 10°C

Température de l'eau chaude : 45°C

Eau de chauffage : 80°C, stockage : 60°C

Bien que distribuée à 45°C, l'eau chaude sanitaire est stockée dans un ballon de 80 L à la température $\theta = 60$ °C.

Autour du feu

1) Quel est le constituant majoritaire du gaz naturel ?

Il fait partie de la même famille chimique que le butane et le propane.

Comment s'appelle cette famille ?

Ecrire l'équation de combustion complète du butane C_4H_{10} et du propane C_3H_8 .

2) Déterminer le volume de dioxygène nécessaire par heure (on supposera la température $\theta = 20$ °C et la pression $P = 1$ atm) pour la combustion du butane dans la chaudière de type S24.

Compte tenu de vos connaissances sur la composition de l'air, calculer le volume d'air nécessaire.

Quelles sont les conséquences pratiques de ce résultat ?

Calorimétrie

Les tables donnent le pouvoir calorifique inférieur PCI du butane : $-2635 \text{ kJ.mol}^{-1}$.

Ce pouvoir calorifique est la quantité d'énergie libérée par la combustion d'une mole de butane, l'eau obtenue étant en vapeur.

3) Calculer la quantité de chaleur dégagée par la combustion du butane en 1 heure.

En déduire la puissance fournie par la réaction de combustion.

4) Définir ce que l'on appelle le rendement de la chaudière.

À l'aide des données du constructeur pour la chaudière de type S24, vérifier qu'avec le rendement indiqué la puissance réelle est bien de 24 kW.

Que devient la puissance perdue ?

5) À l'aide du tableau, déterminer la puissance nécessaire à la fourniture d'eau chaude sanitaire pour un débit continu, pour la chaudière de type S24.

Quelle est la part restant alors disponible pour le circuit de chauffage ?

Le constructeur indique qu'il est possible de fournir un volume $V = 120$ L pendant une durée

$\Delta t = 10$ minutes au maximum.

6) Calculer la puissance nécessaire pour cette opération et la comparer à la puissance de la chaudière ?

Comment cela est-il possible ?

Dans le cas des chaudières à condensation, l'eau vapeur produite par la combustion est liquéfiée et l'on récupère l'énergie due à la liquéfaction (ou condensation) de la vapeur d'eau.

On définit alors un pouvoir calorifique supérieur PCS.

7) Montrer que la quantité de vapeur d'eau obtenue provenant de la combustion de 1 mole de butane est égale à 90 g.

8) Calculer l'énergie libérée par la condensation de l'eau provenant de la combustion de 1 mole de butane et montrer que le PCS est supérieur d'environ 8% au PCI.

Quel est l'avantage des chaudières à condensation ?

Données :

Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

chaleur Latente massique de vaporisation de l'eau : $L_v = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J.kg}^{-1}$

Volume molaire des gaz à 20°C : $V_m = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}$

SCBH 2001

Mécanique des fluides

Une montgolfière est constituée d'un ballon sphérique de volume $V = 2145 \text{ m}^3$ ouvert vers le bas, donc en communication avec l'atmosphère, et d'une nacelle avec son équipement.

Le volume V du ballon sera supposé constant.

Un brûleur permet de réchauffer l'air à l'intérieur du ballon et de le maintenir à la température souhaitée.

La masse volumique de l'air dans les conditions normales de pression et de température est :

$\rho_0 = 1,29 \text{ kg.m}^{-3}$ à la température $T_0 = 273 \text{ K}$ et à la pression $P_0 = 1 \text{ atm} = 1013 \text{ hPa}$

Rappels

La masse volumique ρ d'un gaz à la pression P et la température T est reliée à sa masse

volumique ρ_0 à la pression P_0 et à la température T_0 par $\rho = \rho_0 \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}$

La valeur de l'accélération de la pesanteur g : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Tous les résultats numériques seront donnés avec 3 chiffres significatifs.

La montgolfière est au sol, prête à partir.

La température extérieure est $\theta_e = 17,0^\circ\text{C}$ et on chauffe l'air intérieur à la température $\theta_i = 35,0^\circ\text{C}$.

La pression atmosphérique au sol est P_0 .

1) Calculer l'intensité F_p du poids de l'air enfermé dans le ballon. Préciser la direction et le sens du vecteur \vec{F}_p représentatif de ce poids.

2) Préciser la direction et le sens du vecteur \vec{F}_a représentatif de la poussée d'Archimède sur le ballon. Vérifier que son intensité F_a est égale à $2,58 \cdot 10^4 \text{ N}$.

On appelle masse limite soulevable, M_m , la masse maximale qui pourra être soulevée quand on supprime les liens avec le sol (enveloppe du ballon, nacelle, équipement, passager(s) éventuel(s)).

3) Déduire la valeur de M_m des deux questions précédentes.

(suite) Mécanique

Etude du mouvement d'ascension de la montgolfière.

On s'intéresse maintenant au mouvement d'ascension verticale de la montgolfière.

On suppose que, quittant le sol à vitesse initiale nulle, elle s'élève verticalement dans l'atmosphère.

On négligera en première étude les variations de pression, de température de l'air à l'intérieur du ballon ($\theta_i = 35,0^\circ\text{C}$) ainsi que celle de l'accélération de la pesanteur qui conservera la valeur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

La température extérieure est elle aussi constante et conserve la même valeur qu'au sol $\theta_e = 17,0^\circ\text{C}$.

Ces conditions sont supposées valables tant que l'altitude atteinte est inférieure à $Z_m = 300 \text{ m}$.

Dans ce mouvement ascensionnel, la montgolfière est soumise aux forces suivantes :

- Le poids \vec{F}_p de l'air à l'intérieur (masse M_p) de l'enveloppe,
- La poussée d'Archimède : \vec{F}_a ,
- Le poids $\vec{\Pi}$ de l'ensemble des équipements (nacelle, enveloppe, passager...) dont la masse totale est $M = 130 \text{ kg}$,
- Une force \vec{F}_r de frottements de l'air sur la montgolfière, verticale et dirigée vers le sol, d'intensité proportionnelle au carré de la vitesse de la Montgolfière $F_r(t) = k V^2(t)$, k étant une constante, $k = 60,0 \text{ S.I}$ et $V(t)$ étant la valeur algébrique de la vitesse de la montgolfière à l'instant t , mesurée selon la verticale ascendante Oz .

Le mouvement est étudié selon un axe vertical Oz , de vecteur unitaire \vec{i} , l'origine O étant au sol.

L'origine des temps $t = 0$, est prise à l'instant où la montgolfière quitte le sol.

1) Ecrire sous forme vectorielle, la relation fondamentale de la dynamique pour le mouvement du centre de masse de la montgolfière.

On précisera la signification de toutes les grandeurs apparaissant dans cette équation.

2) Que donne la projection de la relation précédente selon l'axe Oz ?

L'équation précédente se met sous la forme d'une équation différentielle :

$$\frac{dv(t)}{dt} + A.v^2(t) = B, \text{ où } \frac{dv(t)}{dt} \text{ est la dérivée de la vitesse par rapport au temps } t$$

A et B sont des constantes.

Pour la suite du problème, on prendra : $A = 23,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ et $B = 86,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

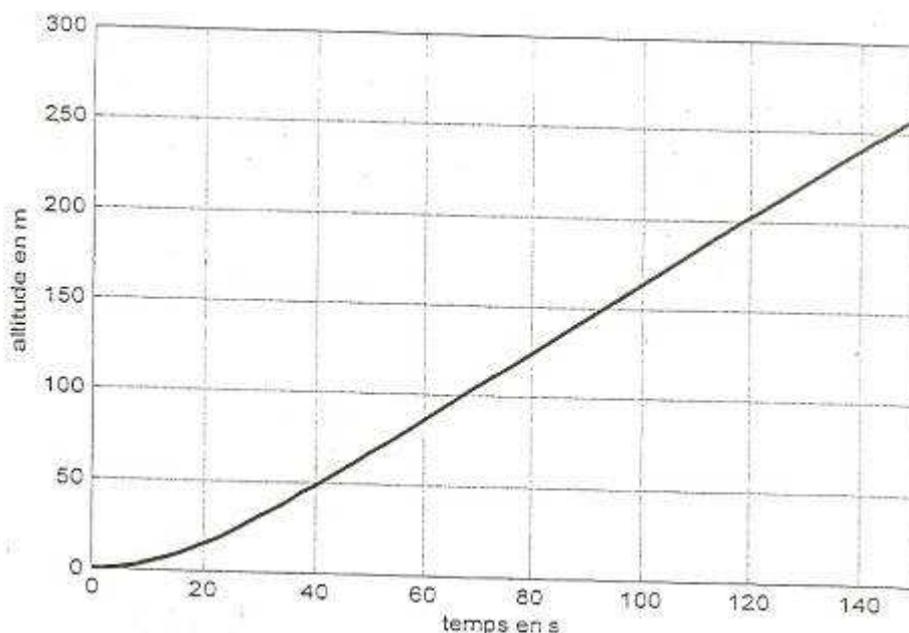
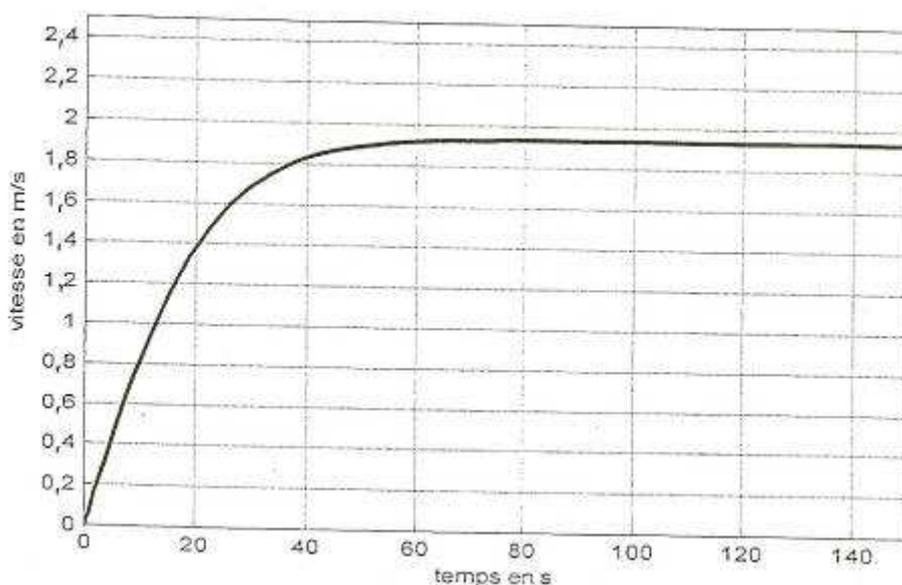
L'équation différentielle précédente peut être résolue analytiquement.

On montre alors que la vitesse tend vers une valeur limite constante V_L .

3) Exprimer la valeur de cette vitesse limite en fonction de A et B.

Application numérique : calculer V_L numériquement.

Les graphes d'évolution de la vitesse $V(t)$ et de l'altitude $z(t)$ résultant de mesures réalisées toutes les 5 secondes avec des appareils embarqués, sont les suivants :



4) a- L'examen des graphes est-il en accord avec le modèle proposé précédemment.

Pourquoi ?

b- Dans l'intervalle de temps $0 < t < 15 \text{ s}$, le graphe de $V(t)$ permet-il de caractériser le mouvement de la montgolfière ?

Quelle est approximativement la valeur de son accélération.

c- Déterminer le temps t_1 mis par la montgolfière pour, que partant du sol, sa vitesse atteigne la valeur $0,95 V_L$.

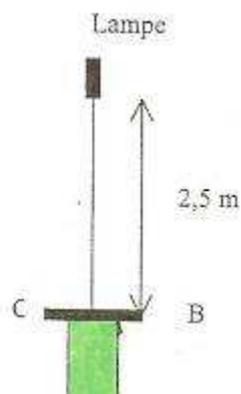
d- Déterminer l'altitude correspondante Z_1 .

e- Quelle est la valeur de l'énergie mécanique de la montgolfière à cette altitude Z_1 ?

(le niveau du sol, $Z = 0$, est choisi comme référence de l'énergie potentielle)

Quelle était l'énergie mécanique au niveau du sol ?
f- Y-a-t-il eu conservation de l'énergie mécanique ? Pourquoi ?

Photométrie

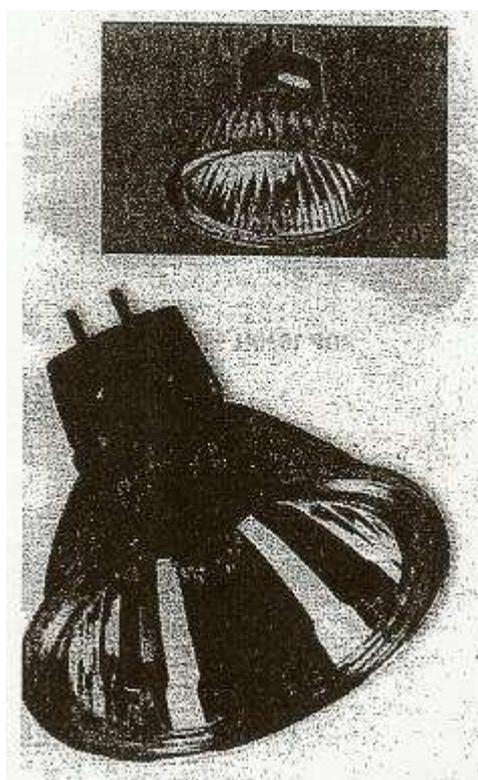


On s'intéresse à l'éclairage d'une table de travail (table ronde de diamètre 1,7m) réalisée avec une suspension équipée d'une lampe dichro 7 xénon.

Lampe réflecteur, à faisceau froid, fermée par une glace transparente, plane, traitée anti-reflet et équipée d'un brûleur halogène au xénon.

Caractéristiques :

- $T_c = 3000 \text{ K}$.
- durée de vie moyenne = 4000 h.
- conforme à la recommandation de l'A.F.E pour l'éclairage des musées, car l'émission d'UV est inférieure à $75 \mu\text{W}\cdot\text{lm}^{-1}$.
- jusqu'à 65% d'intensité lumineuse en plus par rapport à une dichro standard.
- culot métallique GU 5,3 – plus de sécurité par la séparation de la tenue mécanique et de l'alimentation électrique de la lampe – encore moins de lumière à l'arrière.
- réduction de 30% du volume de l'emballage.



Puissance (W)	Angle (°)	I_{maximale} (cd)
20	10	6500
20	24	1700
20	38	800
20	60	350
35	10	11000
35	24	3500
35	38	1600
35	60	700
50	10	15000
50	24	5000
50	38	2300
50	60	1100

Températures maximales admissibles :

-240°C au bord du réflecteur.

-250°C au réflecteur.

-350°C au pincement.

-300°C au contacts.

Distance de sécurité : 0,5 m.

L'éclairage du plan de travail doit être entre 300 lux et 400 lux.

Le constructeur propose ces ampoules avec quatre valeurs pour l'angle au sommet du cône de lumière : 10°, 24°, 38°, 60°.

1) Sachant que la lampe est à 2,5 m du plan à éclairer, montrer que le choix d'une ampoule 38° permet d'éclairer toute la table.

2) En admettant que la valeur de I_{\max} donnée dans la documentation corresponde à l'intensité lumineuse uniforme dans le cône de lumière, calculer l'éclairement E_C du plan de travail à la verticale de la suspension pour chacune des 3 puissances proposées.

Choisir la puissance de la lampe qui satisfait aux conditions sur l'éclairement.

3) Calculer l'éclairement E_B du bord de la table avec l'ampoule choisie.

4) Calculer l'angle solide du faisceau d'une lampe sachant que pour un cône de révolution de demi-angle au sommet α l'angle solide est $\Omega = 2\pi (1 - \cos \alpha)$ et en déduire le flux lumineux total émis par une lampe.

On définit le facteur de conversion de la lampe comme le rapport :

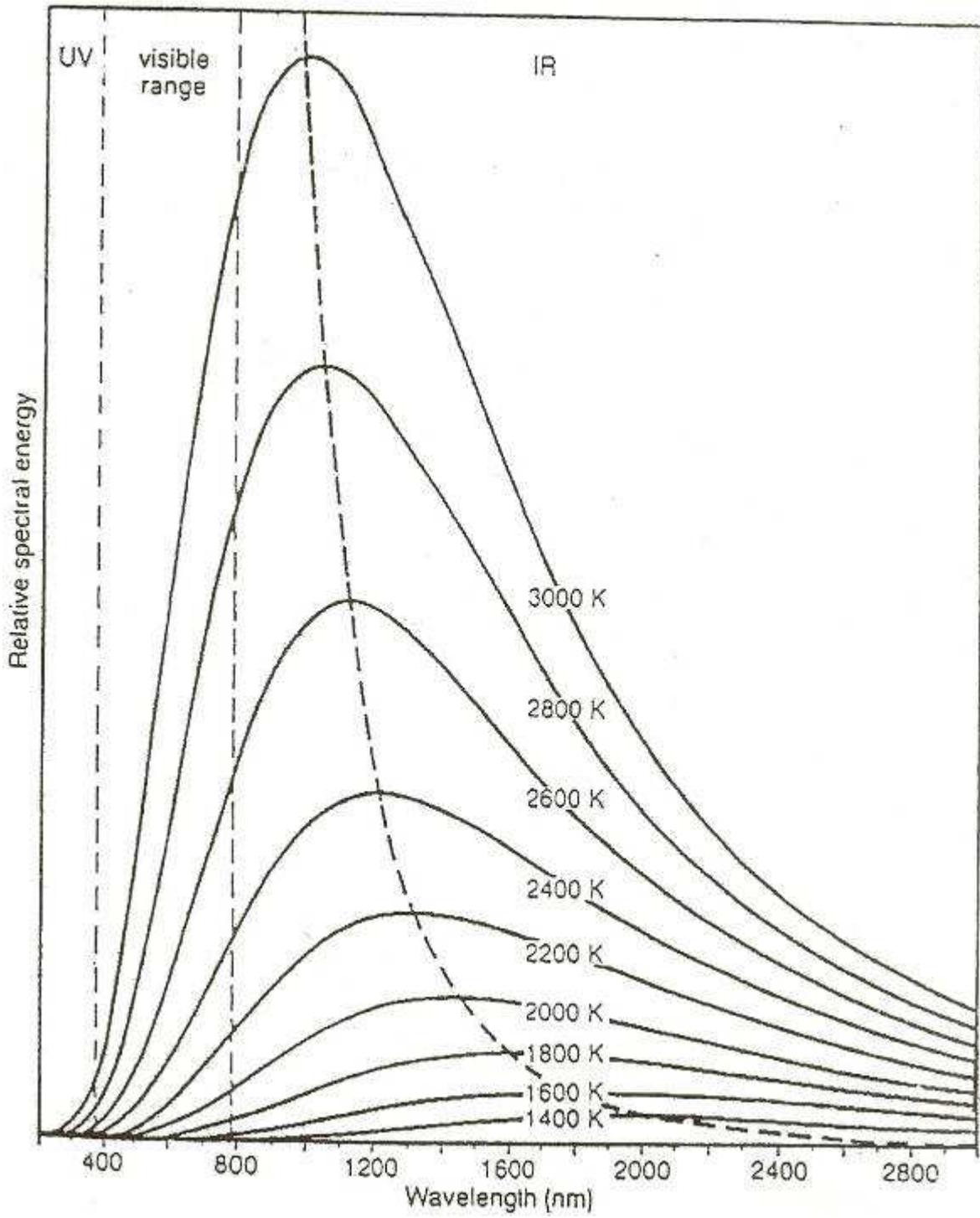
$$r = \frac{\text{flux lumineux émis}}{\text{puissance électrique reçue}}$$

5) Calculer r (en lm.W^{-1}).

La température du filament correspond à la température de couleur T_c .

6) En s'aidant du graphique, dire si cette lampe émet toutes les radiations du visible ?

Assure-t-elle un bon rendu des couleurs ?



SCBH 2002

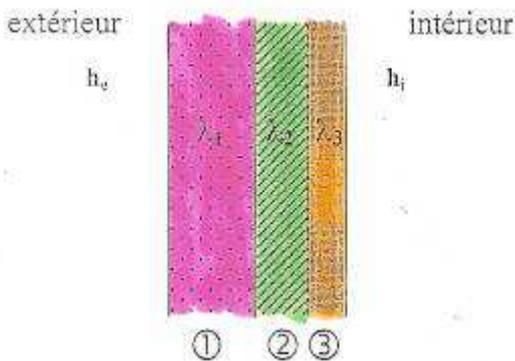
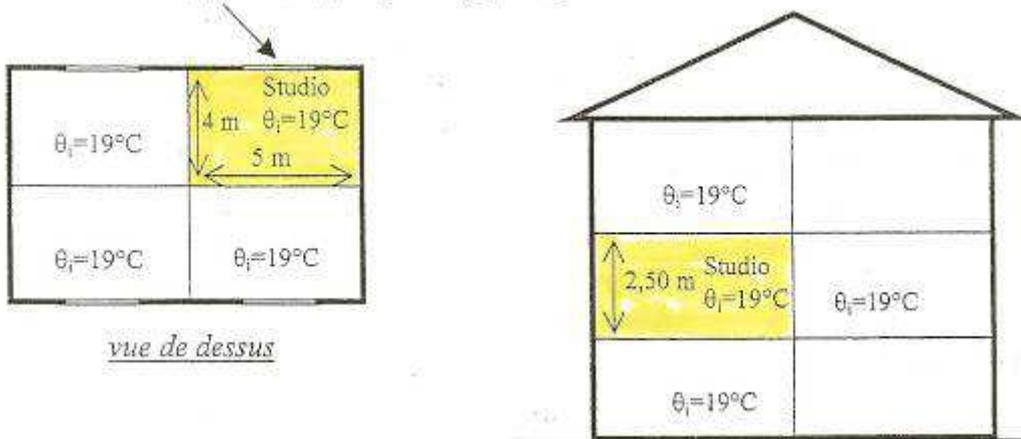
Thermique. Rayonnement

On souhaite réaliser le dimensionnement d'une installation de chauffage par panneaux rayonnants. Le local considéré est un studio (hauteur : 2,5 m ; surface au sol : 4 m × 5 m) qui comporte deux façades en contact avec l'extérieur, dont l'une comporte une fenêtre.

Les appartements adjacents au studio sont à la même température θ_i (19°C) que celui-ci.

Les dimensions utiles et la composition des parois extérieures sont précisées sur les figures ci-dessous, la température extérieure est $\theta_e = 5^\circ\text{C}$.

