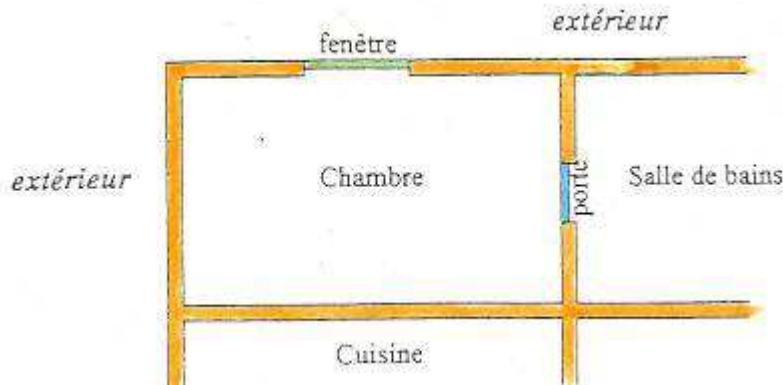


3. enveloppe du bâtiment (16)

EB 1996

On se propose d'étudier, du point de vue thermique, acoustique et chimique, la fenêtre d'une chambre d'appartement dont le plan est représenté ci-dessous :



Les dimensions de la chambre sont :

- longueur $L = 6,00 \text{ m}$
- largeur $\ell = 4,00 \text{ m}$
- hauteur $h = 2,50 \text{ m}$

L'épaisseur des murs est $e_m = 20 \text{ cm}$
 La fenêtre est rectangulaire et a pour dimensions : largeur $\ell_f = 1,10 \text{ m}$ et hauteur $h_f = 0,70 \text{ m}$

Thermique

Etude thermique

La température dans toutes les pièces de l'appartement est égale à 20°C ainsi que dans les appartements voisins des étages inférieures et supérieures.

La température extérieure est de 5°C .

Pour les murs extérieurs, on donne :

coefficient d'échanges superficiels interne : $h_i = 7,0 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

coefficient d'échanges superficiels externe : $h_e = 20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

conductivité thermique du matériau constituant les murs : $\lambda_m = 0,60 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

On appelle Φ , le flux thermique traversant une paroi homogène.

On désigne par :

S : la surface de la paroi,

e : l'épaisseur de la paroi,

$\Delta\theta$: la différence des températures de part et d'autre de la paroi,

λ : la conductivité thermique du matériau constituant la paroi,

R : la résistance thermique de la paroi,

U : le coefficient de transmission surfacique de la paroi,

1) a- Exprimer Φ en fonction de λ , S , $\Delta\theta$ et e .

Φ peut également s'exprimer en fonction de U (et d'autres grandeurs), ou de R (et d'une autre grandeur).

b- Donner les expressions correspondantes.

2) Les flux thermiques qui traversent la porte, le mur de la salle de bains, le mur de la cuisine, le sol et le plafond sont nuls. Pourquoi ?

3) a- Calculer la surface de la fenêtre.

b- Calculer la surface des murs occasionnant des pertes thermiques.

On ne tiendra pas compte des effets thermiques dans les angles.

4) a- Donner l'expression littérale de la résistance thermique surfacique des murs r_m en fonction des données.

Calculer r_m .

b- Donner l'expression littérale du flux thermique surfacique ϕ_m traversant les murs.

Calculer ϕ_m .

c- Donner l'expression littérale du flux thermique Φ_m traversant les murs.

Calculer Φ_m .

En régime permanent, le dispositif de chauffage apporte une puissance thermique $P = 740 \text{ W}$ à l'ensemble de la chambre.

On admet que le flux thermique traversant les murs est $\Phi_m = 691 \text{ W}$.

5) a- Donner la relation entre P , Φ_m et Φ_f (flux thermique traversant la fenêtre).

En déduire la valeur de Φ_f .

b) En déduire la valeur de φ_f , flux thermique surfacique traversant la fenêtre.

Acoustique

La chambre donne sur une rue.

On admet que seules les parois de cette chambre contiguës avec l'extérieur transmettent le bruit.