Fenêtre : (1,30 × 1,20), simple vitrage, sans fermeture



- 1 : béton $e_1 = 15 \text{ cm}$
- 2 : laine de roche $e_2 = 5 \text{ cm}$
- 3 : plâtre ($\rho = 750 \text{ kg.m}^{-3}$) $e_3 = 1 \text{ cm}$

Données :

Conductances thermiques surfaciques superficielles intérieure et extérieure :

$$h_i = 9,1 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} \text{ et } h_e = 16,5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

Conductivités thermiques λ et masse volumique ρ des matériaux usuels :

Matériaux	ρ (kg.m^{-3})	λ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)	Matériaux	ρ (kg.m^{-3})	λ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
Argent	10500	420	Panneaux de particules bois	360	0,10
Aluminium	2700	230		à 750	à 0,17
Cuivre	8930	380	Verre	2700	1,10
Plomb	11340	35	Laine de roche	100	0,039
Pierre lourde	2600	≈ 2,8	Laine de verre	12	0,036
Terre cuite	1900	1,15		à 60	à 0,044
Béton	2300	1,75	Polystyrène	9	0,046
Béton cellulaire	500	0,20		à 40	à 0,031
Plâtre	750	0,35	Mousse PVC	35	0,033
	à 1300	à 0,50	Mousse de polyuréthane	30	
Bois chêne	650	0,23		à 40	0,030
Sapin	500	0,15			

Conductances thermiques surfaciques U , moyens, jour-nuit pour les fenêtres et portes-fenêtres en bois :

Type de vitrage	Epaisseur lame d'air (mm)	U ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)		
		Sans fermeture	Avec volets ajourés	Volets pleins ou roulants
Simple vitrage		4,25	3,90	3,50
Double vitrage	6	2,90	2,75	2,45
	8	2,80	2,65	2,40
	10	2,75	2,60	2,35
	12	2,65	2,50	2,25
Double fenêtre		2,35	2,25	2,05

Règles de conception

P : puissance de chauffage (W)

D : déperditions (W)

V : volume du local (m^3)

MI ; maison individuelle

LC : logement collectif

Type	Dimensionnement
Panneau rayonnant	$P = D + 10 \cdot V$ (MI) $P = D + 15 \cdot V$ (LC)
Radiateur chaleur douce	$P = D + 10 \cdot V$ (MI) $P = D + 15 \cdot V$ (LC)
Radiateur à inertie	$P = D + 10 \cdot V$ (MI) $P = D + 15 \cdot V$ (LC)
Plafond chauffant électrique	$P = 1,2 \cdot D$
Mixte	$P_b = 1,2 \cdot D$ $P_a = 0,6 \cdot D + 10 \cdot V$
Plancher chauffant / rafraîchissant	$P = 1,2 \cdot D$

A- Calcul des déperditions par les parois extérieures

Dans tous les problèmes, on ne tiendra pas compte des pertes linéiques (ponts thermiques).

Les coefficients de transferts thermiques de surface, h_e (échange paroi extérieure - air extérieur) et h_i (échange paroi intérieure - air intérieur) sont également appelés coefficients d'échanges radioconvectifs.

- 1) Quels sont les modes de transfert thermiques principaux pris en compte dans ces grandeurs ?
- 2) Exprimer littéralement puis calculer numériquement le coefficient de transmission thermique correspondant aux parois en contact avec l'extérieur.
- 3) Déterminer la valeur la résistance thermique surfacique r_p de l'ensemble des deux parois en contact avec l'extérieur.
- 4) Exprimer littéralement puis calculer :
 - a- la densité de flux thermique ϕ_p au travers des parois en contact avec l'extérieur.
 - b- la densité de flux thermique ϕ_f au travers de la fenêtre.
- 5) Déterminer les deux flux thermiques traversant les parois en contact avec l'extérieur et la fenêtre du studio.

En déduire les déperditions thermiques totales D par les façades (parois + fenêtres) extérieures.

B- Etude du chauffage par rayonnement

On étudie, dans cette partie, le chauffage par un panneau rayonnant.

Dans toute cette partie on considérera que le panneau rayonnant est un **corps noir**.

- 1) Quelle est la principale différence, en ce qui concerne le milieu de propagation, entre les transferts par rayonnement et les autres modes de transfert de la chaleur ?
Pour connaître la puissance de chauffage nécessaire, on utilise des règles de conception permettant le dimensionnement de l'installation.
- 2) Calculer la puissance du panneau rayonnant à installer dans le studio (logement collectif), les déperditions étant évaluées à 281 W.

Ce panneau a pour dimensions : longueur $L = 1$ m et hauteur $h = 50$ cm.

3) Calculer sa température sachant que seulement 30% de la puissance fournie par le panneau est émise par rayonnement.

Mécanique

Il s'agit de comparer les performances d'un clouage manuel et celles du cloueur pneumatique.

A- Clouage au marteau

La tête d'un marteau de masse m décrit, dans un plan vertical, un arc de cercle de centre O et de rayon r pour venir frapper le clou.

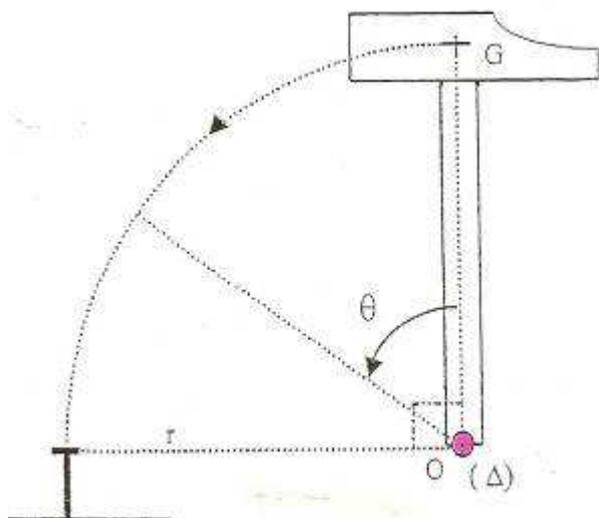
La position initiale du centre de masse G du marteau est à la verticale du point O , dans le plan de figure : $OG = r$.

On néglige tout frottement et on considère que l'ensemble des actions mécaniques (*poinds, opérateur*) s'exerçant sur le marteau possède un moment M_{Δ} , par rapport à l'axe de rotation Δ du marteau, constant et égal à $M_{\Delta} = 18,0$ N.m.

Cet axe Δ est perpendiculaire en O au plan de figure, à l'extrémité inférieure du manche du marteau.

A l'instant $t = 0$, le marteau est dans la position de la figure et sa vitesse est nulle.

Le moment d'inertie J du marteau par rapport à l'axe Δ sera prise à $J = 90,0 \cdot 10^{-3}$ kg.m².



Données :

Masse du marteau : $m = 300$ g

Rayon de la trajectoire : $r = 50,0$ cm

Accélération de la pesanteur : $g = 9,81$ m.s⁻²

1) Mouvement de rotation du marteau :

a- Exprimer l'accélération angulaire du marteau en fonction de M_{Δ} et J .

Vérifier que sa valeur est : 200 rad.s⁻².

b- En déduire la nature du mouvement du marteau.

2) Ecrire l'équation horaire angulaire du mouvement, $\theta = f(t)$, puis calculer numériquement la durée jusqu'à l'impact avec le clou.

(On choisira comme origine des angles, l'axe vertical passant par O ; θ étant orienté dans le sens trigonométrique direct. On supposera que la position finale correspond à $\theta = \frac{\pi}{2}$)

3) Calculer numériquement la vitesse angulaire à la fin du mouvement, lorsque le marteau frappe le clou.

Montrer que la vitesse linéaire du centre de masse du marteau au moment de l'impact est alors de $12,5$ m.s⁻¹.

4) quelle est l'énergie cinétique du marteau au moment de l'impact ?

5) a- En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, déterminer le travail W_e des forces extérieures pendant le déplacement.

b- Quel est, au cours du déplacement, le travail W_m du poids du marteau, son centre de masse se situant en fin de déplacement, à la verticale du clou et à 3 cm de la surface de frappe.

c- En déduire le travail W_u fourni par l'utilisateur.

6) Déterminer la puissance moyenne développée par l'utilisateur à chaque coup de marteau s'il donne un coup par seconde.

B- Cloueur à gaz

1) Quelle est la puissance moyenne fournie par le cloueur pendant une seconde ?

La masse du piston du cloueur est de 90 g.

2) Quelle est la vitesse du piston lors de l'impact ?

3) Quelle est la force de poussée sur le piston, si on la suppose constante pendant tout son déplacement de 20 mm ?

cloueurs à gaz

avantages

- Cadence de fixation :
 - 2 tampons par seconde.
- Autonomie gaz :
 - 1000 tampons/cartouches.
 - Batterie 3000 fixations.
 - Chargeur 40 fixations en bande.
- Réglage de puissance automatique.
- Entretien limité.



cloueur à gaz	masse (kg)	énergie d'impact (J)	énergie cartouche de gaz (sans CFC)
 PULSA 1000 PULSA 1000E	 3.9	77	

SCBH 2003

Acoustique

A- Nuisance sonore

Une usine bruyante est assimilée pour simplifier à une source sonore ponctuelle émettant des ondes sonores sphériques, de niveau de puissance $L_w = 100$ dB.

On suppose pour simplifier que le son émis se propage de manière identique dans toutes les directions de l'espace.

Une habitation est située à une distance $d = 20$ m de cette usine.

- 1) Calculer la puissance acoustique P émise par la source.
- 2) Exprimer l'intensité sonore I à distance d de la source en fonction de P et de d .
En déduire la valeur numérique de I au niveau de l'habitation.
Si l'habitation était située à distance $2d$, quelle serait la nouvelle valeur de l'intensité à son voisinage ?
- 3) En déduire le niveau sonore L_1 à proximité directe de l'habitation.
Est-ce tolérable ?
Comparer à des niveaux sonores connus.
- 4) La vitesse de propagation du son dans l'air étant approximativement $v = 340$ m.s⁻¹, calculer, pour un son pur de fréquence $f_1 = 400$ Hz, sa longueur d'onde dans l'air.

B- Isolation acoustique d'un vitrage.

On s'intéresse au phénomène de transmission du son par les ouvertures de l'habitation.

On admet que le bruit généré par l'usine pénètre dans l'habitation uniquement par la baie vitrée de grandes dimensions (2m × 3m) faisant face à l'usine et qui reçoit les ondes émises.

On néglige l'influence des autres parois dans la transmission du son de l'extérieur vers l'intérieur.

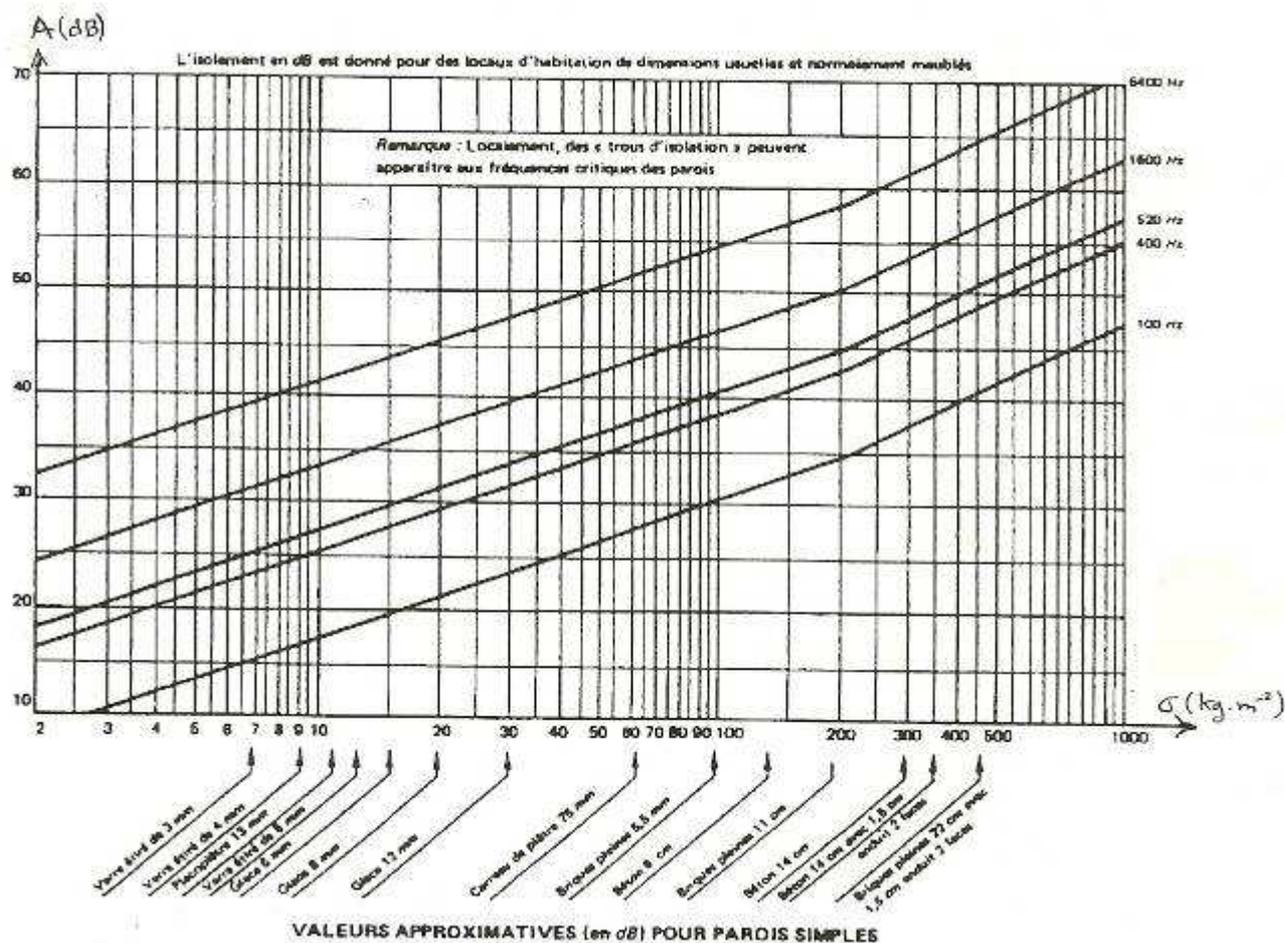
Il n'y a pas d'autres sources de bruit.

L'indice d'affaiblissement acoustique brut A d'une paroi est défini par $A = L_1 - L_2$.

L_1 étant le niveau sonore en amont de la paroi (extérieur) et L_2 le niveau sonore en aval de la paroi (intérieur de l'habitation), le son se propageant de l'amont vers l'aval.

B₁ La fenêtre est équipée d'un simple vitrage

L'indice d'affaiblissement A d'une paroi simple est, en première approximation, donné par la *loi de masse* pour des fréquences supérieures à la fréquence de résonance de la paroi.



A , dépend du matériau constituant la paroi, et de la fréquence des sons transmis.

Cette *loi de masse* est représentée graphiquement sur le document ci-dessus pour cinq valeurs de la fréquence dans le domaine audible (la masse surfacique σ étant en abscisses).

1) Si les dimensions de la fenêtre étaient plus petites (de l'ordre de 0,80 m × 0,80 m par exemple), quel autre phénomène lié à la nature ondulatoire du son serait susceptible d'intervenir ?

Pourquoi ?

2) Calculer la masse surfacique d'un vitrage d'épaisseur 4 mm et celle d'un vitrage d'épaisseur 8 mm.

Préciser les unités.

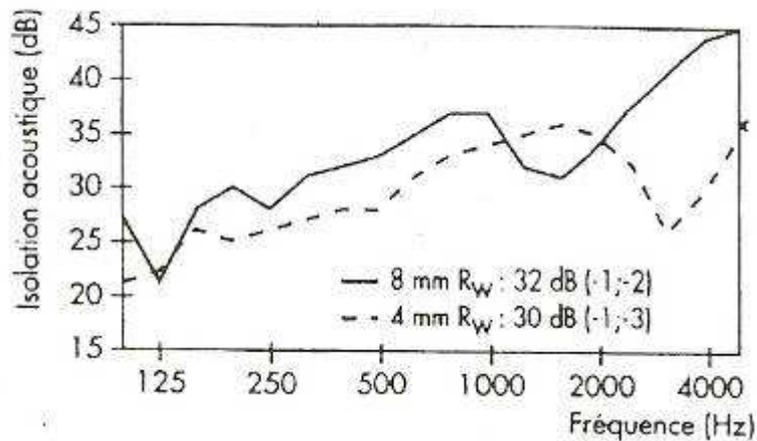
(On donne la masse volumique du verre : $\rho = 2500 \text{ kg.m}^{-3}$)

3) Déterminer à l'aide du graphique représentatif de la loi de masse, en utilisant les valeurs de σ précédentes, l'indice d'affaiblissement A à la fréquence $f_1 = 400 \text{ Hz}$ pour des simples vitrages d'épaisseurs 4 mm et 8 mm.

4) En considérant que la nuisance sonore peut être assimilée à un son pur de fréquence $f_1 = 400 \text{ Hz}$ entraînant un niveau d'intensité sonore $L_1 = 63 \text{ dB}$, au voisinage proche de la maison, déduire les valeurs des niveaux L_2 à l'intérieur de l'habitation pour les deux épaisseurs de verre considérées.

5) Comparer ces deux valeurs de l'indice d'affaiblissement A à celles du document suivant pour un simple vitrage de 4 mm et 8 mm.

Y-a-t'il concordance ?



B₂ Fréquence de résonance et fréquence critique

En réalité, il existe deux fréquences, correspondant à deux modes de vibration de la paroi, pour lesquelles le son est beaucoup mieux transmis par le vitrage :

- La fréquence de résonance située en générale vers les basses fréquences.
- La fréquence critique f_c ou première fréquence de coïncidence située vers les hautes fréquences.

Ce « trou » dans l'isolation phonique dû à la fréquence critique peut se révéler très gênant.

Cette fréquence critique est donnée par la formule :

$$f_c = \frac{v^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m_s}{B}}$$

Dans cette formule :

- $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$, est la célérité du son dans l'air à la température ambiante.
- m_s est la masse surfacique de la paroi (ici le vitrage).
- B est un coefficient qui dépend de l'épaisseur e de la paroi.

Il est proportionnel au cube de l'épaisseur du matériau : $B = k.e^3$, avec $k = 5,28.10^9 \text{ S.I}$ pour le verre, e étant l'épaisseur de la paroi en mètre.

1) Si, dans cette formule, les différentes grandeurs sont exprimées selon les unités S.I, quelle sera l'unité du coefficient k ?

2) Calculer la fréquence critique f_c pour un vitrage simple de 4 mm et 8 mm.

3) Comparer ces valeurs à celles de la documentation pour un vitrage simple de 4 mm et 8 mm.

Si l'on augmente l'épaisseur de la vitre, on peut espérer augmenter D .

4) Comment évolue alors la fréquence critique ?

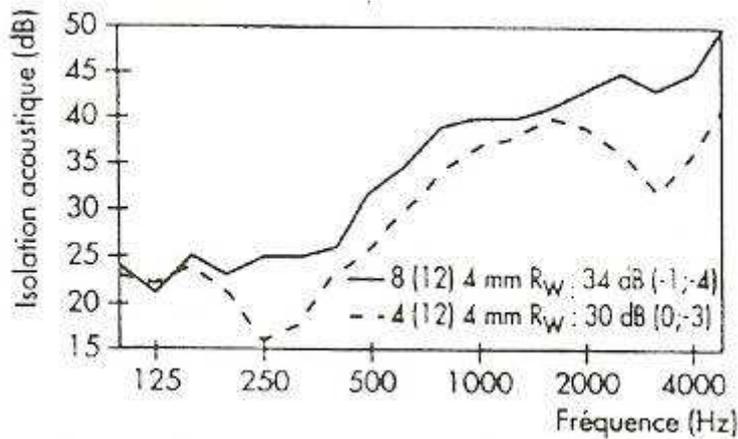
Commenter.

B₃ La fenêtre est équipée d'un double vitrage

En première analyse l'indice d'affaiblissement devrait être augmenté, mais il n'en demeure rien, car les deux vitres se comportent comme des oscillateurs couplés.

Les fréquences de résonance du double vitrage sont généralement plus élevées que celle d'un simple vitrage ; elles peuvent donc devenir gênantes.

1) Si la nuisance sonore peut être assimilée à un son pur de fréquence $f_1 = 400 \text{ Hz}$ entraînant un niveau d'intensité sonore $L_1 = 63 \text{ dB}$ au voisinage extérieur de l'habitation, déterminer les valeurs des affaiblissements produits par un simple vitrage de 4 mm et par un double vitrage [4 – 12 – 4] en utilisant la documentation.



2) En déduire les niveaux L_2 à l'intérieur dans ces deux cas.

Conclusions ?

Mécanique

Mouvement d'une lame de scie circulaire.

La lame de scie circulaire est entraînée par un moteur électrique.

On assimilera la lame à un disque de masse $m = 230$ g et de rayon $R = 12$ cm qui tourne autour de son axe.

On donne l'expression du moment d'inertie du disque par rapport à son axe : $J = (1/2) mR^2$.

Partie 1 : Rotation de la lame.

La lame est animée d'un mouvement de rotation uniforme grâce au moteur qui lui fournit une puissance $P_u = 1400$ Watts.

La vitesse de rotation de la lame est $n = 2500$ tr.min⁻¹

1) Calculer en rad.s⁻¹, la vitesse angulaire ω de la lame.

Citer un dispositif permettant de mesurer la vitesse angulaire d'un système mécanique en rotation autour d'un axe en donnant brièvement le principe.

2) Calculer la vitesse v d'un point de la périphérie de la lame.

3) Calculer le moment T_u du couple moteur.

4) Le rendement énergétique du moteur étant égal à 0,9, que vaut la puissance électrique P_e absorbée par ce moteur ?

Partie 2 : Phase de ralentissement de la lame.

La lame tournant à vide, à la vitesse $n_0 = 3755$ tr.min⁻¹, on coupe l'alimentation du moteur et on enregistre l'évolution de la vitesse et de la position angulaire de la lame au cours du temps (figures 1 et 2).

La position origine est celle de la lame à l'instant où on coupe l'alimentation.

L'arbre supportant la lame est soumis à deux couples résistants :

- un couple de frottements solides de moment de module constant T_r
- un couple de frottements fluides dû à la résistance de l'air de moment T_f ; le module de ce moment est proportionnel au carré de la vitesse angulaire : $|T_f| = k \cdot \omega^2$

1) Ecrire l'équation fondamentale de la dynamique pour la rotation du disque au cours de cette phase.

2) D'après les enregistrements des figures 1 et 2, quelle est la durée approximative de cette phase de ralentissement ?

Combien la lame fait-elle de tours avant de s'arrêter ?

Lorsque la vitesse devient suffisamment faible, l'effet de la résistance de l'air est négligeable.

3) Montrer alors que, dans ce cas, la vitesse angulaire peut s'écrire $\omega = -a t + b$ où a est une constante positive.

On donnera l'expression de a en fonction de T_r et J .

4) Vérifier, avec l'aide de la figure 2, que $T_r = 2 \cdot 10^{-3}$ N.m.

5) Calculer le travail W_r , de ce couple de frottement solide pendant toute la phase de ralentissement du disque.

figure 1

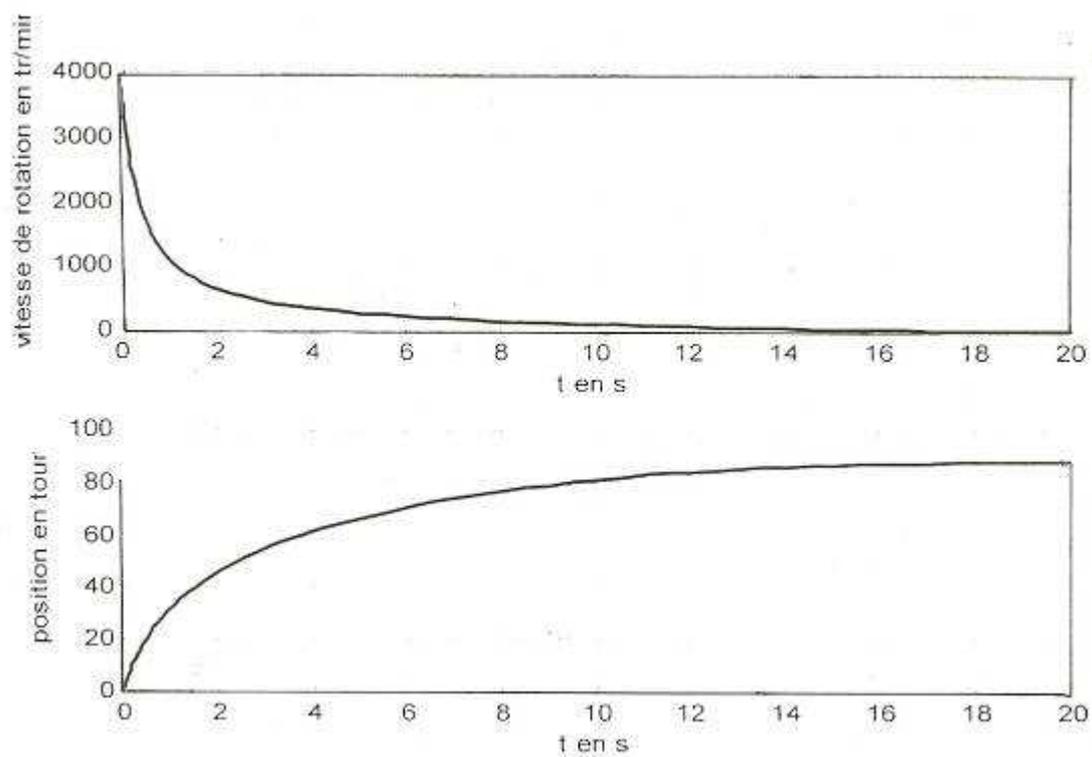
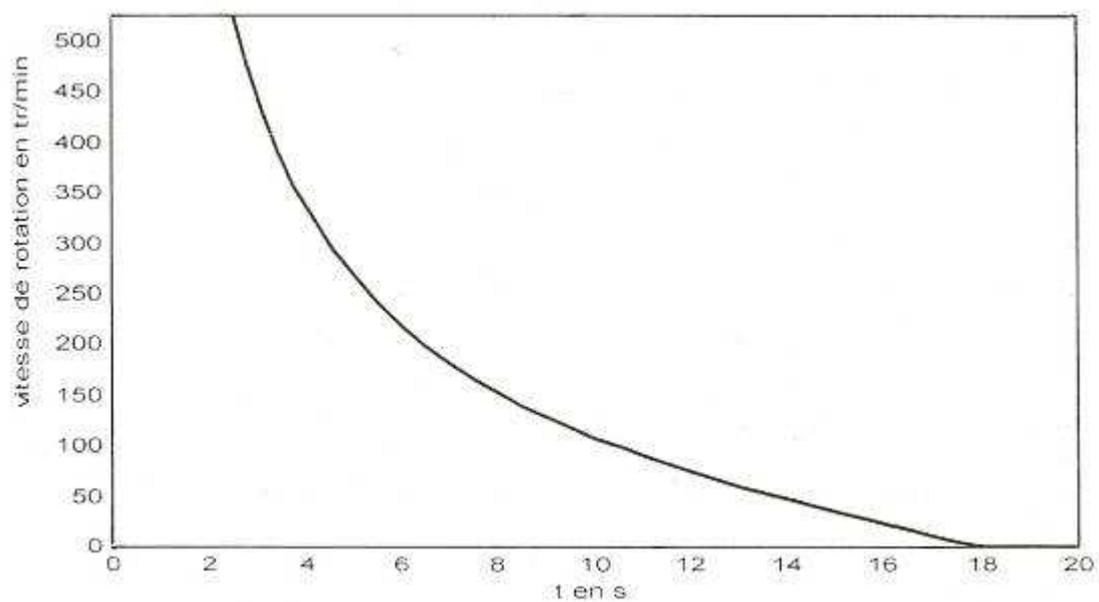


figure 2



SCBH 2004

Chimie organique

La peinture est un matériau fluide, qui, après application en couche mince sur un support, donne par un processus physique et chimique, un film mince adhérent protecteur et, ou, décoratif.

Elle est constituée de quatre grandes familles :

- le liant : il apporte les principales propriétés au revêtement
- les solvants : ils donnent la fluidité à la peinture pour permettre la fabrication et l'application la formation du film se faisant après leur élimination
- les additifs : ils modifient ou ajoutent certaines propriétés à la peinture (fongicide, insecticide,...)
- les matières de charge : elles permettent d'ajouter le renforcement mécanique du contrôle du brillant.

Les peintures polymères, à base de résine alkyde, ou glycérophtalique, sont devenues courantes.

1) Définir le terme : monomère.

La masse molaire de la résine alkyde est de $33,3 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Son degré de polymérisation est de 150.

2) a- En déduire la masse molaire moléculaire du monomère correspondant.

Sa composition centésimale massique est :

59,5 % de carbone

36 % d'oxygène

- le reste d'hydrogène

b- En déduire la formule brute de la résine.

La réaction chimique faisant intervenir le styrène – butadiène est :



3) a- Donner les expressions de a et b en fonction de n.

b- Rappeler ce qu'est une polymérisation.

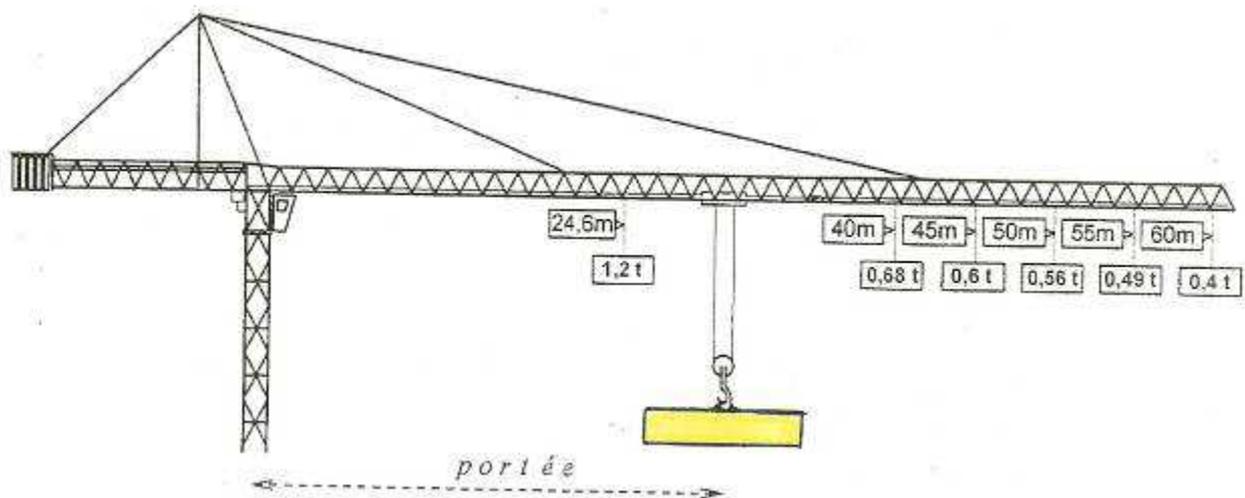
Mécanique

Un entrepreneur de bâtiment a loué une grue pour le levage de panneaux lors d'une construction de MOB.
(Maison à ossature bois)

Chaque panneau a une masse $m = 500 \text{ kg}$

On donne $g = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$

Les contraintes d'utilisation de la grue sont représentées ci-dessous :



La flèche de la grue est située à une hauteur $h = 21 \text{ m}$.

Au temps $t = 0$, le panneau repose sur le sol.

On étudie le déplacement vertical du panneau dans le référentiel terrestre, la position du centre d'inertie G du panneau étant repérée sur un axe vertical orienté vers le haut.

Partie 1: Etude de la montée du panneau

La montée s'effectue en trois phases :

- G est soumis à l'accélération constante $a_1 = 0,2 \text{ m.s}^{-2}$ sur une distance de 1,6 m.
- G s'élève avec un mouvement rectiligne uniforme pendant 15 s.
- G s'élève d'un mouvement rectiligne uniformément ralenti jusqu'à l'arrêt du panneau à 4,2 m de la flèche.

1) Faire le bilan des forces s'exerçant sur le panneau.

(On néglige l'interaction avec l'air)

2) Durant la phase 1 :

a- Ecrire et déterminer les équations horaires du mouvement.

b- En déduire la durée de la phase 1.

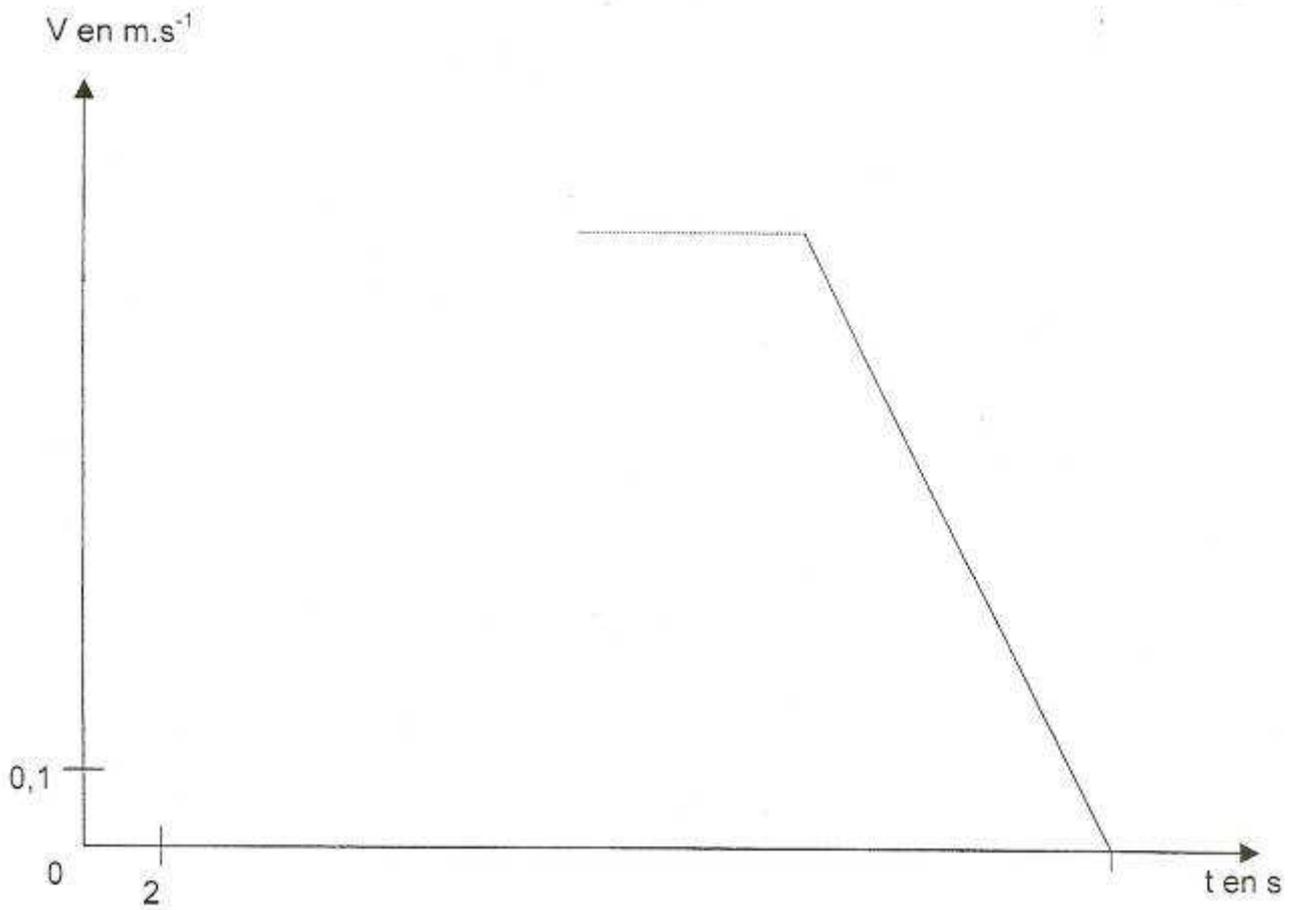
3) Durant la phase 2 :

a- Ecrire et déterminer les équations horaires du mouvement.

b- Quelle est la vitesse du panneau en fin de phase 2 ?

A quelle hauteur se trouve alors le panneau ?

4) Compléter le graphe représentant l'évolution de la vitesse au cours du temps et déterminer, à l'aide du graphique, la durée totale du levage ainsi que la valeur de l'accélération a_3 de la phase 3.



5) Calculer, pour les phases, la valeur de la tension du filin auquel est accroché le panneau.

6) D'après les contraintes d'utilisation de la grue, à quelle portée maximale peut-on placer la charge constituée d'un panneau ?

7) Pendant la phase 1, déterminer le travail W_1 de la tension du film T_1 et en déduire la puissance P de la grue.

Partie 2: Etude de la chute du panneau

A l'arrêt, en fin de phase 3, le panneau se trouve alors à l'altitude $OO' = x_M = 16,8 \text{ m}$ du sol, le filin casse. Dans cette partie on étudie la chute verticale du panneau, dans le référentiel terrestre, la position de son centre d'inertie G étant repérée sur un axe $O'x$ vertical orienté vers le bas, de vecteur unitaire \vec{u} et l'origine des temps $t' = 0$, étant prise à, l'instant où le panneau quitte O' pour entamer son mouvement de chute.

Le panneau est soumis, en plus de son poids, à la force de résistance de l'air, qui dépend de la vitesse instantanée du panneau et s'exprime par $R = -k.V^2\vec{u}$, k est une constante et V la valeur de la vitesse instantanée d'inertie du panneau eu cours de la chute.

1) Ecrire le théorème du centre d'inertie relatif au mouvement de chute du panneau sous forme vectorielle puis en projection sur l'axe $O'x$.

Grâce à une camera vidéo, on enregistre le mouvement de chute.

On peut par numérisation des images, déterminer les positions $x(t)$ du panneau aux différents instants de prise de vue puis, par calcul, les vitesses à ces instants.

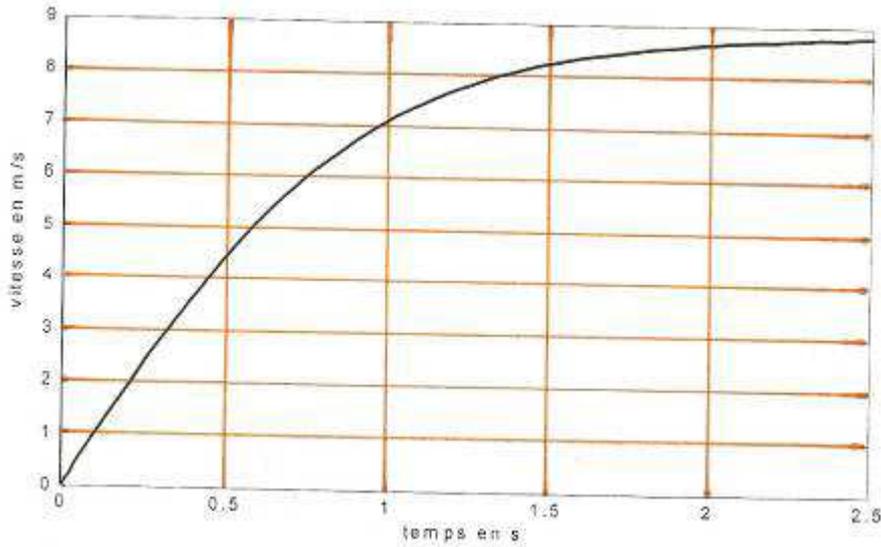
La durée entre deux images vidéos, lors de la prise de vue, est $\Delta t = 0,04$ s.

On note M_1, M_2, M_3, \dots les positions du centre d'inertie du panneau obtenues à partir des différentes images consécutives.

2) a- Comment peut on déterminer la valeur de la vitesse en un point M_2 (date t_2) connaissant les positions x_1 du point M_1 à la date t_1 , x_2 du point M_2 à la date t_2 , x_3 du point M_3 à la date t_3 ?

Le graphe de $v(t)$ représenté ci-dessous, montre que la vitesse tend vers une valeur limite V_L .

b- Déterminer graphiquement cette valeur.



c- A partir de l'étude conduite en 2)a, exprimer la valeur littérale de la vitesse limite V_L .
En déduire la valeur numérique du coefficient k .

SCBH 2005

Cinétique chimique

Colle utilisée pour le collage des chants.

Indications d'utilisation des différentes colles

A- Colles thermoplastiques - caoutchouc synthétique et divers :

colles	Principaux types	Destinations principales	Avantages	Inconvénients
VINYLIQUES	Colles d'assemblages Colles de plaques Colles à parquets Colles à durcisseur	Assemblages de menuiseries et d'ébénisterie; collage des stratifiés et de parquets mosaïques.	Prêtes à l'emploi (sauf dans le cas de vinylique à durcisseur). Facilite la mise en œuvre.	Tenue aux intempéries médiocre sauf s'il s'agit de colles à durcisseur souvent sujettes au fluage sous l'action d'un effort permanent. Exigent pour les assemblages des usinages précis.
POLYCHLOROPRENES	Avec ou sans durcisseur Colles pour applications manuelles Colles pour application au pistolet.	Collage des stratifiés, des revêtements de sol, des parois de caravanes, des panneaux muraux	Prise pratiquement instantanée ; possibilité de collage sous pression naturelle.	Demandent une très bonne technicité pour la mise en œuvre. Colles à solvants.
THERMOFUSIBLES	solide	Collage des chants.	Rapidité de prise. Absence de solvant. Possibilité de servir à l'assemblage de matériaux lisses et imperméables. Possibilité d'utiliser des matériaux préencollés.	Tenue à la chaleur et au froid souvent moyenne. Adhérence limitée.

B- Colles thermodurcissables

Colles thermodurcissables	Principaux types	Destinations principales	Avantages	Inconvénients
Phénol formol	Liquides à moyenne et haute températures, sous cette forme, se présentent avec ou sans durcisseur. En film. En poudre.	Contreplaqué extérieur et coffrage.	Excellente tenue au feu et aux intempéries.	Exigent de travailler à une température supérieure à 100 °C.
Résorcine	Résorcine – formol. Résorcine phénol-formol.	Construction de charpentes lamellées collées. Construction navale collage extérieur.	Permettent la réalisation de collage à froid ou à chaud. Excellente tenue aux intempéries et au feu. Très bon comportement au vieillissement. Permettent le collage de matériaux divers.	Sensibles à la température lors de la mise en œuvre. Couleur foncée qui peut nuire aux effets décoratifs. Prix élevé.
Urée formol (joints minces)	Sirop – poudre Existent également sous forme de film. De conservation limitée.	Panneaux de particules (liant) Travaux de plaque ébénisterie Contreplaqué. Collage joints minces en menuiserie.	Grande possibilité d'adaptation aux conditions de travail. Bonne tenue à l'eau. Bas prix.	Tenue aux intempéries inférieure à celle des résorcines mais qui peut être améliorée par incorporation de mélanine ou de résorcine.
Urée formol (joints épais)	Sirop – poudre	Charpentes lamellées collées. Menuiseries extérieures, Escalier. Bateaux de plaisance.	Possibilité de collage à basse pression et à partir de 100 °C.	Tenue moyenne à l'action de la chaleur. Sèche continue.
Epoxydes	A un ou plusieurs composants.	Conviennent pour presque tous les types de subjectiles, en particulier pour le collage des métaux.	Bonne tenue aux intempéries et au vieillissement. Collage sous faible pression. Aucun retrait lors du durcissement. Fluage faible. Bonne résistance à la plupart des acides sous faible concentration.	Adhérence inférieure, sur bois, à celle des colles urée formol. Rigidité des joints Temps de durcissement relativement long. Prix relativement élevé.
Polyuréthanes	A un ou plusieurs composants.	Dans l'industrie du bois : collage de panneaux sandwichs.	Possibilité de collage de matériaux très divers.	Nettoyage à l'aide de solvants.

1) Citer la colle qui peut être utilisée pour coller les chants.

2) Donner la définition du terme « thermoplastique ».

La rapidité de prise d'une colle dépend de plusieurs paramètres, notamment de la quantité du durcisseur employé.

En effet, le degré de polymérisation de la colle dépend de ce durcisseur.

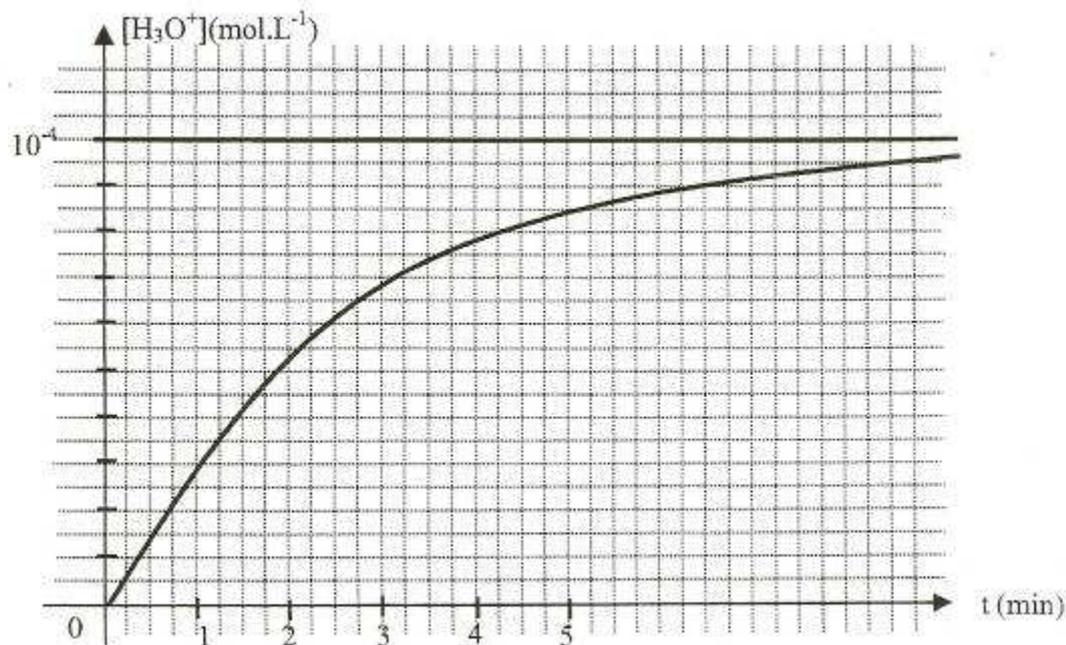
Par exemple pour les colles urée – formol, la vitesse de prise est extrêmement sensible aux variations

de pH, la vitesse s'accélérant très rapidement avec la diminution du pH.

En général, les durcisseurs sont des substances se décomposant en acide.

Ainsi, le chlorure d'ammonium libère de l'acide chlorhydrique avec formation d'eau et de formamine selon la réaction : $4 \text{NH}_4\text{Cl} + 6 \text{CH}_2\text{O} \rightarrow 4 (\text{H}^+ + \text{Cl}^-) + (\text{CH}_2)_6\text{N}_4 + 6 \text{H}_2\text{O}$

La courbe suivante représente l'évolution de la concentration des ions H^+ (H_3O^+) au cours du temps.



Cette évolution influe directement sur le pH de la solution, donc sur la vitesse de prise de la colle. La réaction est ici réalisée à une température $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$.