L'analyse, par bande d'octaves, du bruit de la rue donne les résultats suivants :

Fréquence médiane de la bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000
Niveau d'intensité acoustique (dB)	71	70	66	65	57
Intensité sonore ($W.m^{-2}$)			$4,0 \cdot 10^{-6}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$

1) a- Calculer I_{125} et I_{250} , les intensités sonores correspondant aux fréquences médianes respectives de 125 Hz et 250 Hz.

b- Calculer I_g l'intensité sonore globale de ce bruit.

c- Calculer N_g le niveau global de ce bruit.

La masse volumique et l'épaisseur des murs sont respectivement $\rho_m = 2100 \text{ kg.m}^{-3}$ et $e_m = 20 \text{ cm}$.

2) a- Déterminer la masse surfacique σ_m des murs.

b- En déduire l'indice d'affaiblissement acoustique R_m des murs extérieurs.

c- En déduire τ_m le facteur de transmission des murs extérieurs.

3) a- Sachant que la masse surfacique du verre est $\sigma_v = 7 \text{ kg.m}^{-2}$, déterminer R_f l'indice d'affaiblissement acoustique de la fenêtre.

b- En déduire τ_f le facteur de transmission de la fenêtre.

4) Calculer l'isolement brut D_b de la chambre avec l'extérieur, sachant que l'aire d'absorption équivalente de la chambre a pour valeur $A = 14 \text{ m}^2$.

5) Calculer le niveau acoustique dans la chambre.

Données :

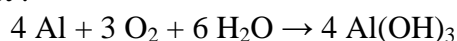
$$R = 17 \log \sigma + 4, \text{ pour } \sigma < 150 \text{ kg.m}^{-2}$$

$$R = 40 \log \sigma - 46, \text{ pour } \sigma > 150 \text{ kg.m}^{-2}$$

Oxydoréduction

On se propose d'étudier le phénomène d'oxydation de l'aluminium constituant le châssis de la fenêtre au contact de l'air.

L'équation-bilan de cette réaction est :



1) A l'aide du tableau ci-dessous, indiquer quel est :

a- l'oxydant le plus fort.

b- le réducteur le plus fort.

Couple oxydant / réducteur	Demi-équation électronique	Potentiel standard E^0
O_2 / OH^-	$\text{O}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} + 4 \text{ e}^- \rightarrow 4 \text{ OH}^-$	0,40 V
$\text{Al}^{3+} / \text{Al}$		- 1,66 V

2) Parmi les quatre espèces présentes dans les deux couples redox ci-dessus, quelles sont celles qui sont susceptibles de réagir ensemble ?

3) a- Ecrire la demi-équation électronique concernant le couple $\text{Al}^{3+} / \text{Al}$.

b- Justifier l'écriture de l'équation-bilan de la réaction d'oxydoréduction à l'aide des demi-équations.

Sur l'ensemble du châssis, on estime à 15,6 g la masse d'hydroxyde d'aluminium Al(OH)_3 .

4) Calculer la masse d'aluminium qui s'est oxydée.

EB 1997

La façade d'une habitation doit être isolée thermiquement et phoniquement de l'extérieur.

Acoustique

L'analyse spectrale par bande d'octave du bruit émis du dehors fait apparaître 4 fréquences prépondérantes de même niveau acoustique égal à 90 dB.

1) De ces quatre affirmations, quelle est celle qui vous paraît exacte ?

La pondération acoustique de type A est une correction destinée à :

- * refléter la puissance exacte de la source
- * refléter la sensibilité de l'oreille
- * atténuer l'effet du milieu de propagation
- * limiter le niveau d'intensité maximale audible

2) A l'aide du tableau ci-dessous

Fréquence (Hz)	500	1000	2000	4000
Niveau (dB)	90	90	90	90
Pondération A (dB)	3	0	+ 1	+ 1

- a- Calculer le niveau pondéré pour chaque fréquence.
- b- Calculer les intensités pour les fréquences considérées.
- c- Calculer le niveau d'intensité global.

On mesure à l'intérieur de l'habitation un niveau global de 60 dB (A) avec un temps de réverbération de 0,20 seconde.