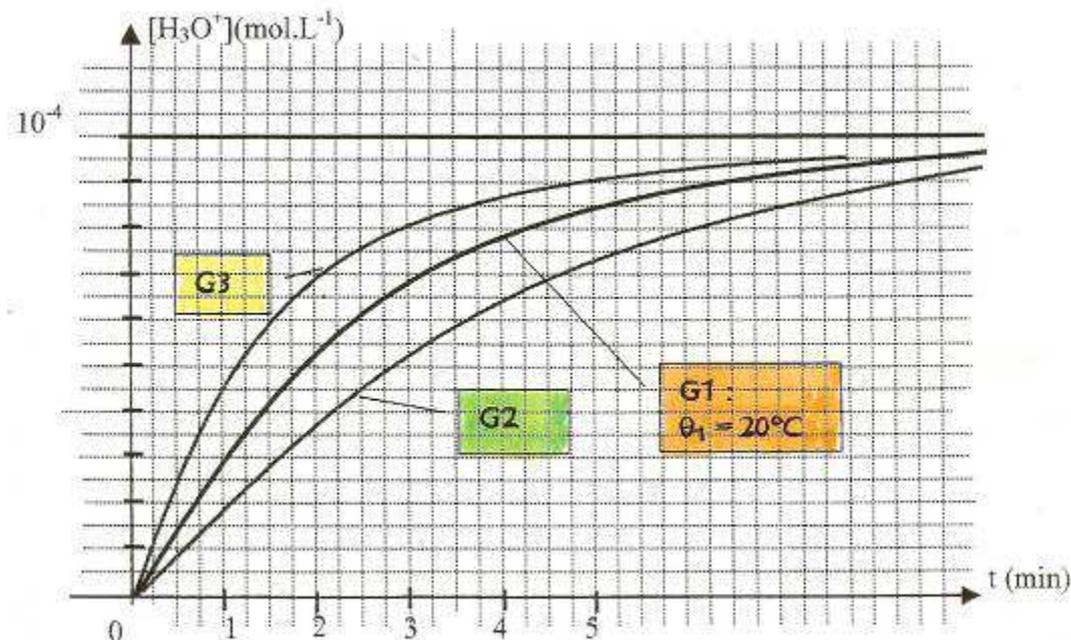
3) Déterminer graphiquement la valeur numérique de la vitesse instantanée de formation des ions H_3O^+ à l'instant $t_1 = 4$ minutes.

(La vitesse de réaction à un instant t_1 est définie comme étant le coefficient directeur de la tangente à la courbe, $[\text{H}_3\text{O}^+] = f(t)$, au point d'abscisse $t = t_1$).

On appelle « temps de demi-réaction », notée $t_{1/2}$, la durée qui s'est écoulée entre le démarrage de la réaction et l'instant pour lequel la concentration en ions H_3O^+ atteint la moitié de sa valeur finale.

4) Déterminer graphiquement la valeur du temps de demi-réaction.

Le graphique suivant représente l'évolution de la même réaction réalisée à trois températures différentes $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$, θ_2 et θ_3 , les concentrations des réactifs sont inchangées.



5) Quelle courbe (G_2 ou G_3) correspond à la réaction réalisée avec une température supérieure à 20°C ?

Justifier votre réponse.

6) Citer un autre facteur qui permettrait d'augmenter la vitesse de la réaction.

Modélisation de la cinétique de la réaction

la température vaut $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$.

L'évolution de la concentration en ions H_3O^+ au cours du temps peut se modéliser par une relation du type :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = A \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \text{ dans laquelle } e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ représente la fonction exponentielle de la variable } \left(-\frac{t}{\tau} \right).$$

Dans cette expression, A et τ sont des constantes et t le temps exprimé en minutes.

La concentration des ions H_3O^+ est exprimée en mol.L^{-1} .

7) a- Que représente la constante A ?

Quelle est son unité ?

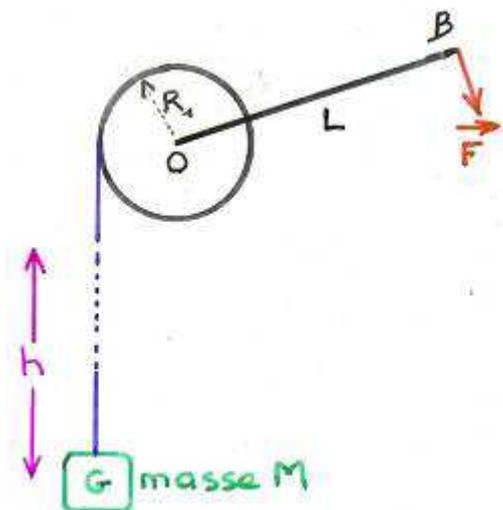
b- En utilisant l'évolution de la concentration $[\text{H}_3\text{O}^+]$ au cours du temps, donnée par le premier graphique, déterminer les valeurs numériques de A et τ .

Comment nomme-t-on la constante τ ?

c- En utilisant le deuxième graphique, la température influe-t-elle sur la constante A ?, sur la constante τ ?

Mécanique

Mécanique d'un treuil



Un treuil comporte un cylindre, d'axe horizontal Δ passant par O, de rayon $R_1 = 10 \text{ cm}$ et une manivelle OB de longueur $L = 50 \text{ cm}$. Il est utilisé pour hisser une charge de masse $M = 20 \text{ kg}$, de centre de gravité G, sur une hauteur $h = 10 \text{ m}$ à l'aide d'une corde inextensible et de masse négligeable.

La vitesse de montée de la charge est supposée constante.

Pour cela, on applique une force \vec{F} constamment perpendiculaire à la manivelle en B et dont l'intensité $|\vec{F}|$ est constante.

Pour tout le problème, on prendra $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$.

A- Etude dynamique

On suppose que la vitesse de la charge reste constante et égale à $V = 0,1 \text{ m.s}^{-1}$ pendant la montée.

La corde est inextensible et ne glisse pas sur le cylindre du treuil.

L'intensité de la force vaut : $|\vec{F}| = 50 \text{ N}$.

1) Quelle est la variation de l'énergie cinétique de la charge pendant la montée.

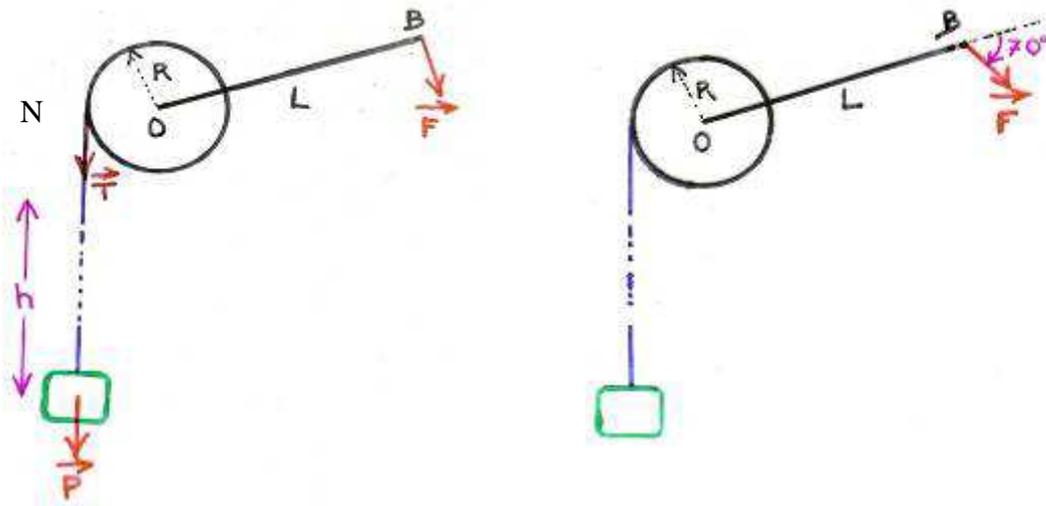
2) Quelle est la durée t de la montée et l'angle total θ , exprimé en radians, dont a tourné le cylindre.

3) Déterminer littéralement puis numériquement le travail W_p du poids \vec{P} de la charge au cours de cette montée.

4) Calculer numériquement la valeur de $\left| M_{\vec{F}} \right|$, $M_{\vec{F}}$ représente le moment de la force \vec{F} par rapport à l'axe du treuil passant par O.

5) Calculer numériquement le travail W_F du moment de la force \vec{F} pendant cette montée.

6) Déterminer la valeur numérique de la vitesse angulaire ω du treuil.



On note \vec{T} la force de tension exercée au point N par la partie inférieure de la corde.

7) Pourquoi peut-on affirmer que $\vec{T} = \vec{P}$?

8) Prise en compte des frottements.

a- En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble {cylindre, manivelle et masse M}, sur la hauteur h, pendant la montée de la charge, montrer qu'une action supplémentaire doit intervenir dans le bilan énergétique.

Il s'agit en fait d'un couple de forces de frottement dont la valeur de l'intensité du moment est notée $|M_{fr}|$

b- Calculer numériquement le travail de ce couple ainsi que la valeur de l'intensité de son moment supposé constant.

On désire encore soulever la même charge dans les mêmes conditions par le treuil.

9) Indiquer qualitativement ce qui devrait changer si la direction de la force \vec{F} faisait en moyenne un angle de 70° avec la manivelle.

B- Etude énergétique

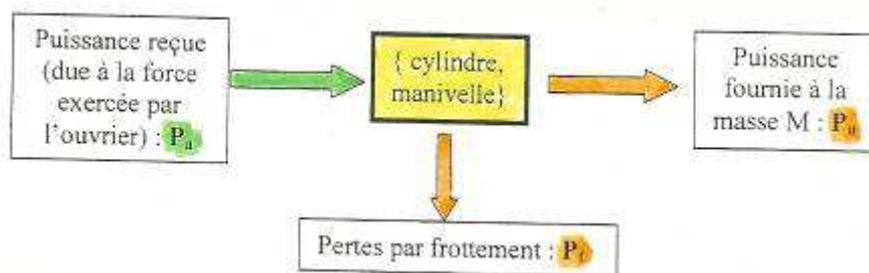
La vitesse de montée de la masse est constante : $V = 0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

La corde est inextensible, de masse négligeable et ne glisse pas sur le cylindre du treuil.

La force exercée par l'ouvrier est perpendiculaire à la manivelle.

On s'intéresse au système {cylindre, manivelle}.

On peut pour ce système faire un bilan énergétique et le modéliser selon le schéma suivant :



On suppose qu'il y a des frottements.

1) a- Exprimer P_a en fonction de $|\vec{F}|$, L et ω ; ω désigne la vitesse angulaire du treuil.

b- Exprimer de même P_u en fonction de M, g et V.

Le treuil possède un système de débrayage qui permet à la corde de s'enrouler sur deux autres cylindres, l'un de rayon $R_m = 5 \text{ cm}$; l'autre de rayon $R_M = 15 \text{ cm}$.

L'ouvrier peut également réduire ou allonger le bras de manivelle.

La vitesse de montée V demeure égale à $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et la masse M égale à 20 kg.

2) Une variation du rayon R, ou du bras de manivelle modifie-t-elle la puissance fournie par l'ouvrier ?

La réponse sera justifiée.

SCBH 2006

Acoustique

On s'intéresse à l'acoustique d'un atelier comportant plusieurs machines à bois, chacune d'elles se comportant comme une source sonore considéré comme ponctuelle qui émet avec la même intensité dans toutes les directions de l'espace.

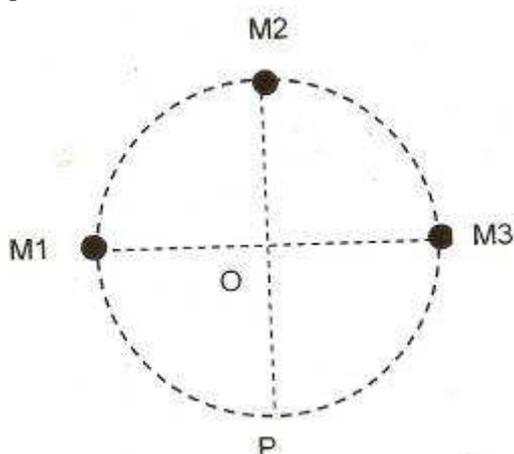
On néglige dans le problème le phénomène de réverbération des ondes sonores.

L'atelier est une pièce carrée de 10 m de coté, classé dans la réglementation comme un « atelier de taille moyenne ».

Réglementation en vigueur en matière de protection contre le bruit dans l'industrie :

- Le niveau d'exposition sonore quotidien à partir duquel l'employeur est obligé de mettre à disposition des protecteurs individuels (casques ou bouchons d'oreille) est 85 dB.

- Le niveau d'exposition sonore quotidien à partir duquel l'employeur est obligé de faire porter des protecteurs individuels est 90 dB.



Les 3 machines M1, M2, M3 sont réparties dans l'atelier sur un cercle de rayon $R = 4,0$ m.

Lorsqu'elles fonctionnent, ces machines sont des sources sonores d'intensités acoustiques respectives mesurées en O, centre du cercle :

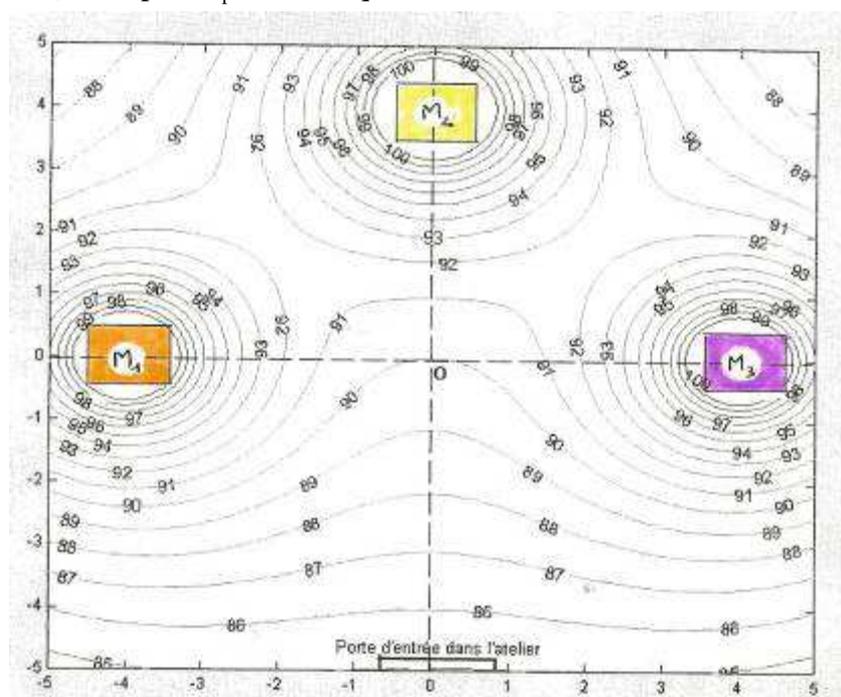
$$I_1 = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}; I_2 = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ et } I_3 = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}.$$

La mesure est réalisée en 3 étapes successives : une seule des machines étant en fonctionnement, les deux autres étant à l'arrêt.

- 1) Calculer les puissances acoustiques P_1 , P_2 et P_3 émise par chaque source.
- 2) Calculer les niveaux sonores en O, L_1 , L_2 , L_3 relatif à chacune des machines fonctionnant **seule**.
- 3) Quel appareil permet de mesurer un niveau sonore ?
Quelle sont les unités de la grandeur mesurée ?
- 4) Déterminer les niveaux sonores L_0 en O puis L_p en P lorsque les 3 machines fonctionnent simultanément.

Sur le document ci-contre, à rendre avec la copie, sont représentées les lignes de même niveau sonore (indiqué en dB).

Les coordonnées horizontales de chaque point de l'atelier peuvent être repérées par rapport à l'origine O relativement aux graduations (en mètre) indiquées sur les bordures du graphique.



- 5) a- En regard à la réglementation en vigueur, quelle est l'obligation de l'employeur si les techniciens

assurant la maintenance dans l'atelier sont susceptibles de s'approcher jusqu'à 2 m des machines pour les arrêter ?

L'employeur souhaite placer une barrière de protection parallèle à une ligne joignant les machines (M1,M3) pour permettre aux ouvriers n'étant pas chargés d'une intervention sur les machines, d'accéder occasionnellement à l'atelier.

b- A quelle distance de la porte d'entrée cette barrière doit-elle être placée ?

Photométrie

Lampe et grandeurs photométriques

Le tableau ci-dessous est extrait d'un catalogue de lampes à incandescence.

Référence	faisceau	tension (volt)	Pe puissance (watt)	angle de rayonnement (degré)	intensité lumineuse (S.I.)
26860	SP	12	20	10	5000
26860	WFL	12	20	38	700
26860	VWFL	12	20	60	350
26865	SP	12	35	10	8300
26865	WFL	12	35	38	1250
26865	VWFL	12	35		650
26870	SP	12	50	10	11500
26870	WFL	12	50	38	2000
26870	VWFL	12	50	60	1000
26880	SP	12	65	10	14000
26880	WFL	12	65	38	2600
26880	VWFL	12	65	60	1300

1) Quelle est l'intensité lumineuse de la lampe 26865 VWFL ?

Quelle est l'unité d'intensité lumineuse dans le système international ?

Ces différentes lampes sont des lampes à incandescence.

2) Expliquer simplement le phénomène qui est à l'origine de la production d'énergie lumineuse dans ce cas.

Y-a-t-il d'autres phénomènes susceptibles de produire de la lumière ?

En citer un.

Une dégradation du document empêche de lire la valeur de l'angle de rayonnement pour cette lampe.

3) Quelle valeur peut-on logiquement proposer ?

Justifier.

Pour la lampe 26865 VWL, on dispose des informations supplémentaires données dans le document ci-dessous :

4) Reproduire le tableau suivant sachant que E désigne l'éclairement à une distance h de la lampe.

h (m)	E (lx)	X = E.h ² (unité : u)
0,3		
0,5		
1,0		
2,0		

5) Interprétation :

a- Peut-on dire que la valeur de la grandeur X est constante ?

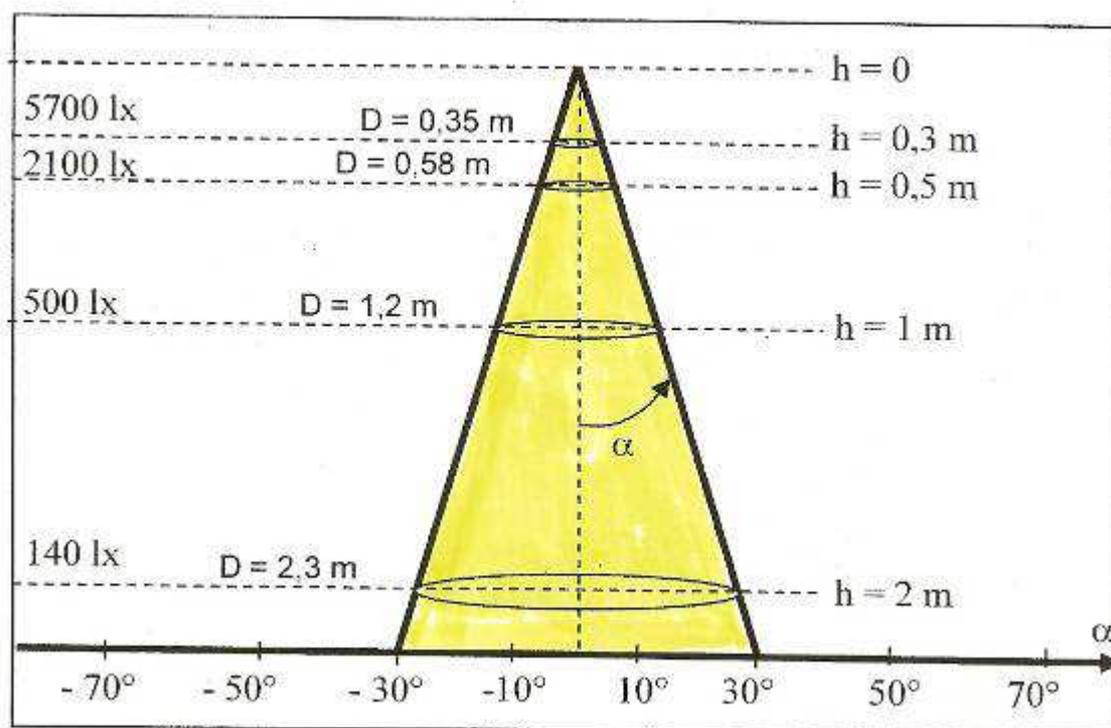
Justifier votre réponse.

b- Quelle est l'unité **u** déduite du produit X ?

c- Quel est le nom de la grandeur photométrique correspondant à X ?

d- Quel est le nom de l'unité de cette grandeur photométrique ?

Préciser son symbole.



SCBH 2007

Thermique

Etude thermique d'un local.

Les deux parties A et B sont indépendantes.

Le problème a pour but de comparer les différentes possibilités d'isolation thermique d'un local.

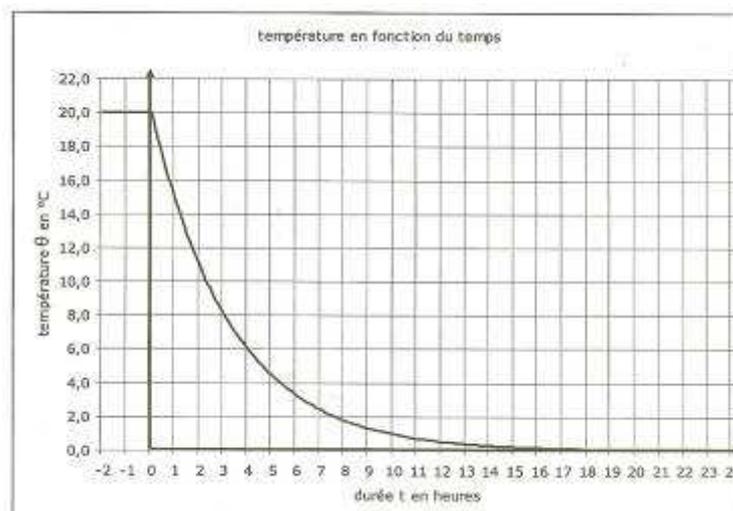
A- Refroidissement d'un local

On suppose que la température à l'extérieur d'un local est constante : $\theta_{\text{extérieure}} = 0^{\circ}\text{C}$.

La température à l'intérieur est $\theta_0 = 20^{\circ}\text{C}$.

Quand on coupe le chauffage la température diminue.

Un capteur de température et une carte d'acquisition liée à un ordinateur permettent de faire le relevé de température en fonction du temps.



1) Déterminer graphiquement la température θ_1 du local au bout d'une durée de 2 heures.

L'ingénieur thermique chargé de l'étude de ce local modélise cette variation de température à l'aide de l'expression suivante :

$$\theta_{\text{intérieure}}(t) = (\theta_0 - \theta_{\text{extérieure}}) \cdot e^{-a \cdot t} + \theta_{\text{extérieure}}$$

La durée t est exprimée en heure.

2) Vérifier pour l'instant $t = 0$ et pour un temps très long, que l'expression ci-dessus est cohérente avec le relevé de mesures.

3) Comment peut-on expliquer cette évolution de la température au cours du temps ?

B- Fuites thermiques dans les parois du local.

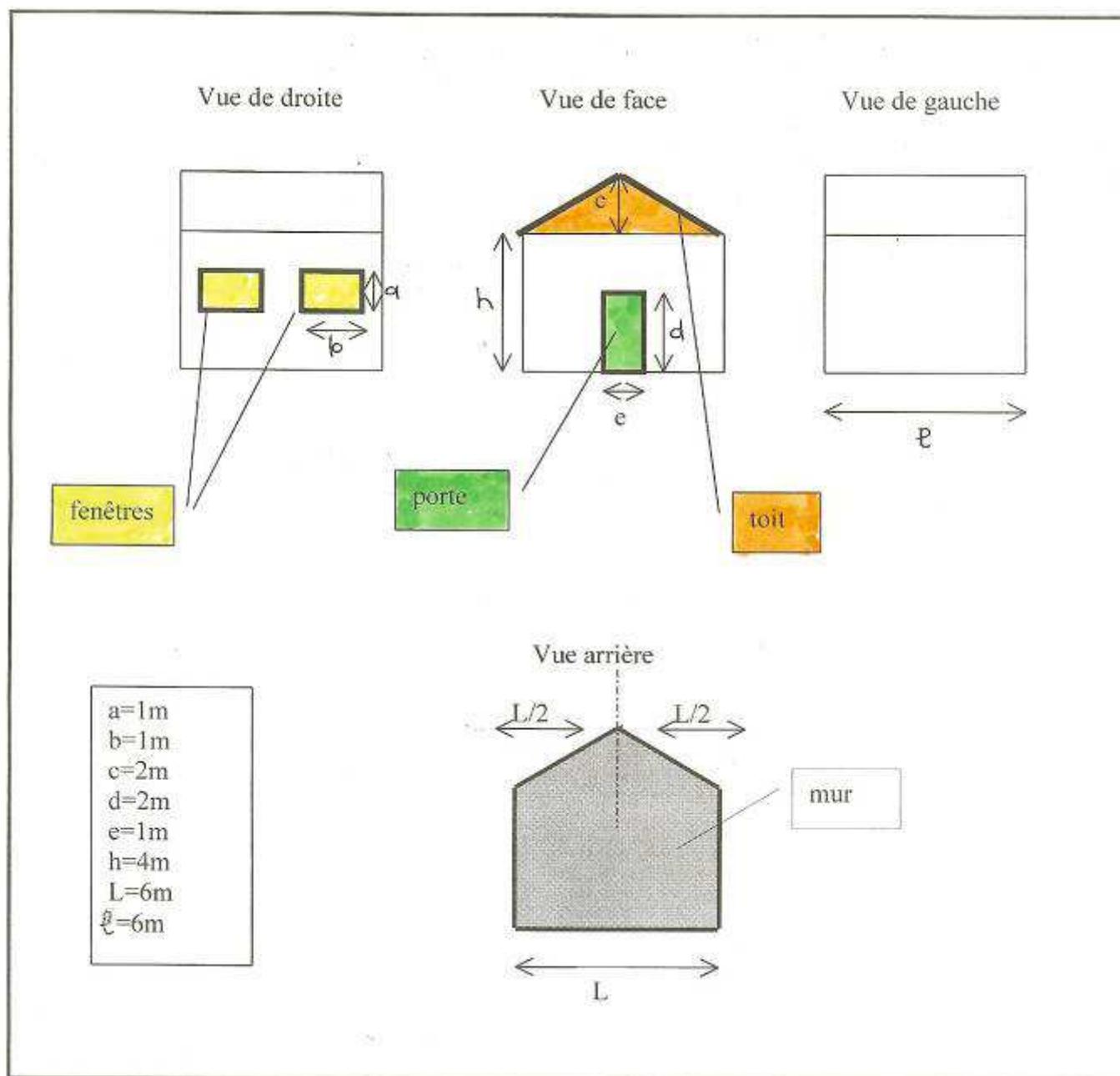
Pour toute cette partie, les calculs demandés seront détaillés sous forme littérale.

1) Quels sont les trois modes de transfert thermique?

Les présenter brièvement.

Le local comporte quatre murs, deux fenêtres, une porte et un toit.

On négligera le transfert par le sol.



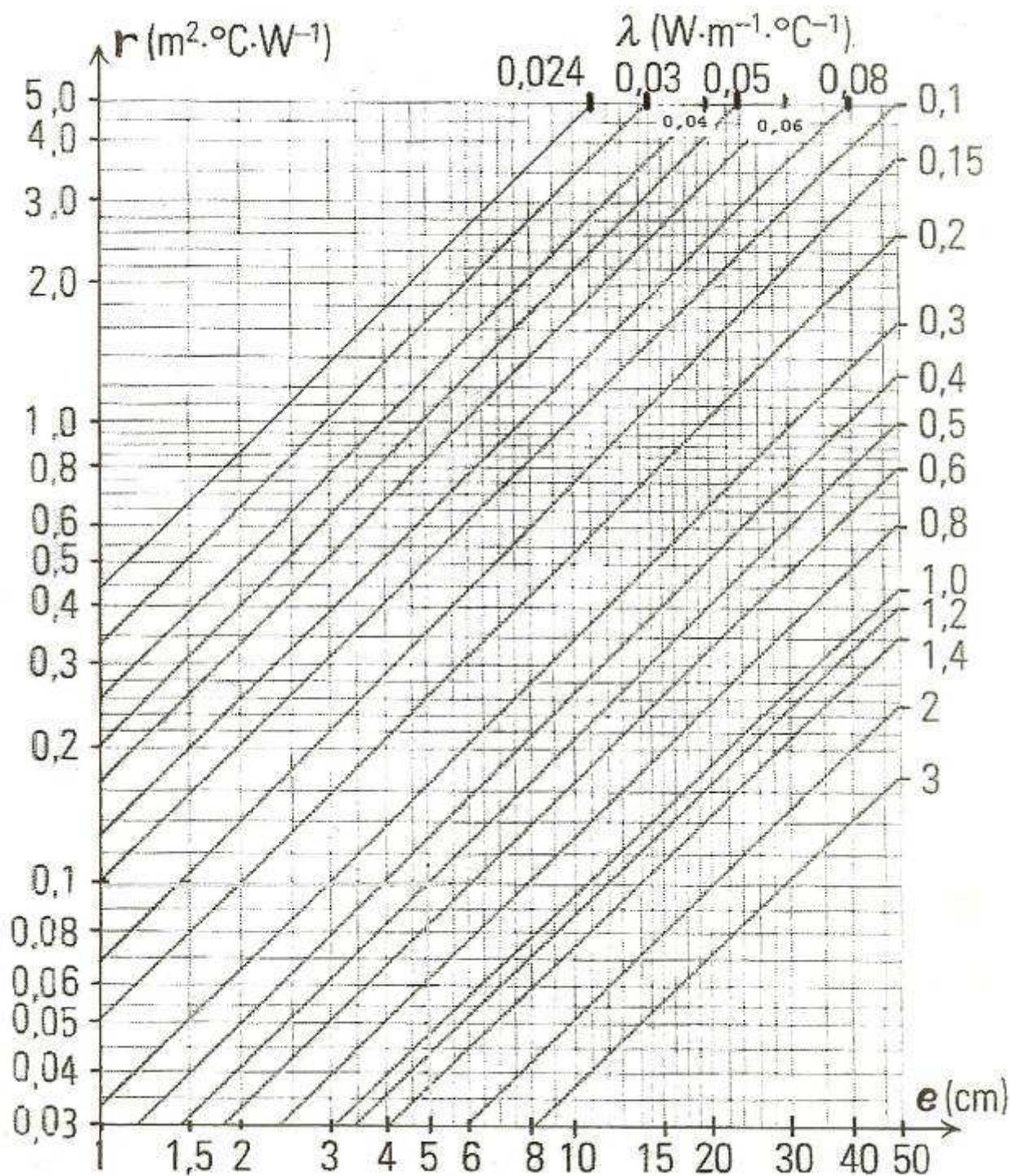
Deux solutions désignées par les numéros 1 et 2 sont envisagées pour la conception de chaque élément constituant le local.

Caractéristiques des différents éléments composant le local							
Murs		Fenêtres		Toit		Porte	
M1	M2	F1	F2	T1	T2	P1	P2
-Une couche de mortier de 2 cm, -un parpaing de 20 cm, -4 cm de polystyrène expansé, -2 cm de placoplâtre	-10 cm de bois de sapin, -10 cm de polystyrène expansé, -5 cm de bois de pin	-Double vitrage composé de 6 mm de verre, -12 mm d'air sec, -6 mm de verre	Vitrage composé de 10 mm de verre	Tuile en terre cuite de 4 cm d'épaisseur	-Tuile en terre cuite de 4 cm d'épaisseur, - une couche de laine de verre de 10 cm	Plaque en tôle de fer de 2 mm d'épaisseur	Porte en pin de 5 cm d'épaisseur

2) a- En vous aidant du tableau suivant (à rendre avec la copie) et de l'abaque ci-dessous (à rendre avec la copie), déterminer les résistances de 4 cm de polystyrène expansé et de 20 cm de parpaing.
(on fera apparaître clairement la construction graphique utilisée)

Matériau	Conductivité thermique λ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)	Epaisseur e		Résistance thermique r ($\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$)	
air sec au repos	0,024	12 mm		0,50	
Polystyrène expansé	0,040	40 mm	10 cm		
laine de verre	0,041	10 cm		2,6	
bois de pin	0,14	50 mm		0,33	
bois de sapin	0,18	10 cm		0,57	
placoplâtre	0,46	20 mm		$45\cdot 10^{-4}$	
verre	1,13	6,0 mm	10 mm	$5,3\cdot 10^{-3}$	$8,9\cdot 10^{-3}$
terre cuite	1,15	40 mm		$37\cdot 10^{-3}$	
mortier	1,15	20 mm		$1,74\cdot 10^{-2}$	
parpaing	1,20	20 cm			
fer	72	2,0 mm		$2,8\cdot 10^{-5}$	

Compléter les trois cases grisées du tableau à rendre avec la copie.



b- Calculer les valeurs des résistances thermiques surfaciques des murs pour chacune des possibilités
Compléter les deux cases grisées de la colonne correspondante, dans le tableau suivant à rendre avec la copie.

Les calculs devront être détaillés littéralement puis numériquement.

c- Pour une température extérieure de $\theta_{\text{extérieure}} = 0^\circ\text{C}$ et une température intérieure de $\theta_{\text{intérieure}} = 20^\circ\text{C}$, calculer le flux thermique surfacique passant à travers les murs pour les deux compositions M1 et M2.

Compléter les deux cases grisées de la colonne correspondante du tableau à rendre avec la copie.

d- Calculer la puissance thermique perdue à travers les murs pour les deux possibilités M1 et M2.

Compléter les deux cases grisées de la dernière colonne du tableau à rendre avec la copie.

		Résistance thermique r_t ($m^2.K.W^{-1}$)	Flux thermique Φ ($W.m^{-2}$)	Surface occupée S (m^2)	Puissance thermique P (W)
murs	M1			104	
	M2				
fenêtres	F1	0,68	29,4	2	58,8
	F2	0,18	111		222
toit	T1	0,21	96,6	43,3	$41,8.10^2$
	T2	2,81	7,11		307
porte	P1	0,17	117	2	234
	P2	0,50	40,4		80,8

e- Trouver l'association {mur, fenêtre, porte, toit} qui correspond au local ayant le moins de pertes thermiques.

Calculer la puissance thermique totale perdue dans ce cas.

On considère que la perte de puissance thermique s'effectue sur une durée de trois mois (un mois possédant 30 jours).

On compense, pendant ce laps de temps, cette perte par un système de chauffage électrique.

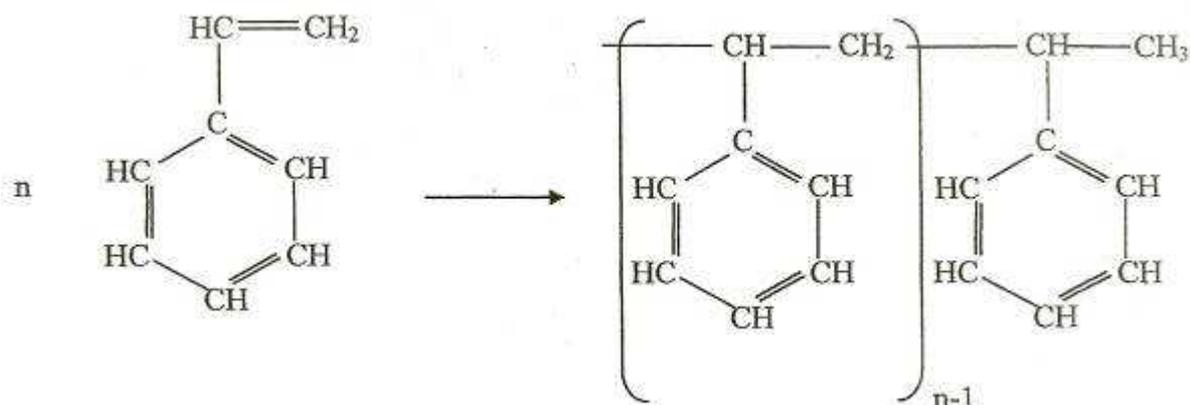
Le prix du kWh est de 0,0765 €.

f- Calculer alors le coût du fonctionnement en électricité de l'installation.

Chimie organique

Le polystyrène

La réaction de synthèse du polystyrène peut s'écrire :



1) Identifier en entourant de différentes couleurs :

- le polymère
- le motif élémentaire
- le monomère : le styrène

2) Donner la formule brute du styrène et calculer sa masse molaire moléculaire.

En déduire une valeur approchée de la masse molaire moléculaire du polystyrène si $n = 10000$.

3) Définir les termes polyaddition et polycondensation et indiquer à quel type correspond la réaction précédente.

Justifier.

4) Donner un exemple de polymère de condensation d'origine naturelle.

Le polystyrène est un matériau dur et transparent ressemblant à du verre.

Sous cette forme c'est un mauvais isolant thermique.

Il est rarement utilisé tel quel.

La polymérisation du styrène peut aussi être effectuée en présence d'autres réactifs.

Le but étant de produire simultanément des bulles de gaz carbonique.

5) Quel aspect prend alors le matériau obtenu ?

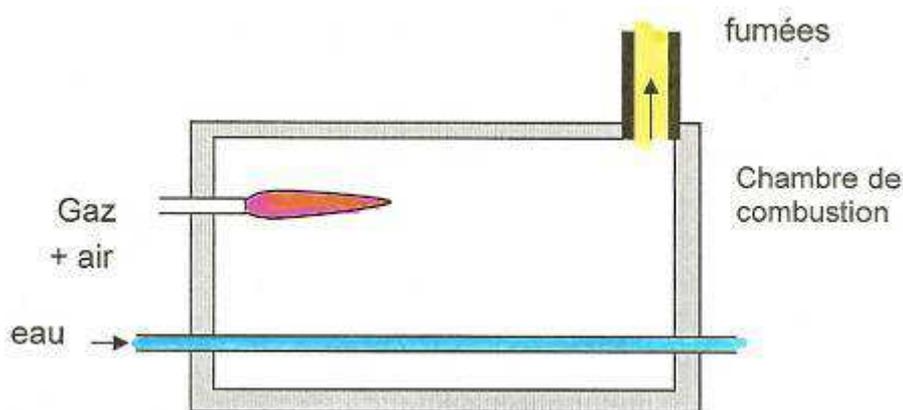
6) Quel est l'intérêt de cette modification de structure ?

SCBH 2008

Chimie organique

On a schématisé sur la figure ci-dessous la chambre de combustion d'une chaudière à gaz destinée à chauffer l'eau circulant avec un débit volumique q constant ($q = 50 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$) dans un tuyau qui traverse la chambre considérée comme une enceinte adiabatique.

Les produits de la combustion du gaz sont évacués par un conduit supérieur.

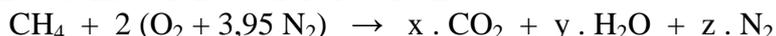


1) Combustion

Le gaz utilisé est du méthane, de formule chimique CH_4 .

Le réglage du débit d'arrivée d'air est tel qu'il est apporté la quantité juste nécessaire d'air pour assurer la combustion complète du méthane.

L'équation de la réaction de combustion est alors la suivante :



a- Comment se nomme l'élément chimique représenté par le symbole N ?

Dans quelle proportion N_2 est-il présent dans l'air sec que nous respirons ?

b- Dans cette combustion, quel est le combustible, quel est le comburant et à quelle condition la réaction peut-elle démarrer ?

c- Déterminer les valeurs numériques des coefficients x , y , z apparaissant dans l'équation de la combustion.

d- A quelle famille appartient le méthane ?

Proposer un autre composé de cette famille, en donnant son nom et son utilisation.

e- Pour une mole de méthane (gaz), combien faut-il de moles d'air pour assurer la combustion dans les conditions définies par l'équation ci-dessus ?

Quelle est alors la masse de dioxyde de carbone produite pour une mole de méthane brûlée ?

On suppose que le méthane utilisé entre dans la chambre de combustion en étant dans les conditions normales de température et de pression ($273,15 \text{ K}$ et $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$).

Dans ces conditions, en l'assimilant à un gaz parfait, son volume molaire vaut : $V_M = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Le volume annuel de gaz utilisé pour cette combustion vaut $V = 10000 \text{ m}^3$.

f- Quelle est la masse totale annuelle M de dioxyde de carbone rejetée dans l'atmosphère via le conduit de cheminée ?

Quels problèmes environnementaux particuliers présentent ces rejets de dioxyde de carbone ?

La combustion est une réaction exothermique.

g₁- Que signifie « exothermique » ?

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du méthane vaut : $9,96 \text{ kWh} \cdot \text{Nm}^{-3}$.

Donnée :

$1 \text{ Nm}^3 = 1 \text{ normal m}^3 = \text{quantité de gaz présente dans un volume de } 1 \text{ m}^3 \text{ dans les conditions normales de température et de pression (273,15 K et 1,013 Pa)}$.

g₂- Vérifier que l'énergie produite par la réaction ci-dessus correspondant à la combustion d'une mole de méthane vaut environ 800 kJ.mol^{-1} .

Lorsque la combustion se fait avec un défaut d'air, donc un défaut de dioxygène, il apparaît dans les produits de la réaction un nouveau composé gazeux.

h- Donner son nom et sa formule chimique.

Que dire de ce gaz ?

Lorsque le défaut d'air est important, il apparaît des suies.

i- Quel élément chimique correspond à ces suies ?

Donner son symbole chimique.

2) Chauffage : **Calorimétrie**

Le débit en méthane du brûleur à gaz vaut $G = 5 \text{ Nm}^3.\text{h}^{-1}$ et le PCI du méthane vaut $9,96 \text{ kWh.Nm}^{-3}$.

1) Que vaut le flux thermique Φ , exprimé en watt apporté par le brûleur ?

Le flux thermique perdu par les fumées est noté Φ' .

Le flux thermique $\Delta\Phi$ transféré à l'eau circulant dans le tuyau vaut 34800 W .

2) Quelle est la valeur du flux Φ' , si l'on néglige toutes les autres pertes ?

La capacité calorifique massique de l'eau c vaut $4,18 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

On rappelle que le débit volumique dans le tuyau vaut $q = 50 \text{ L.min}^{-1}$.

3) Calculer l'augmentation de température ΔT de l'eau lors de la traversée de la chambre de combustion.

Donnée :

Masse volumique de l'eau $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$.

Mécanique

Stockage d'énergie

Le stockage de l'énergie consiste à mettre en réserve une quantité d'énergie pour permettre son utilisation ultérieure.

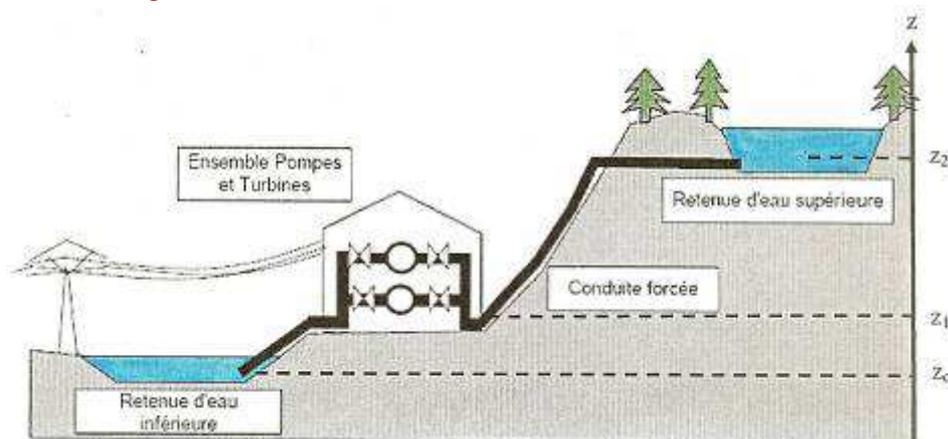
L'opération de stockage d'énergie est toujours associée à l'opération inverse consistant à récupérer l'énergie stockée (le déstockage).

Ces deux opérations de stockage/déstockage constituent un *cycle de stockage*.

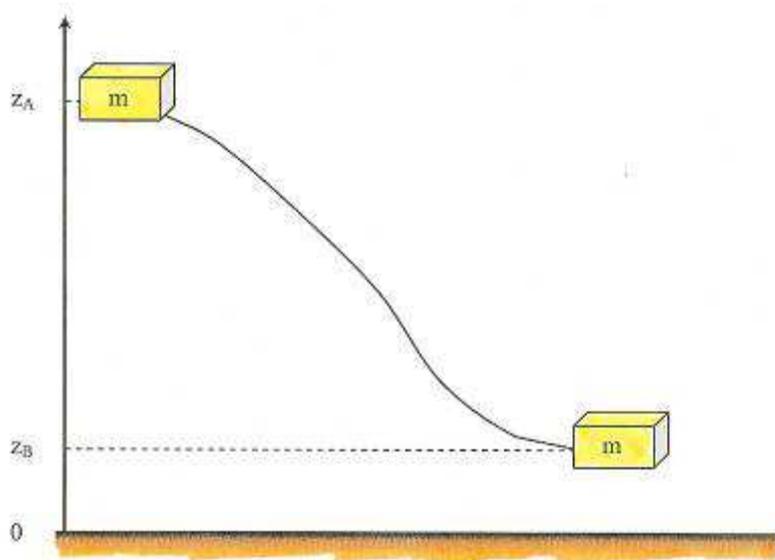
Il existe différents modes de stockage d'énergie ; nous nous limiterons ici à l'étude d'un type de stockage : le stockage gravitaire.

Dans toutes les questions, on s'attachera à mener des calculs sous forme littérale en donnant les explications nécessaires ; on fera ensuite les applications numériques sans oublier de préciser les unités.

Les centrales de pompage-turbinage (STEP) utilisent un réservoir d'eau amont et un réservoir d'eau aval entre lesquels l'eau est pompée vers l'amont en période de basse consommation et/ou quand l'électricité est peu chère (phase de stockage) et turbinée en aval en période de pointe de consommation pour produire l'électricité (phase de déstockage).



L'expression de la variation d'énergie potentielle d'un système est la suivante :



La variation d'énergie potentielle W_p d'un système de masse m passant d'une altitude z_A à une altitude z_B est donnée par la relation : $\Delta W_p = m \cdot g \cdot (z_B - z_A)$ avec :

m la masse du système exprimée en kg.

g l'accélération de la pesanteur exprimée en $m \cdot s^{-2}$

z_A et z_B les altitudes exprimées en m.