3) a- Exprimer littéralement l'isolement brut D_b entre le niveau acoustique extérieur L_e et le niveau acoustique intérieur L_i .

La relation permettant de déterminer l'isolement normalisé est :

$$D_n = D_b + 10 \log \frac{T}{0,5}$$

- b-* Que représente le terme T ?
- * Calculer D_n

Thermique

On fixe du Placoplatre sur la face intérieure de la façade de l'habitation.

Le Placoplatre est constitué de 9 cm de polystyrène et de 1 cm de plâtre.

- 1) Calculer la résistance thermique surfacique de la paroi (mur plus isolant).
- 2) En déduire la valeur du coefficient de transmission thermique U de la paroi.

On admet que la totalité des pertes thermiques s'effectue à travers la façade de 80 m² de surface.

Pour maintenir la température constante à l'intérieur de la pièce on utilise un radiateur.

température extérieure : -5°C

température intérieure : 20°C

3) Quelle doit être la puissance du radiateur ?

Données :

h_i , coefficient d'échanges superficiels interne : 0,11 m².K.W⁻¹

h_e , coefficient d'échanges superficiels externe : 0,06 m².K.W⁻¹

λ_p , conductivité thermique du plâtre : 0,40 W.m⁻¹.K⁻¹

λ_{ps} , conductivité thermique du polystyrène : 0,036 W.m⁻¹.K⁻¹

λ_b , conductivité thermique du béton : 1,4 W.m⁻¹.K⁻¹

e_b , épaisseur du mur en béton : 22 cm

Température extérieure : -5°C

Température intérieure : 20°C

Solution basique

Afin de nettoyer de l'aluminium, on utilise un bain de soude de 200 litres de concentration molaire 2 moles/L.

On se propose d'étudier la limite d'utilisation du bain.

- 1) Ecrire l'équation-bilan de dissociation de l'hydroxyde de sodium (NaOH) dans l'eau.
- 2) Calculer la masse d'hydroxyde de sodium qu'il a fallu introduire dans les 200 litres afin d'obtenir une telle concentration molaire.

Après plusieurs bains, la concentration molaire en ions OH^- diminue.

On prélève 10 mL du bain que l'on dilue avec 990 mL d'eau distillée (solution S).

On effectue le dosage de 10 mL de la solution S par une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) à 10^{-2} mol/L.

A l'équivalence, le volume d'acide versé est de 9,5 mL.

- 3) a- Calculer la concentration molaire en ions OH^- de la solution S.
- b- En déduire la concentration molaire en ions OH^- du bain.

Le bain de soude est utilisable jusqu'à une concentration de 1 mol/L d'ions OH^- .

- c- Le bain précédent est-il encore utilisable ?

EB 1998

Chimie organique

Fabrication du PVC et environnement.

Le polychlorure de vinyle (PVC) se prépare en 3 étapes :

► 1^{ère} étape : chloration de l'éthène C_2H_4

L'éthène réagit avec du chlorure d'hydrogène et du dioxygène pour donner du 1,2-dichloroéthane et de l'eau

► 2^{ème} étape :

On chauffe à 500°C environ sous 25 à 30 bars le 1,2-dichloroéthane.

Il subit une réaction de craquage pour donner du chloroéthène (ou chlorure de vinyle) $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$ et du chlorure d'hydrogène.

► 3^{ème} étape :

Le chlorure de vinyle donne à 40°C du polychlorure de vinyle en présence d'un catalyseur.

- 1) Ecrire l'équation bilan de la 1^{ère} étape.
- 2) Ecrire l'équation bilan de la 2^{ème} étape.
- 3) Ecrire l'équation bilan de la 3^{ème} étape dans le cas où n molécules de chloroéthène ont été polymérisées.
Comment appelle-t-on ce type de réaction ?
- 4) Quelle masse d'éthène doit-on utiliser pour obtenir une masse $m = 100$ kg de PVC, sachant que le rendement de la réaction est de 71% ?

Chaque année, en France, on fabrique plus de 150000 tonnes de bouteilles à base de PVC, contenant 90% en masse de ce polymère.

La combustion du PVC produit du dioxyde de carbone, de l'eau et du chlorure d'hydrogène HCl.

- 5) Quelle serait la masse de chlorure d'hydrogène libérée annuellement si toutes les bouteilles en PVC fabriquées en France étaient incinérées.

(la moitié du chlorure d'hydrogène formé reste fixé dans les cendres) ?

Acoustique

On désire corriger le niveau acoustique dans un local de dimension suivante :

Longueur $L = 10,00$ m

largeur $\ell = 6,00$ m

Hauteur $h = 3,00$ m

Les ouvertures se composent de la façon suivante :

4 portes en bois de surface $3,00$ m² chacune

6 fenêtres de surface $4,50$ m² chacune

Les sons étudiés à la fréquence de 1000 Hz.

Coefficients d'absorption α à la fréquence de 1000 Hz des matériaux revêtant les surfaces de ce local :

<i>Revêtement</i>	<i>Mur en béton</i>	<i>Porte en bois</i>	<i>Plafond en plâtre</i>	<i>Sol en bois</i>	<i>Fenêtre en double vitrage</i>
α	0,039	0,09	0,04	0,07	0,12

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

- 1) Calculer la période et la longueur d'onde des sons étudiés.
- 2) Rappeler la définition du temps de réverbération.

La formule de Sabine s'écrit : $T = 0,16 \frac{V}{A}$

Elle permet de calculer le temps de réverbération.

- 3) a- Donner la signification de chaque terme de cette expression et préciser son unité.
- b- Déterminer la quantité A pour le local étudié.
- c- Calculer le temps de réverbération du local.

Ce temps de réverbération est trop grand. On va le corriger en le ramenant à $T' = 0,5\text{s}$.

- 4) a- Déterminer la nouvelle aire d'absorption équivalente A'.

On effectue cette correction en recouvrant la totalité du plafond d'un matériau absorbant.

- b- Quel matériau, pris dans ce tableau ci-dessous, faut-il choisir pour obtenir cette correction ?

Matériaux	α à 1000 Hz
soundalle	0,54
dall'nat	0,59
spanglass	0,62
permacoustic	0,75
sonrex	0,80

Thermique

Données :

Conductivité thermique du verre : $\lambda = 1,15 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

résistance thermique surfacique de la lame d'air : $r_{air} = 0,16 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$

résistance thermique surfacique superficielle interne : $\frac{1}{h_i} = 0,11 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$

résistance thermique surfacique superficielle externe : $\frac{1}{h_e} = 0,06 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$