Une usine hydroélectrique située à l'altitude $z_1 = 1000$ m est alimentée via une conduite forcée par la retenue d'eau supérieure située à l'altitude moyenne $z_2 = 1120$ m.

Le débit volumique moyen D de l'eau actionnant les turbines couplées aux génératrices d'énergie électrique vaut $D = 10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Données :

Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

1) Déstockage.

a- Calculer la masse d'eau M arrivant à l'usine hydroélectrique en 1 seconde.

b- Vérifier que la masse M_j d'eau correspondant à une durée de déstockage quotidienne de 2 fois 2 heures en vue de produire de l'énergie électrique aux moments de forte demande est égale à $1,44 \cdot 10^8 \text{ kg}$.

c- Calculer la variation d'énergie potentielle $\Delta W_{p,M_j}$ de la masse M_j d'eau lorsque celle-ci passe de la retenue supérieure à l'usine électrique.

La variation d'énergie potentielle est transformée au niveau de l'ensemble {turbine, groupe électrique} en énergie électrique avec un rendement de 75%.

d- Que vaut alors la quantité d'énergie électrique totale W_E produite en 4 heures.

Exprimer ce résultat en kWh.

L'exploitant privé revend à EDF cette énergie renouvelable produite en 4 heures à raison de $0,30 \text{ €} \cdot \text{kWh}^{-1}$.

e- Quel est le revenu quotidien (hors autres charges d'exploitation) en € correspondant à 4 heures de fonctionnement (2 fois 2 heures en continu) de cette exploitation ?

En déduire le revenu mensuel (un mois = 30 jours).

L'énergie équivalente « stockée » par un kilogramme de pétrole vaut sensiblement $W_{\text{pétr}} = 11,6 \text{ kWh} \cdot \text{kg}^{-1}$.

f- Quel volume de pétrole cette centrale hydraulique permet-elle d'économiser par jour ?

Commenter.

Donnée :

Masse volumique du pétrole vaut : $\rho_{\text{pétrole}} = 0,84 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

2) Stockage

Pendant la nuit, des groupes {moteurs – pompes} remontent l'eau de la réserve inférieure vers la réserve supérieure.

a- Quel doit être le débit volumique D_v des pompes pour refouler en 8 heures dans la réserve

supérieure la totalité de la masse M_j d'eau déstockée pendant la journée en 4 heures de turbinage. La réserve d'eau inférieure se situe à une altitude moyenne de z_0 de 980 m.

b- Quelle est alors la variation d'énergie potentielle de pesanteur, $\Delta W'_{P,M_j}$ de cette quantité d'eau re-stockée dans la réserve supérieure ?

Le rendement globale de la chaîne énergétique de stockage (énergie stockée/énergie électrique absorbée par le pompage) vaut 90%.

c- Calculer la quantité d'énergie électrique W_{ES} nécessaire au stockage de l'eau en une journée. Exprimer le résultat en kWh.

d- Quel est, par jour, le coût en euros du stockage si EDF fournit à l'exploitant l'énergie électrique nécessaire à cette opération au prix de 3 centimes d'€·kWh¹ ?

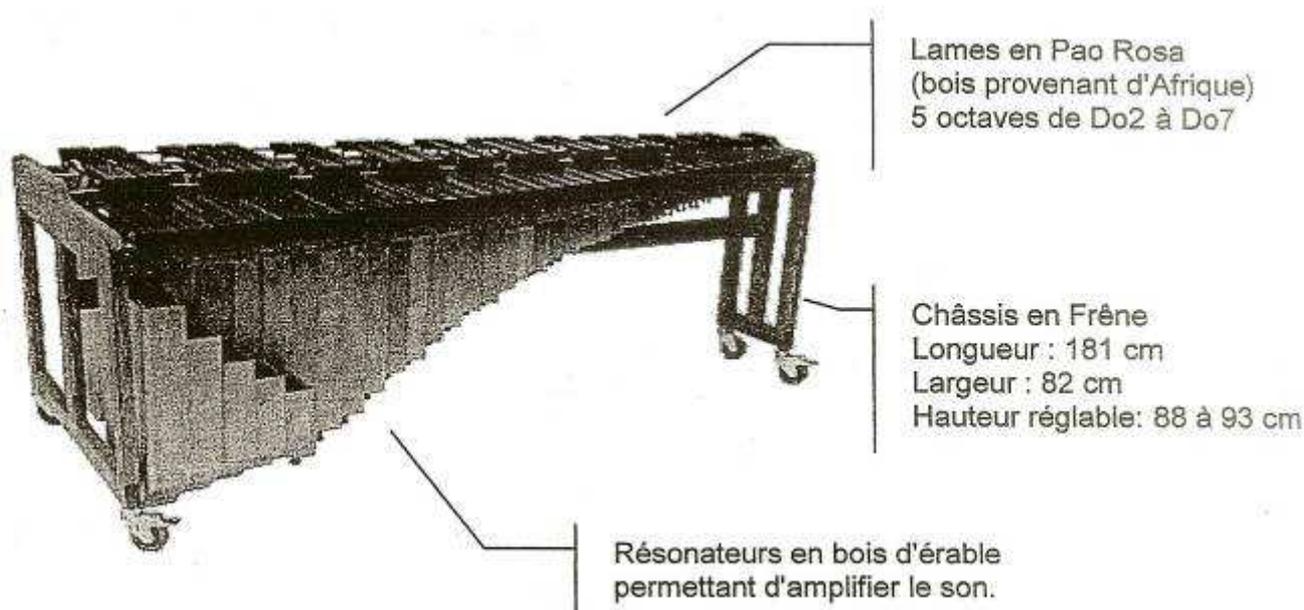
SCBH 2009

Acoustique

Etude d'un marimba à résonateurs en bois

Présentation

Un marimba est un xylophone utilisant des lames en bois. Il se caractérise par son timbre chaud et un son très doux.



Etude des lames en bois

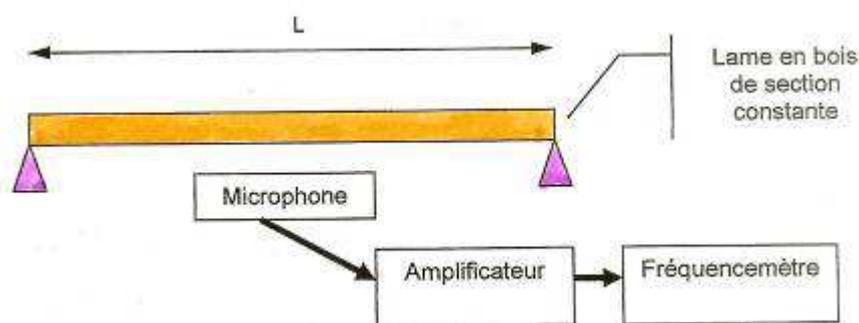
Des mesures expérimentales sont effectuées sur 2 types d'essences :

- Un bois en Pao Rosa de densité 0,9
- Un bois en bouleau de densité 0,65

Frappée à l'aide d'une mailloche (bâton de bois avec une boule), la lame vibre et émet un son.

La fréquence naturelle de vibration de la lame est mesurée par une chaîne électronique constituée d'un microphone, d'un amplificateur et d'un fréquencemètre.

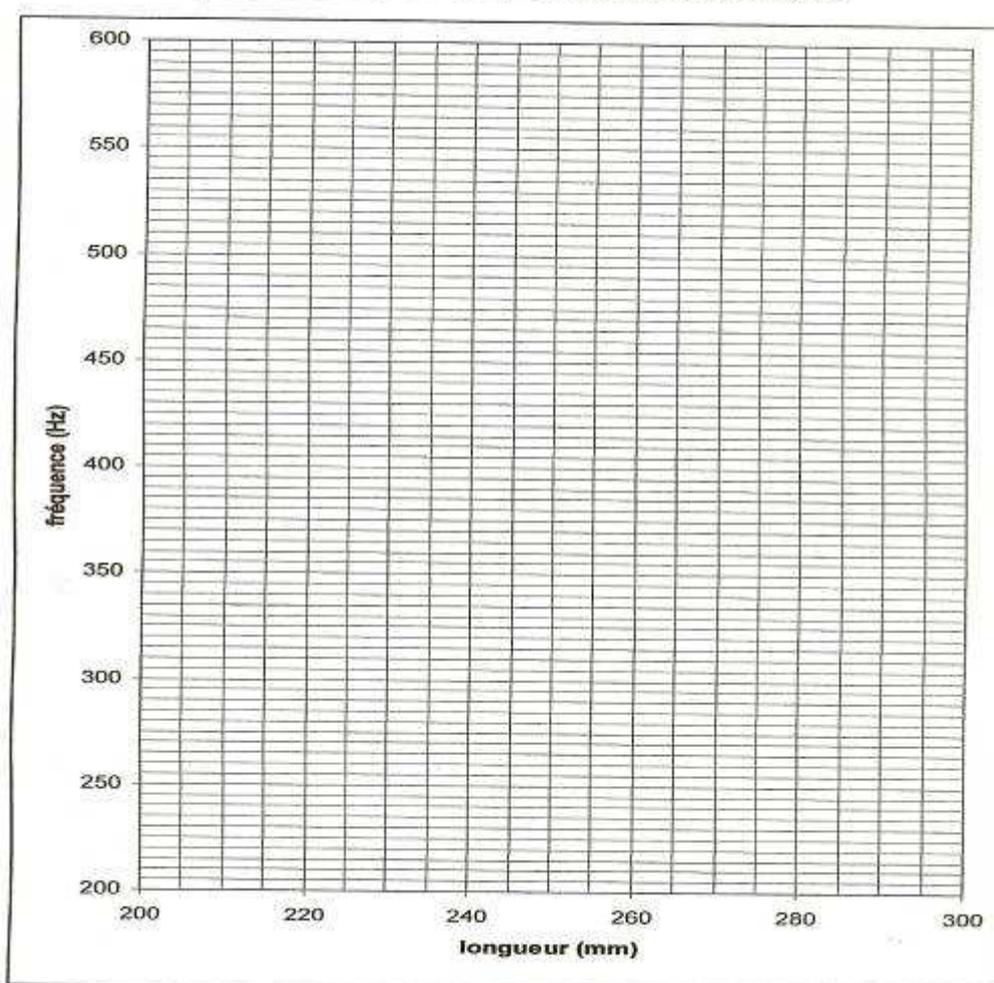
Les mesures sont effectuées sur 11 lames de 200 mm à 300 mm.



Résultats de l'expérience

Longueurs des lames (mm)	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
Fréquence (Hz)- Bois : bouleau	585	530	480	440	410	374	345	320	303	275	260
Fréquence (Hz)- Bois : Pao Rosa	496	442	410	375	345	310	294	272	253	232	221

Document réponse n°1 à rendre avec la copie



1) a- Sur le document réponse n° 1, tracer les courbes caractéristiques de la fréquence en fonction de la longueur des lames pour les 2 bois utilisés.

b- Recopier les phrases suivantes en choisissant les expressions qui conviennent :

- « Lorsque l'on prend des lames de plus en plus grandes, la fréquence naturelle de vibration de la lame :
[augmente] ; [diminue] ; [ne varie pas] »

- « Le son produit par la lame est :

[de plus en plus grave] ; [de plus en plus aigu] ; [identique] »

c- Pour une même fréquence, comparer la longueur d'une lame en bouleau et d'une lame en Pao Rosa.

Etude des résonateurs

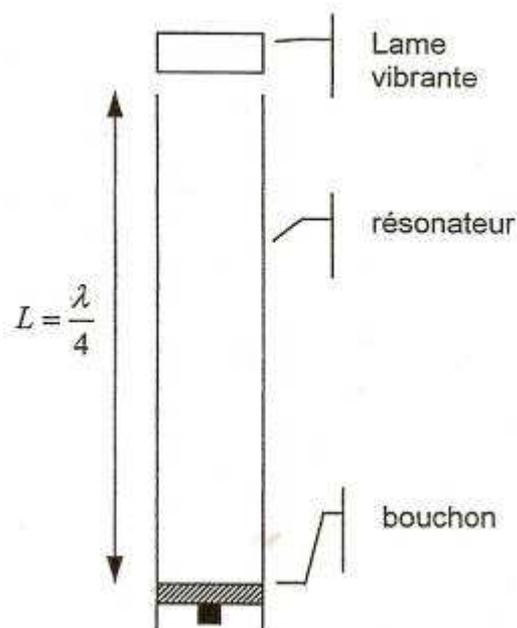
Pour que le résonateur amplifie correctement le son produit par la lame correspondante, il faut que la longueur de chaque résonateur soit égale au quart de la longueur d'onde du son.

2) a- Comment nomme-t-on les ondes à l'intérieur du résonateur ?

b- Calculer la longueur d'onde λ du son produit par la lame «La4» dont la fréquence naturelle de vibration vaut $f = 440$ Hz, sachant que la vitesse de propagation de l'air vaut $c = 342$ m.s⁻¹.

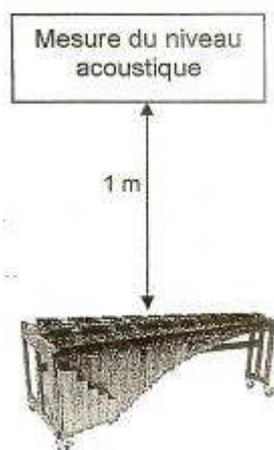
c- Vérifier que le résonateur correspondant à la lame «La4» mesure 194 mm.

d- Expliquer pourquoi le bouchon situé en bas du résonateur peut coulisser.



Mesure des niveaux acoustiques

A l'aide d'un appareil spécialisé, on mesure les niveaux acoustiques du marimba à un mètre de distance, avec et sans résonateur.



Conditions de l'étude :

- On considérera le marimba comme une source ponctuelle rayonnant dans tout l'espace.
- On néglige toute interaction avec la salle (réverbération,...).

Rappels :

- Surface d'une sphère $S = 4 \pi R^2$

Résultats des mesures pour la note La4 (440Hz)

- Avec résonateur : $L = 105$ dB
- Sans résonateur : $L = 90$ dB

3) a- Quel est le nom de l'appareil utilisé pour mesurer les niveaux sonores ?

b- Remplir le tableau en détaillant les calculs et en précisant les unités.

	Niveau sonore à 1 mètre	Intensité sonore I à 1 mètre	Puissance acoustique de la source
Avec résonateur	$L = 105$ dB		$P = 0,4$ W
Sans résonateur	$L = 90$ dB		

c- Déterminer à quel distance faut-il se placer du marimba avec résonateur en bois pour avoir le même niveau sonore mesuré à 1 mètre du marimba sans résonateur.

Mécanique

(Pour les questions 1, 2 et 3, qui suivent, le camion est à l'arrêt)

On charge sur un camion 20 panneaux de bois de dimension 2,00 m \times 2,50 m et d'épaisseur 19 mm.

Données :

Masse totale en charge du camion (masse du conducteur comprise) : $M_T = 3,70 \cdot 10^3$ kg
 $g = 10$ N.kg⁻¹

Masse volumique du bois des panneaux est $\rho = 800$ kg.m⁻³.

1) Calculer la masse m_p d'un panneau puis la masse totale M_p des 20 panneaux.

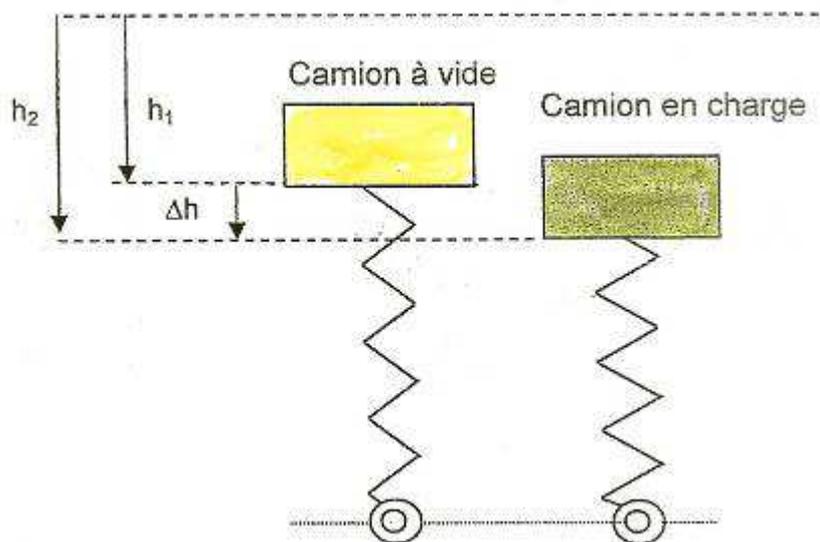
Quand on charge les 20 panneaux sur le camion, le châssis de celui-ci s'abaisse d'une hauteur Δh .

Chacune des suspensions supportant le châssis s'abaisse de Δh car elle supporte le quart du poids total du camion.

Chacune des suspensions peut être assimilée à un ressort parfait de masse négligeable, de raideur $k = 18,6 \cdot 10^4 \text{ N.m}^{-1}$ et travaillant en compression.

L'intensité R de la force de réaction du ressort à la compression est proportionnelle à sa diminution de longueur Δh résultant de la charge supplémentaire appliquée : $R = k \Delta h$.

On peut donc modéliser chaque suspension par le schéma ci-dessous :



h_1 est la compression des ressorts lorsque le camion est à vide.

Dans les questions 2.a à 2.c, l'étude porte sur une seule suspension.

2) a- Recenser et représenter les forces s'exerçant sur la charge d'une suspension.

b- Que vaut l'intensité F de la force responsable de l'accroissement de compression due aux panneaux ?

c- Ecrire les conditions d'équilibre sans les panneaux, puis avec les panneaux.

En déduire Δh et calculer sa valeur numérique.

Pour la suite du problème, on admet que l'ensemble des quatre suspensions de raideur k se comporte comme un seul ressort de raideur $K = 4k$ soumis à la masse totale M_T .

La pulsation propre ω_0 du système est donnée par la formule :

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{M_T}}$$

3) Calculer numériquement la fréquence propre f_0 et la période propre T_0 de ce système.

En réalité, la fréquence de résonance réelle, f_r des suspensions vaut 0,90 Hz.

Le camion roule maintenant sur un sol ondulé ayant un profil sinusoïdal où deux sommets sont séparés d'une distance $\lambda = 30 \text{ m}$.

Un phénomène de résonance se produit en roulant quand la fréquence des oscillations provoquées par les ondulations du sol correspond à la fréquence f_r du système.

4) Calculer la vitesse du camion V_r en m.s^{-1} , puis en km.h^{-1} , à laquelle se produit ce phénomène de résonance qui fait vibrer tout le camion et peut provoquer des dégâts matériels.

On admet que la conduite est inconfortable et dangereuse si la fréquence des vibrations dues au profil de la route est comprise entre les valeurs :

$$\frac{f_r}{\sqrt{2}} \text{ et } f_r \sqrt{2}$$

5) Quelles valeurs de la vitesse en m.s^{-1} , puis en km.h^{-1} , doit éviter le véhicule ?

SCBH 2010

*Le sujet comprend deux problèmes indépendants.
Chacun d'entre eux est composé de sous parties largement indépendantes.*

Mécanique : étude du freinage d'un véhicule

Une entreprise utilise une fourgonnette pour le transport des outillages et des personnes sur les chantiers. La masse totale en charge M vaut 2,1 tonnes.

On étudie dans la première partie le freinage de ce véhicule dans différentes conditions et dans la seconde partie le dispositif de freinage.

Les deux parties sont indépendantes.

Distance de freinage et distance d'arrêt

La distance d'arrêt d'un véhicule dépend de plusieurs facteurs dont l'état de la chaussée et la « distance de réaction » du conducteur liée à la durée s'écoulant entre la vision de l'obstacle et l'action du pied sur la pédale de frein.

La distance d'arrêt D_A est la somme de la distance de réaction D_R et de la distance de freinage D_F .

Pour la fourgonnette de chantier, les distances de réaction et de freinage sont données pour différentes vitesses initiales :

Vitesse v_0 (en km.h ⁻¹)	Distance de réaction D_R (en m)	Distance de freinage D_F (en m)	
		Route sèche	Route mouillée
45	12,5	13	26
90	25	52	104
130	36	123	246

1) Calculer le temps de réaction pour les deux vitesses extrêmes indiquées dans le tableau ci-dessus. Que peut-on en conclure ?

2) Indiquer les paramètres qui peuvent modifier les distances D_R et D_F .

On envisage un freinage jusqu'à l'arrêt total du véhicule sur une route horizontale rectiligne pour une vitesse initiale $v_0 = 90 \text{ km.h}^{-1}$.

On négligera tous les frottements dus à l'air.

3) a- Calculer l'énergie cinétique initiale E_c du véhicule avant le freinage.

b- Que vaut-elle à l'arrêt du véhicule ?

c- En déduire la variation de l'énergie cinétique ΔE_c entre le début du freinage et l'arrêt total du véhicule (énergie cinétique finale - énergie cinétique initiale).

La fourgonnette est soumise à trois forces constantes :

- son poids \vec{P}

- la composante normale \vec{R}_N de la réaction de la route

- une force \vec{F} modélisant l'ensemble des forces de freinage.

La force \vec{F} est de même direction et de sens opposé au déplacement du véhicule.

4) a- Pourquoi les travaux du poids \vec{P} et de la composante normale \vec{R}_N de la réaction sont-ils nuls ?

b- Appliquer le théorème de l'énergie cinétique entre le début du freinage et l'arrêt du véhicule et en déduire l'intensité F de la force de freinage sur route mouillée.

Effectuer l'application numérique.

Sur route sèche, le véhicule roulant à une vitesse $v_0 = 90 \text{ km.h}^{-1}$, le conducteur appuie sur la pédale de frein à l'instant $t = 0$, provoquant une force de freinage d'intensité $F = 12,6 \text{ kN}$.

5) a- Appliquer le principe fondamental de la dynamique au système {fourgonnette} soumis aux trois

forces constantes \vec{P} , \vec{R}_N et \vec{F} .

b- Exprimer l'accélération de la fourgonnette en utilisant la projection de la relation précédente sur l'axe horizontal de la route.

Le raisonnement conduit sera illustré par un schéma explicite.

Calculer la valeur de l'accélération en précisant son unité.

c- En déduire l'expression de la vitesse instantanée v , en fonction du temps.

Calculer la durée de freinage t_f .