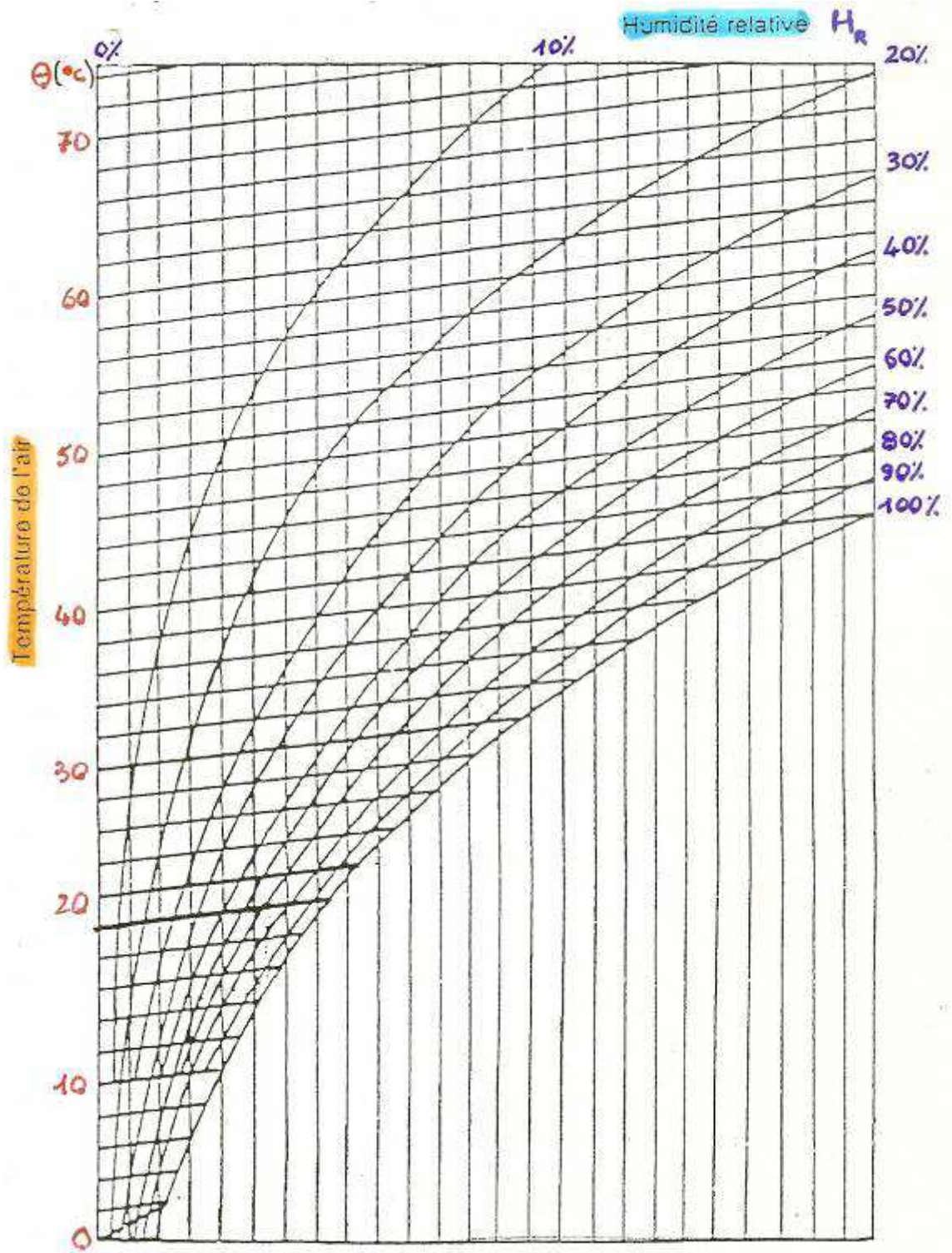
Températures ambiantes intérieure et extérieure : $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ et $\theta_e = 5^\circ\text{C}$

On se propose d'étudier les problèmes d'isolation thermique en comparant un simple vitrage et un double vitrage.

Le simple vitrage est constitué d'un carreau de verre d'épaisseur $e_1 = 10 \text{ mm}$.

Le double vitrage est constitué de deux carreaux de verre, chacun d'épaisseur $e_2 = 4 \text{ mm}$, et séparés par une lame d'air $e = 10 \text{ mm}$.

- 1) Calculer pour le simple vitrage :
 - a- la résistance thermique surfacique r_1
 - b- le coefficient de transmission thermique U_1
 - c- le flux thermique surfacique φ_1
 - 2) Calculer pour le double vitrage :
 - a- la résistance thermique surfacique r_2
 - b- le coefficient de transmission thermique U_2
 - c- le flux thermique surfacique φ_2
 - 3) A l'aide des résultats précédents, indiquer et justifier le meilleur choix possible pour obtenir la meilleure isolation thermique.
 - 4) Calculer les températures superficielles internes θ_{si1} du simple vitrage et θ_{si2} du double vitrage.
- L'humidité relative H_R est de 70%.
- 5) Dire s'il y a condensation sur la face intérieure du simple vitrage et/ou du double vitrage.