Mécanique des fluides : Dispositif de freinage

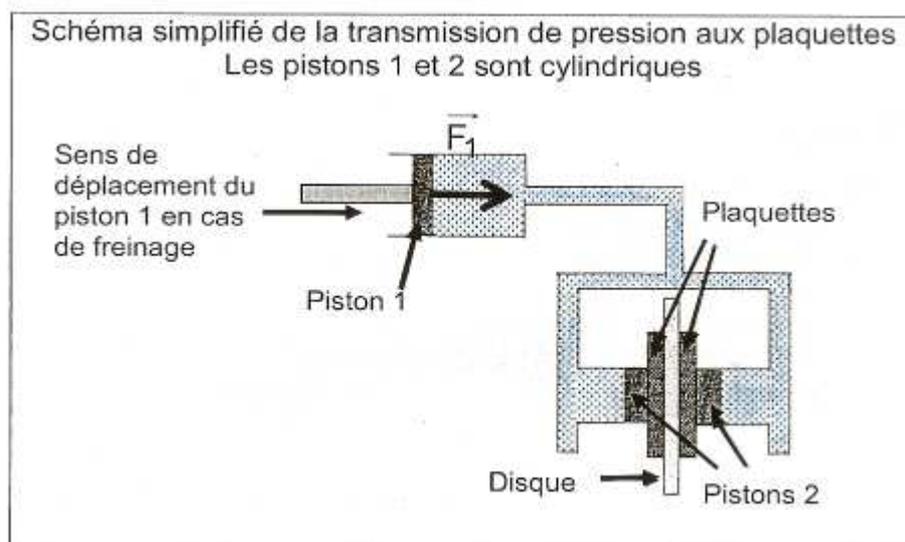
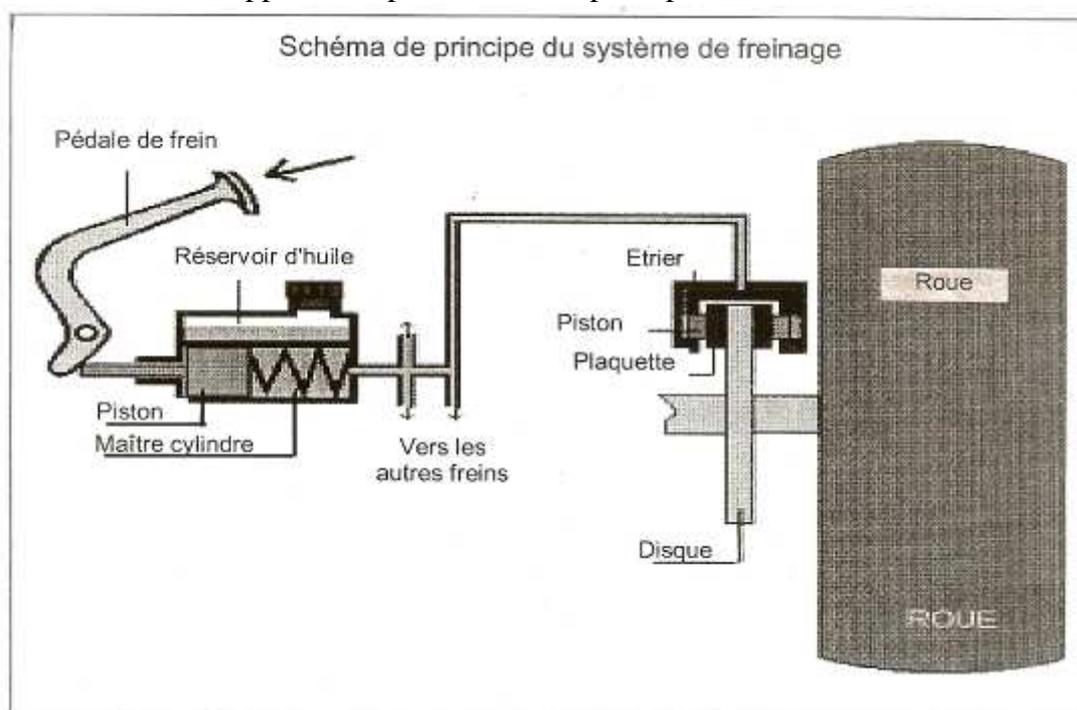
Le véhicule dispose d'un système de freinage hydromécanique à deux états :

- un rapport d'amplification de 6 pour les freins lents
- un rapport d'amplification de 23 pour les freins d'urgence.

Les schémas ci-après représentent le dispositif de freinage et le schéma de principe de la transmission de la pression aux plaquettes de freins.

Le liquide utilisé dans le système de freinage est incompressible.

Le système modifiant le rapport d'amplification n'est pas représenté.



Face à un obstacle sur la chaussée, l'automobiliste effectue un freinage d'urgence en exerçant sur la pédale de frein une force de 3,0 daN d'intensité.

6) a- Calculer l'intensité de la force amplifiée \overline{F}_1 , au niveau du maître cylindre.

b- Calculer la pression p exercée sur le liquide au niveau du maître cylindre par le piston 1 de diamètre 3,0 cm.

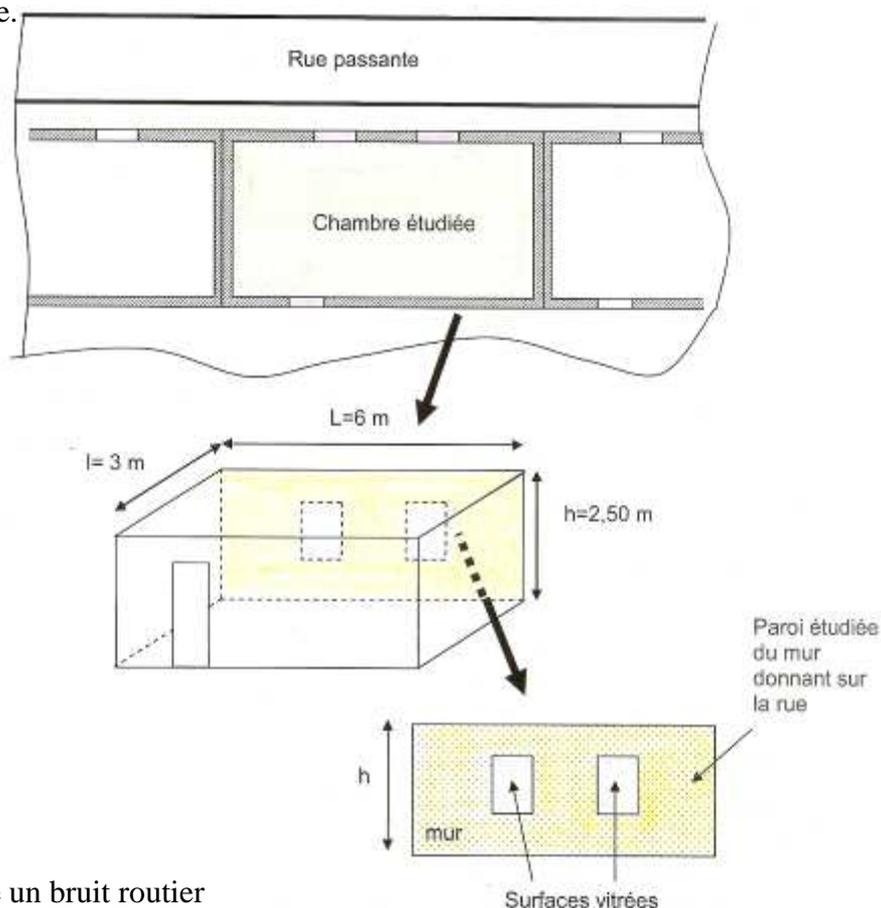
Le diamètre des pistons 2 des étriers est de 5,0 cm.

c- En déduire l'intensité de la force \overline{F}_2 exercée par l'un des pistons 2 sur une plaquette de frein.

Acoustique : isolation acoustique d'une chambre

On étudie l'isolation acoustique d'une chambre d'un appartement séparée de l'extérieur par un mur en brique creuse recouvert de polystyrène.

Ce mur possède deux surfaces vitrées.



Le test consiste à générer depuis la rue un bruit routier aux caractéristiques acoustiques connues et à mesurer le niveau sonore obtenu à l'intérieur de la chambre.

On estime que seule la paroi en contact avec l'extérieur transmet le bruit routier.

Caractéristiques du bruit routier.

Le bruit généré possède un spectre en fréquence riche de plusieurs composantes dont les caractéristiques sont données dans le tableau suivant :

Fréquence f (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau sonore N (dB)	76	75	71	70	68	62
Intensité sonore I ($W \cdot m^{-2}$)	$39,8 \cdot 10^{-6}$	$31,6 \cdot 10^{-6}$	$12,6 \cdot 10^{-6}$		$6,31 \cdot 10^{-6}$	$1,58 \cdot 10^{-6}$

1) a- Le bruit routier est-il plus riche en sons graves ou en sons aigus ?

Justifier votre réponse.

La célérité du son dans l'air est égale à $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

b- Calculer la longueur d'onde d'un son de fréquence 1000 Hz.

c- Quel est le nom de l'appareil utilisé pour mesurer un niveau sonore ?

Plusieurs corrections sont proposées sur ces appareils de mesures, notamment celle intitulée dBA.

d- Quel est l'intérêt d'une telle correction ?

Calcul du niveau sonore global du bruit généré :

e- Calculer l'intensité sonore de la composante de fréquence 1000 Hz.

f- Vérifier que le niveau sonore global est de 80,1 dB.

Niveau sonore à l'intérieur de la pièce avant travaux d'isolation

Données :

$$N = 10 \log(I/I_0)$$

$$D = N_{\text{extérieur}} - N_{\text{intérieur}}$$

$$D_n = D + 10 \log(T/T_0)$$

$$\tau = I_{\text{transmise}}/I_{\text{incidente}}$$

$$R = 10 \cdot \log(1/\tau)$$

$$\tau_{\text{global}} = (\tau_1 \cdot S_1 + \tau_2 \cdot S_2)/S, \text{ avec } S = S_1 + S_2$$

Le niveau sonore global à l'intérieur de la chambre mesuré avant des travaux d'isolation s'élève à 49 dB.

2) a- Quelle est la valeur de l'isolement brut **D** ?

Le temps de réverbération **T** représente la durée nécessaire à l'affaiblissement de 60 dB du niveau sonore d'une source, après extinction de celle-ci.

b- Que peut-on faire pour diminuer cette durée ?

c- Déterminer la valeur de l'isolement normalisé **D_n** sachant que pour la pièce, le temps de réverbération vaut 0,3 s.

Prévision du niveau sonore global après les travaux d'isolation

Afin d'améliorer l'isolation acoustique de la pièce, on prévoit d'effectuer des travaux.

L'architecte envisage de remplacer le mur précédent par un mur de surface **S** donnant sur la rue, en utilisant des briques creuses d'épaisseur 20 cm et d'un doublage intérieur par des plaques de polystyrène de 8 cm d'épaisseur.

Les surfaces vitrées du mur représentent 10% de la surface totale de celle-ci.

Il est demandé de prévoir l'isolement normalisé de cette paroi.

3) a- Calculer la valeur des surfaces vitrées et non vitrées **S_v** et **S_m**.

b- A l'aide du document technique 1, déterminer l'indice d'affaiblissement acoustique **R_m** de la surface non vitrée vis-à-vis des bruits routiers.

c- En déduire le facteur de transmission τ_m de la surface non vitrée de ce mur.

La surface vitrée est réalisée par un double vitrage acoustique 10(12)4

d- A l'aide du document technique 2, déterminer l'indice d'affaiblissement acoustique **R_v** de la surface vitrée vis-à-vis des bruits routiers selon la norme EN717-1.

e- Vérifier que le facteur de transmission τ_v de la surface vitrée vaut $6,3 \cdot 10^{-4}$.

f- Déduire des questions précédentes la valeur du facteur de transmission global τ_g de la paroi et la valeur de l'indice d'affaiblissement global **R_g**.

g- Estimer le nouvel isolement normalisé **D_n** en dB, sachant qu'il peut s'exprimer en fonction de **R_g** par la relation : **D_n = R_g + 10.log(0,32.V/S_p)**

V : volume du local en m³

S_p : surface totale de la paroi séparatrice en m²

• [Document technique 1](#)

Produit	k g/m ²	R _m en dB	
		Bruit rose	Bruit routier
Béton de 10 cm	220	50	45
Béton de 15 cm	350	55	50
Béton de 20 cm	470	60	55
Béton de 25 cm	595	64	59
Béton cellulaire de 15 cm	130	39	36
Béton cellulaire de 20 cm	260	47	44
Briques pleines 11 cm	210	46	41
Briques pleines 22 cm	420	57	54
Briques creuses 16 cm	200	46	42
Briques creuses 20 cm	250	51	49
Briques creuses 25 cm	300	51	49
Parpaings creux de 10 cm	160	42	39
Parpaings creux de 15 cm	220	48	44
Parpaings creux de 20 cm (2 rangs d'alvéoles)	380	52	48
Parpaings creux de 20 cm (3 rangs d'alvéoles)	410	55	51
Parpaings pleins de 15 cm	320	53	50
Parpaings pleins de 20 cm	420	59	53
Béton de 16 cm + polystyrène 8 cm	385	53	50
Béton de 16 cm + laine 8 cm	385	57	52
Parpaings creux 20 cm (3 rangs d'alvéoles) + polystyrène 8 cm	380	52	48
Parpaings creux 20 cm (3 rangs d'alvéoles) + laine min.8 cm	380	59	55
Briques creuse 20 cm + polystyrène 8 cm	290	45	41
Briques creuse 20 cm + laine min.8 cm	290	51	47

• [Document technique 2](#)

D'après la norme EN717-1,
"L'affaiblissement face aux bruits routiers R_r est égal à la somme de l'indice d'affaiblissement pondéré R_w et du terme de correction de bruit routier C_{tr}."

Composition des vitrages		Valeurs selon EN 717-1		
		Indice d'affaiblissement pondéré	Correction bruit rose	Correction bruit routier
		R _w	C _r	C _{tr}
Vitrage monolithique	6mm	31	-1	-2
	8mm	32	-1	-2
	10mm	33	-1	-2
Double vitrage	4(12)4	30	0	-3
	4(16)4	30	0	-3
	8(16)8	34	-1	-4
Double vitrage acoustique	4(12)6	33	-1	-4
	4(16)8	35	-1	-5
	10(12)4	35	0	-3
Double vitrage de sécurité renforcé	8(20)44,2	38	-1	-5
	8(20)44,4	40	-1	-4
Double vitrage acoustique et de sécurité	8(12)44,1A	40	-2	-5
	10(12)44,1A	41	0	-4
	64,2A(20)44,2A	47	-2	-7

SCBH 2011

Construction d'un refuge de montagne aux normes : « Haute Qualité Expérimentale »

Données :

Accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Masse volumique de l'eau : $\rho_e = 1,00.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Contexte, présentation du projet

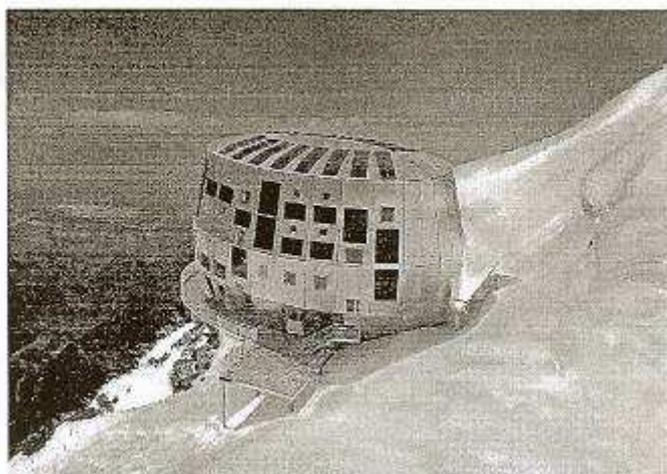
« Le développement durable au sommet » : tel est le slogan mis en avant pour la construction du nouveau refuge de l'aiguille du Goûter (à 3500 m d'altitude) sur la principale voie d'accès au sommet du Mont Blanc.

Ce refuge, d'une capacité de 120 places, doit être livré en juin 2012.

Il respectera les normes HQE :

« Haute Qualité Environnementale »

Une plate-forme métallique, support du refuge, sera ancrée sur l'arête rocheuse. La structure sera en bois local.



L'enveloppe extérieure sera composée de pièces en acier inoxydable brossé, de faible émissivité.

L'isolation des façades, plancher et toiture sera réalisée en panneaux de laine de bois.

Cette isolation contribuera à l'inertie thermique du bâtiment.



Le mode constructif est basé sur des modules préfabriqués.

Dimensionnés pour le transport par hélicoptère, ils auront une masse maximum de 550 kg.

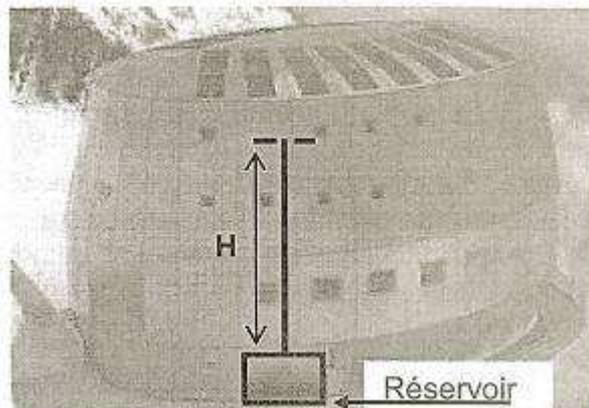
Pour limiter les vols stationnaires, ils seront entreposés sur une aire de dépose, puis levés au moyen de « chèvres » (appareils rustiques de manutention).

Ceci permettra une économie de 30% des rotations d'hélicoptère.

Mécanique des fluides : étude de l'alimentation en eau

Pompage de l'eau

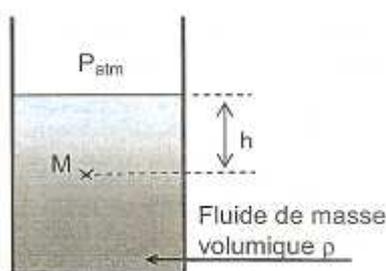
L'eau sanitaire est stockée dans 6 réservoirs situés sous le fondoir ;
Elle est ensuite acheminée jusqu'au niveau 3, situé à une hauteur $H = 13,3$ m, au-dessus des réservoirs, par une pompe électrique.



On note P_{atm} la pression atmosphérique à l'altitude du refuge.

Pour les applications numériques, sa valeur, supposée constante en tout point du refuge, sera prise égale à 63,0 kPa.

1) a- Rappeler la loi fondamentale de l'hydrostatique donnant la pression P_M en un point M situé à une profondeur h d'un fluide de masse volumique ρ .



b- Calculer la pression minimale P_{pompe} en sortie de pompe, sachant que la pression de sortie P_s délivrée au niveau 3 doit être supérieure de 70,0 kPa à la pression atmosphérique.

Pour la suite de l'étude, on utilisera les pressions relatives à la pression atmosphérique.

La pression relative en un point M, p_M , est égale à la différence entre la pression absolue P_M et la pression atmosphérique en ce point : $p_M = P_M - P_{atm}$.

Energie consommée par la pompe

La pression relative à la sortie de la pompe vaut $p_{pompe} = 2,00 \cdot 10^5$ Pa.

2) a- Calculer la hauteur H_{max} à laquelle cette pompe serait théoriquement capable d'élever l'eau.

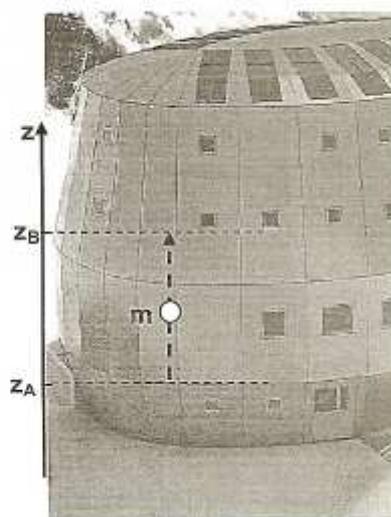
Energie potentielle

La variation d'énergie potentielle de pesanteur, ΔE_p , d'un système de masse m passant d'une altitude z_A à une altitude z_B est donnée par la relation :

$$\Delta E_p = m \cdot g \cdot (z_B - z_A)$$

g : accélération de la pesanteur,

Les altitudes z_A et z_B sont exprimées en m.

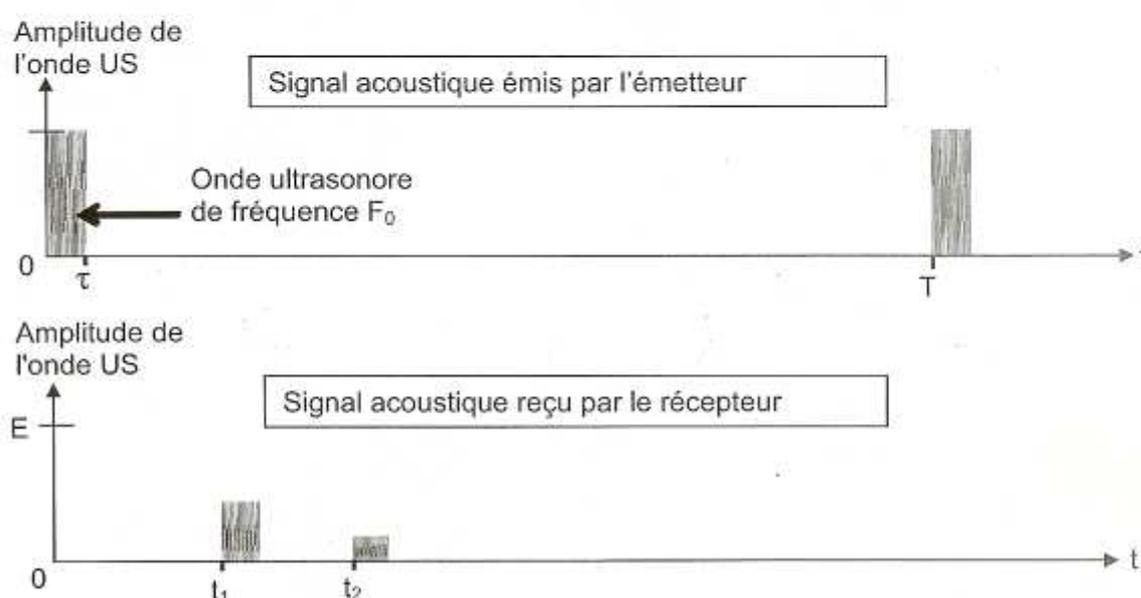
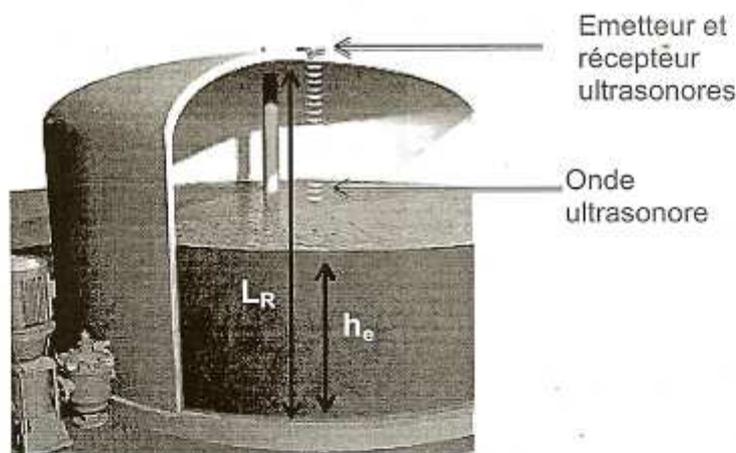


b- Exprimer puis calculer la variation d'énergie potentielle ΔE_p d'un volume d'eau V de 3000 L d'eau élevé depuis le réservoir jusqu'à une hauteur $H = 13,3$ m.

c- Calculer l'énergie consommée par une pompe de rendement $\eta = 32\%$ pour transférer le contenu d'un réservoir de volume $V = 3000$ L dans les conditions 2) b-.

Exprimer cette énergie en kWh.

Acoustique : mesure de la hauteur du niveau d'eau dans les réservoirs



La mesure du niveau d'eau dans le réservoir est effectuée par un ensemble (émetteur, récepteur) d'ondes ultrasonores situées au sommet du réservoir.