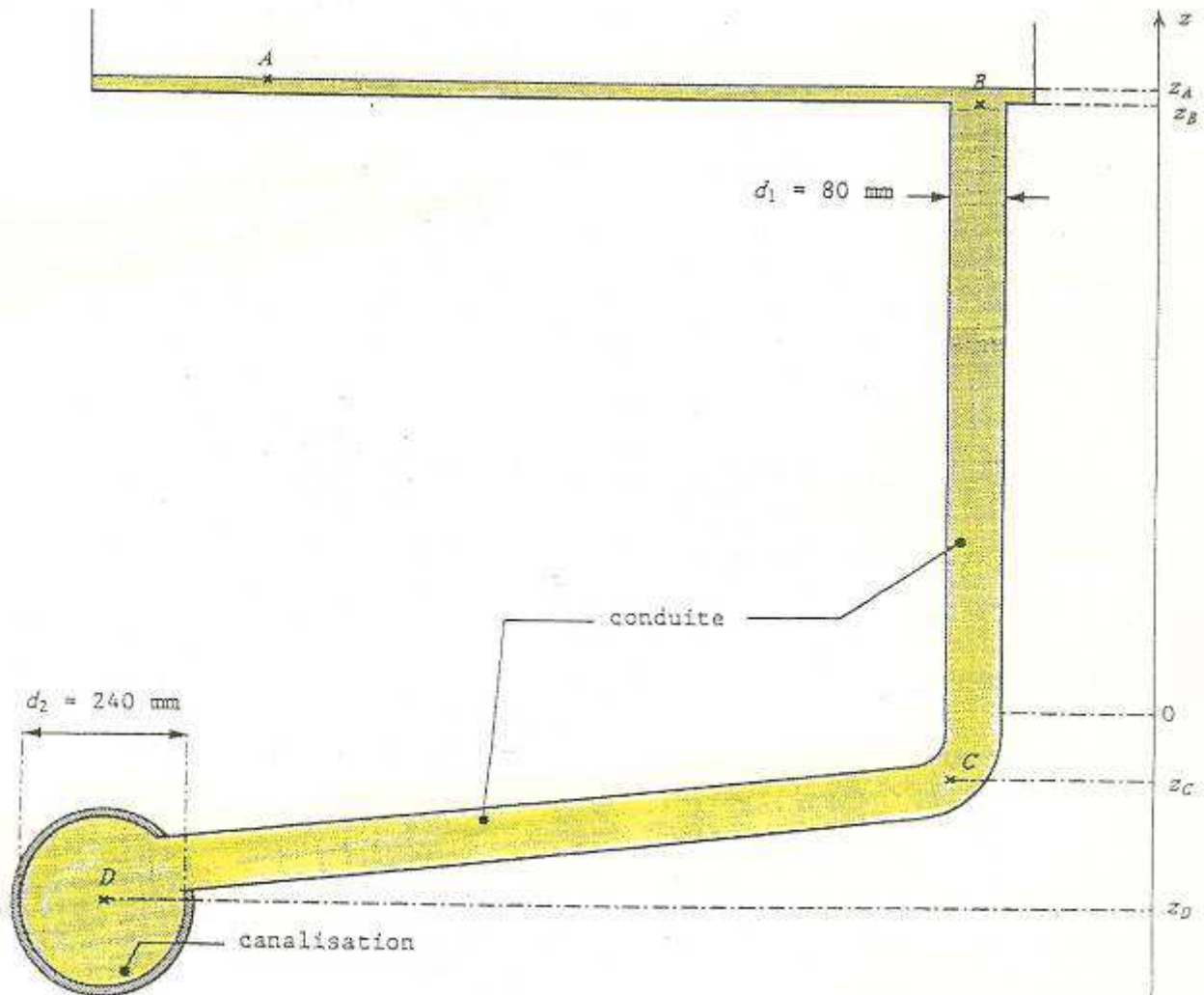


EB 1999

Mécanique des fluides

On se propose d'étudier l'évacuation des eaux pluviales d'une toiture terrasse par l'intermédiaire d'une conduite reliée à une canalisation.

L'eau sera considérée comme un fluide parfait, dénué de toute viscosité.



Données :

$$Z_A = 10,20 \text{ m}$$

$$Z_B = 10,00 \text{ m}$$

$$Z_C = -1,00 \text{ m}$$

$$Z_D = -2,90 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$$

$$\text{Masse volumique de l'eau : } \rho = 998 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\text{Pression au point A : } P_A = 1,00.10^5 \text{ Pa}$$

A- La canalisation est bouchée en aval du point D : l'eau ne s'écoule pas.

1) a- Exprimer littéralement la différence de pression entre les points B et A.

b- Calculer la pression P_B au point B.

c- Calculer la pression P_D au point D.