L'émetteur produit des salves sonores sinusoïdales de fréquence F_0 égale à 40 Hz.

Chaque salve a une durée τ , les salves sont émises avec une période T (toutes les T secondes, une salve d'onde ultrasonore de durée τ est émise).

L'onde ultrasonore (onde US) est partiellement réfléchi lors d'un changement de milieu de propagation comme, par exemple, le passage de l'air dans l'eau.

Le récepteur ultrasonore reçoit les ondes réfléchies et les convertit en signaux électriques qui sont ensuite traités pour afficher le niveau d'eau dans le réservoir.

L'émetteur est suffisamment directionnel pour éviter les échos des ondes sur la paroi latérale du réservoir, mais le récepteur reçoit néanmoins deux signaux réfléchis, le second ayant une amplitude beaucoup plus faible que le premier.

Les signaux ultrasonores émis à l'instant $t = 0$ produisent deux échos reçus aux instants t_1 et t_2 par le récepteur. Seul le premier, dû à la réflexion sur la surface de l'eau contenue dans le réservoir, est pris en compte pour déterminer la hauteur d'eau.

On note L_R la hauteur du réservoir, h_e la hauteur de l'eau qu'il contient et c_e la célérité du son dans l'air.

Hauteur totale du réservoir : $L_R = 3,00 \text{ m}$

L'étude est effectuée pour une salve émise en $t = 0$, le premier écho est reçu à l'instant $t = t_1$.

1) a- Exprimer la durée t_1 en fonction de L_R , h_e et c_e .

b- Pour une célérité $c_e = 336 \text{ m.s}^{-1}$, déterminer numériquement la durée t_1 si la hauteur d'eau h_e vaut 2,00 m.

On souhaite pouvoir mesurer des hauteurs d'eau comprises entre 30 cm et 2,70 m avec une célérité des ondes ultrasonores de 336 m.s^{-1} .

La durée t_1 doit au moins être égale à 2τ .

2) a- Par une étude qualitative, préciser quelle est la hauteur d'eau limite, 30 cm ou 2,70 m, qui fixe la valeur maximale de τ .

Calculer alors cette valeur maximale.

La durée entre deux salves, T , est fixée à une valeur supérieure ou égale à $2t_1$.

b- Par un raisonnement semblable à celui de la question précédente, déterminer numériquement la valeur minimale de T .

En fait la célérité du son dans l'air dépend de la température.

Le dispositif de mesure de la hauteur d'eau intègre un capteur de température et une correction automatique de la mesure en fonction de la température du milieu de propagation.

Le tableau ci-dessous donne la valeur de la célérité du son dans l'air pour quelques températures comprises entre 273 K et 293 K.

Température (K)	273	277	281	285	289	293
Célérité (m.s^{-1})	331	333	336	338	340	343

L'isolation du refuge garantit une température de l'eau et de l'air du réservoir entre 4°C en hiver et 12°C en été.

Pour une hauteur d'eau h_e' différente de h_e , on mesure une durée t_1' égale à 8,93 ms dans des conditions où la température de l'air du réservoir θ vaut $4,0^\circ\text{C}$.

3) Quelle serait l'erreur relative commise sur la hauteur d'eau en l'absence de correction (on rappelle que la célérité en l'absence de correction vaut 336 m.s^{-1}) ?

Aurait-on pu pour ce refuge installer un dispositif n'effectuant pas de correction ?

Thermique : inertie thermique du bâtiment

Pour étudier les échanges thermiques avec l'extérieur, on suppose que le bâtiment est constitué :

- d'une enveloppe comprenant le plancher, les murs extérieurs et la toiture, de surface développée S_e de 1100 m^2 et de conductance thermique surfacique $U_e = 0,160 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

- d'ouvertures de surface globale S_o égale à 4% de la surface de l'enveloppe et de conductance thermique surfacique $U_o = 0,900 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

Les pertes thermiques sont calculées à partir des valeurs des conductances thermiques surfaciques qui prennent en compte la nature du matériau et son épaisseur.

1) Calculer la conductance thermique surfacique globale $U_{\text{bât}}$ du bâtiment.

2) Calculer le flux thermique Φ (en watt) traversant le bâtiment lorsque les températures intérieure et extérieure sont respectivement stabilisées à $\theta_{\text{int}} = 15,0^\circ\text{C}$ et $\theta_{\text{ext}} = -20^\circ\text{C}$.

Calorimétrie

Le refuge est isolé par 317 m^3 de laine de bois de masse volumique $\rho_b = 55 \text{ kg.m}^{-3}$ et de capacité thermique massique $c_b = 2100 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

3) a- Calculer la Capacité thermique C de la totalité de l'isolant.

On suppose que pendant la nuit, la puissance thermique moyenne à travers les parois vaut $7,00 \text{ kW}$ et qu'elle est fournie par l'isolant thermique au milieu extérieur.

b- Calculer l'énergie Q_1 perdue à travers les parois du refuge pendant une nuit de 12 h.

c- En déduire la variation de température de l'isolant au cours de la nuit.

Chimie organique : impact environnemental des hélicoptères

Les hélicoptères utilisés consomment du « Jet A1 », carburant constitué d'un mélange d'alcane comportant environ 8 à 20 atomes de carbone.

On suppose pour cette étude que le carburant utilisé est essentiellement de l'octane de formule brute C_8H_{18} .

1) Ecrire et équilibrer l'équation-bilan de réaction de combustion complète de l'octane dans le dioxygène de l'air.

On estime que pour hélicopter le matériel et les matériaux nécessaires à la construction du refuge, on consommera une masse m_1 de 18,0 tonnes d'équivalent octane.

2) a- Calculer la masse molaire de l'octane.

b- En déduire la quantité de matière, puis la masse m_2 de dioxyde de carbone produit lors de la

combustion.

La production de gaz à effet de serre (GES) est souvent exprimée en « kg équivalent carbone ».

Pour le dioxyde de carbone – qui n'est pas le seul gaz à effet de serre – l'équivalent carbone correspond à la masse d'élément carbone contenue dans la quantité de gaz libéré.

3) a- Calculer cette masse, que l'on nommera m_3 .

b- Comparer le bilan carbone de la construction du refuge de surface habitable d'environ 400 m^2 à celui de la construction d'une maison individuelle utilisant des matériaux tels que le ciment, le béton et le bois pour la charpente.

Donnée :

L'équivalent CO_2 de la construction d'une maison individuelle de 150 m^2 est de $31,1 \cdot 10^3 \text{ kg}$.

SCBH 2012

Les deux problèmes sont totalement indépendants.

Dans chaque problème, les parties sont également indépendantes.

Problème 1

Transferts thermiques et changements d'état

Un technicien chargé d'effectuer un bilan thermique d'une maison à structure bois se rend sur le chantier un jour d'hiver où la température extérieure de l'air θ_e vaut $-5,00^\circ\text{C}$.

Il analyse dans un premier temps la cuisine de dimensions $L = 4,00 \text{ m}$, $\ell = 3,00 \text{ m}$ et $h = 2,75 \text{ m}$.

Elle possède un système de ventilation qui permet un renouvellement de l'air en 1h30.

La température θ_i de cette pièce est égale à $19,0^\circ\text{C}$.

Transferts thermiques

(calorimétrie)

On analysera dans cette partie l'énergie nécessaire au chauffage de l'air renouvelé dans la cuisine puis aux échanges thermiques à travers une paroi extérieure.

On note c_m la capacité thermique massique de l'air et ρ sa masse volumique.

1) Exprimer l'énergie Q reçue sous forme de chaleur par l'air extérieur lors d'un renouvellement total de l'air de la cuisine en fonction du volume V de celle-ci, de ρ , de c_m et des températures θ_i et θ_e .

Calculer la valeur de Q .

2) Calculer la valeur en watts de la puissance thermique P_a reçue par l'air de cette cuisine.

(thermique)

La cuisine n'a qu'une paroi en contact avec l'extérieur.

Toutes les autres parois séparent la cuisine d'autres pièces dont la température vaut $19,0^\circ\text{C}$.

La surface en contact avec l'extérieur a une surface totale S_t de $12,0 \text{ m}^2$ et comprend une fenêtre de surface S_v égale à $2,00 \text{ m}^2$.

On note respectivement U_b et U_v les coefficients globaux de transferts thermiques des éléments non vitrés de la paroi et de la fenêtre.

3) Exprimer les flux thermiques Φ_b et Φ_v à travers les éléments non vitrés et à travers la fenêtre.

Calculer numériquement ces deux flux.

Le système de ventilation est couplé à un système de chauffage qui en régime permanent assure le maintien en température de cette pièce un jour d'hiver.

4) a- Calculer alors la puissance thermique totale P que devra fournir le système de chauffage.

b- Sachant que le kWh est facturé $0,121 \text{ €}$, calculer le coût de fonctionnement pour la cuisine du système de chauffage en une journée d'hiver.

Données :

capacité thermique massique de l'air : $c_{air} = 1,00 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Masse volumique de l'air pair : $\rho = 1,29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Coefficients de transmission thermique surfacique (ou conductance thermique surfacique) :

éléments non vitrés de la paroi : $U_b = 0,33 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

verre : $U_v = 3,00 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Chaudière à condensation (calorimétrie)

Le propriétaire de la maison souhaite remplacer sa chaudière classique par une chaudière à condensation. Quelques éléments de documentation sur le principe de fonctionnement de cette chaudière figurent en banque de données.

1) Pourquoi une chaudière à condensation permet-elle de réduire la consommation d'énergie pour le chauffage d'une habitation par rapport à une chaudière traditionnelle ?

Cette solution est-elle de même nature que celle consistant à accroître l'isolation ?

La réponse sera justifiée.

Le document fourni en banque de données indique que les produits de condensation sont principalement du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.

La chaudière fonctionne au propane, de formule chimique C_3H_8 (**chimie organique**).

2) Ecrire et équilibrer l'équation de combustion de ce gaz dans le dioxygène.

3) Quelle(s) différence(s) faites-vous entre les "produits de combustion" et les "condensats" ?

Le propriétaire de la maison vous indique que sa consommation annuelle de propane est de 2,30 tonnes. Vous souhaitez vérifier que la documentation prévoyant une économie d'énergie de 15 % à 20 % est plausible.

En première approximation, l'énergie E_t dégagée par la combustion du propane se répartit entre l'énergie E_s utilisée pour chauffer l'eau à travers l'échangeur - partie utile pour le chauffage - et l'énergie E_v nécessaire à la vaporisation de l'eau produite par la combustion (énergie non récupérée dans une chaudière classique).

4) a- Calculer numériquement les énergies E_t , E_s et E_v pour une année de chauffage.

b- Quelle serait la masse de propane nécessaire au chauffage de l'habitation si toute l'énergie de combustion était utilisée pour réchauffer l'eau de chauffage à travers l'échangeur.

(cas d'une chaudière à condensation idéale) ?

c- Conclure sur l'économie effectivement réalisée par une telle chaudière.

Citer un facteur qui pourrait expliquer l'écart entre l'économie d'énergie évoquée par la publicité et celle obtenue par calcul dans la question 4 b.

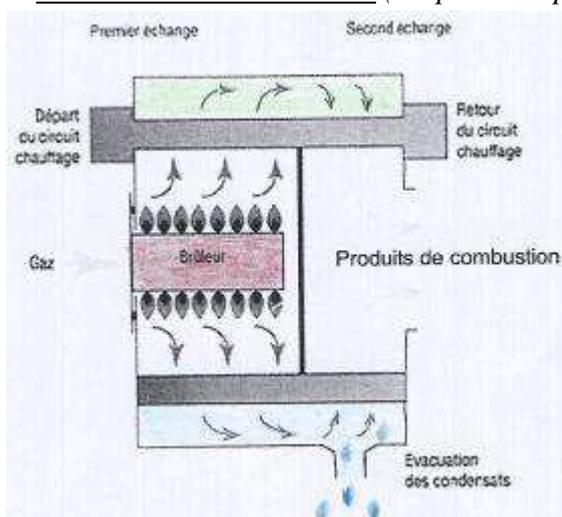
Données :

chaleur Latente massique de liquéfaction de la vapeur d'eau : $L_\ell = 2,27 \cdot 10^6 \text{ J.kg}^{-1}$

Pouvoir combustible du propane : $P_c = 50,4 \cdot 10^6 \text{ J.kg}^{-1}$

Quantité d'eau formée par la combustion d'une masse de 1,00 kg de propane : $m(H_2O) = 1,63 \text{ kg}$

Chaudière à condensation (d'après wikipédia et Chaffoteaux)



Une chaudière à condensation permet de réduire la consommation d'énergie pour le chauffage de 15 à 20% par rapport à une chaudière standard récente.

Dans une chaudière classique, même à haut rendement (basse ou très basse température) les pertes thermiques de la chaudière se font principalement par les produits résultant de la combustion dont la température est plus importante que celle de l'air.

Parmi eux, se trouve entre autres, de la vapeur d'eau, issue de la réaction chimique de combustion qui, si la chaudière est bien réglée, produit principalement de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone (CO_2). Lors du passage de l'état gazeux à l'état liquide, l'eau restitue de l'énergie, appelée chaleur latente de liquéfaction.

Cette énergie ne peut être récupérée si la vapeur d'eau s'échappe dans l'atmosphère.

Le rôle de la chaudière à condensation est donc de récupérer une partie de cette énergie, en condensant la vapeur d'eau contenue dans les produits de combustion et de la transmettre à l'eau du circuit de chauffage.

On utilise un échangeur condenseur dans lequel circule l'eau de retour chauffage de basse température.

En se condensant, la vapeur se transforme en eau liquide et fournit de l'énergie ainsi récupérée.

L'eau condensée est ensuite évacuée vers un conduit d'évacuation des eaux usées.

Problème 2

Mécanique : Etude statique et dynamique d'un monte tuiles



On utilise fréquemment sur les chantiers un appareil destiné à hisser des palettes de tuiles sur les toits.

Ce « monte-tuiles » est constitué d'une échelle sur les rails de laquelle roule un chariot tracté par un câble et un moteur électrique.

L'échelle épouse la forme du toit.

Le dispositif est équipé de deux systèmes de freinage :

- un frein d'arrêt immobilisant le chariot sur le toit lors du chargement ou du déchargement des tuiles
- un frein de secours entrant en action lorsque la vitesse du chariot atteint $2,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; ce frein peut par exemple entrer en action en cas de défaillance du frein d'arrêt.

Par ailleurs, des contrôles réguliers de l'ensemble du dispositif assurent la sécurité des personnels et du matériel.

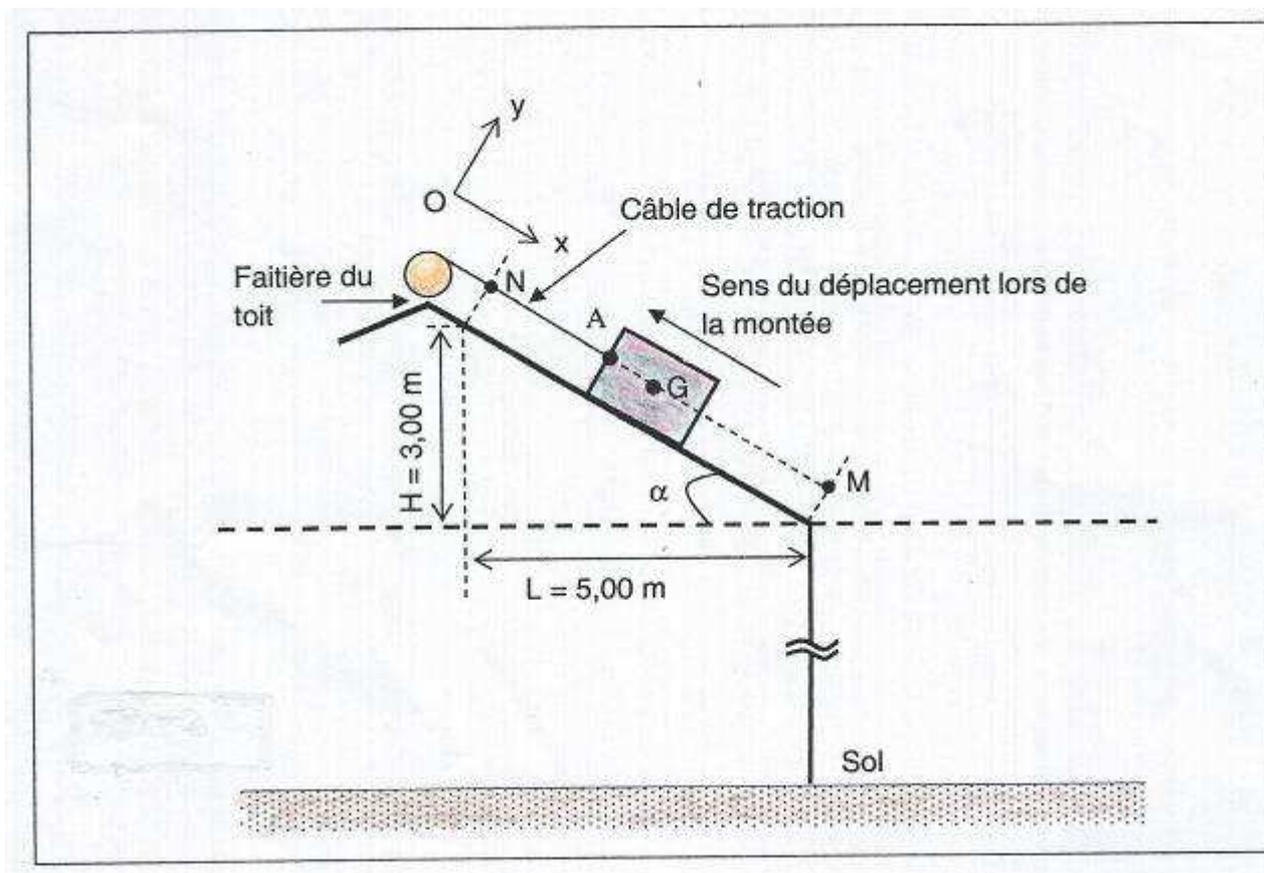
Le chariot du monte tuiles et la charge hissée ont une masse globale m égale à 100 kg .

Cet ensemble est schématisé ci-dessous par un solide parallélépipédique de centre d'inertie G .

Le câble de traction, tracté par un moteur électrique, est accroché en A .

L'étude portera uniquement sur la partie inclinée du toit (voir schéma simplifié ci-dessous).

Dans tout le problème, on prendra comme accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$



Etude statique

Le chariot est en équilibre dans la position de la figure ci-dessus.

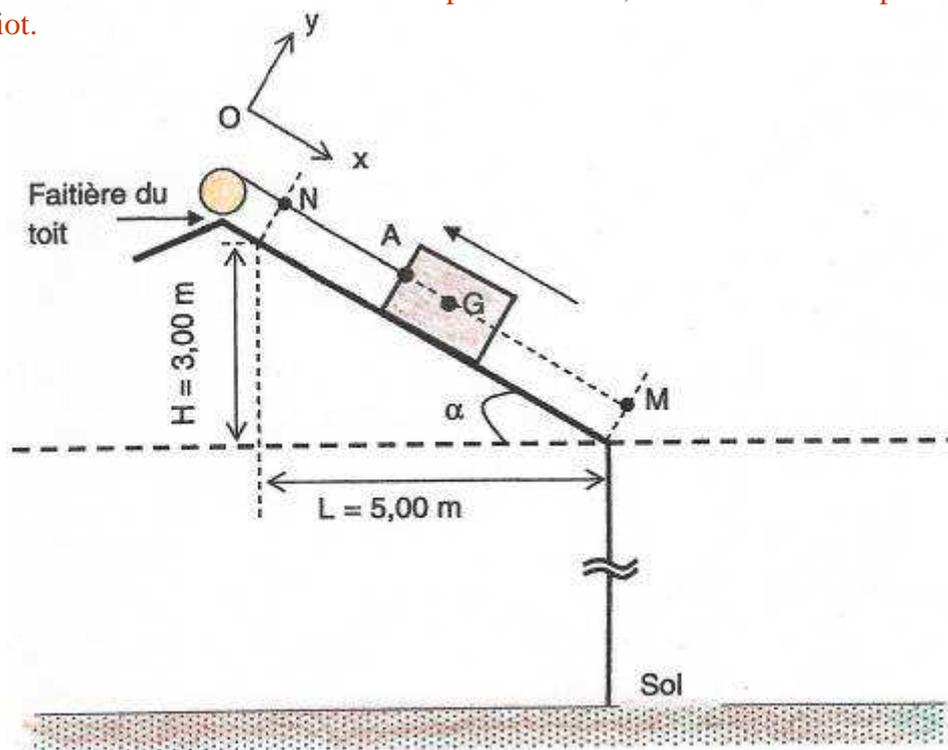
L'intensité de la force de traction \vec{F} exercée par le câble est égale à 400 N.

L'action du plan incliné sur le bloc peut-être représentée par une force \vec{R} qui a deux composantes :

- l'une, \vec{R}_T , parallèle au plan incliné
- l'autre, \vec{R}_N , normale à celui-ci.

1) Déterminer la valeur de l'angle α du plan incliné.

2) Représenter sans souci d'échelle sur le document réponse suivant, à rendre avec la copie les forces exercées sur le chariot.



3) Ecrire la condition d'équilibre du chariot.

En projetant la relation précédente sur les deux axes Ox et Oy :

4) a- Exprimer littéralement les composantes $\overline{R_T}$ et $\overline{R_N}$ de la réaction du support et calculer leurs valeurs.

b- En déduire le coefficient de frottement statique μ_s .

Etude dynamique

A un instant $t = 0$, le frein d'arrêt se libère accidentellement lorsque le chariot se trouve au niveau de la faitière à une hauteur $H = 3,00$ m.

Le câble de traction ne le retenant plus, le chariot glisse en suivant la pente du plan incliné jusqu'au déclenchement du frein de secours.

Lorsque le chariot est en mouvement, l'intensité de la composante tangentielle de la force de frottement vaut $R_T = 50,0$ N.

1) Ecrire la relation fondamentale de la dynamique appliquée au chariot.

Mouvement du chariot en l'absence de freinage :

2) a- En projetant sur l'axe Ox donner l'expression littérale de l'accélération du chariot et en déduire sa valeur numérique.

b- Quelle est la nature du mouvement du chariot ?

Le frein de secours se déclenche à une date t_1 lorsque la vitesse v du chariot atteint $2,00$ m.s⁻¹.

c- Calculer cette date et en déduire la distance parcourue par le chariot avant l'entrée en service du frein de secours.

Une fois en action, le frein de secours immobilise le chariot sur une distance Δx égale à $30,0$ cm.

Pour déterminer l'intensité de la force, $\overline{F_f}$, exercée par le frein de secours sur le chariot on utilisera le théorème de l'énergie cinétique.

On suppose cette force constante pendant le freinage.

L'étude est effectuée sur la distance Δx .

Les forces exercées sur le chariot sont le poids \overline{P} , la réaction \overline{R} du plan incliné et la force de freinage $\overline{F_f}$ de même direction que le mouvement.

3) a- Exprimer les travaux $W(\overline{P})$, $W(\overline{F_f})$ et $W(\overline{R})$ des forces appliquées au chariot en fonction de m , Δx , α , g , F_f et R_T .

On note v_i , la vitesse du chariot lors de l'entrée en service du frein de secours.

b- En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, exprimer puis calculer l'intensité de la force de freinage exercée par le frein de secours.