Une ventouse, de section égale à celle de la conduite, exerce en B une force pressante d'intensité $f = 102 \text{ N}$.

2) a- Calculer p' , surpression créée en B par la ventouse.

b- Enoncer le théorème de Pascal concernant les variations de pression dans un fluide incompressible.

c- En déduire la valeur de p' , surpression créée en D.

B- La canalisation est débouchée : l'eau s'écoule avec un débit $Q_v = 13 \text{ L.s}^{-1}$.

3) a- En considérant que la surface libre de l'eau est grande devant la section de la conduite, que peut-on dire de V_A (vitesse d'écoulement en A) ?

Justifier votre réponse.

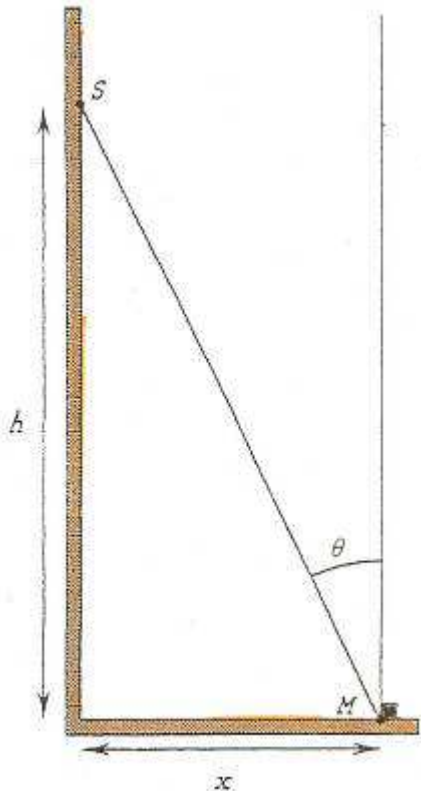
b- Sachant que le diamètre de la conduite est constant, que peut-on dire de V_B et V_C (vitesse d'écoulement en B et en C).

c- Calculer V_B .

d- En appliquant le théorème de Bernoulli entre les points A et B, déterminer P'_B (pression au point B).

e- Calculer V_D (vitesse d'écoulement en D) et en déduire P'_B (pression au point D).

Photométrie



On veut faire l'étude du système d'éclairage d'un local éclairé par une lampe halogène.

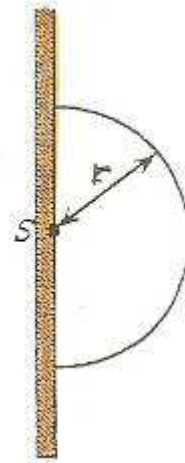
La lampe, située au point S, sera considérée comme une source ponctuelle émettant une intensité lumineuse $I = 2000 \text{ cd}$ dans toutes les directions du demi espace qui l'entoure.

Données :

$$h = 3,00 \text{ m}$$

$$SM = 3,35 \text{ m}$$

$$\theta = 27 \text{ degrés}$$



A- Etude de la lampe nue

1) Calculer l'éclairement E_M au point M.

2) Calculer le flux lumineux Φ émis par la lampe dans le demi espace qui l'entoure.

3) En déduire la puissance électrique P absorbée par la lampe sachant que son efficacité lumineuse est $k = 20,9 \text{ lm.W}^{-1}$.

4) Parmi les affirmations suivantes recopier celle qui est juste :

« Le flux lumineux ne s'exprime pas en watts parce que »

- ce n'est pas une puissance

- la sensibilité de l'œil ne dépend pas de la longueur d'onde de la lumière

- la sensibilité de l'œil dépend de la longueur d'onde de la lumière

B- Choix du globe

Afin d'éviter l'éblouissement, on veut adapter un globe opalisé autour de la lampe de manière à ce que la luminance de celui-ci n'excède pas $L_{\text{maximale}} = 5000 \text{ cd.m}^{-2}$.

Le coefficient de transmission du globe est $\tau = 0,7$.

Le globe diffuse la lumière de manière orthotrope suivant la loi de Lambert.

1) Calculer l'éclairement E , de la face interne du globe.

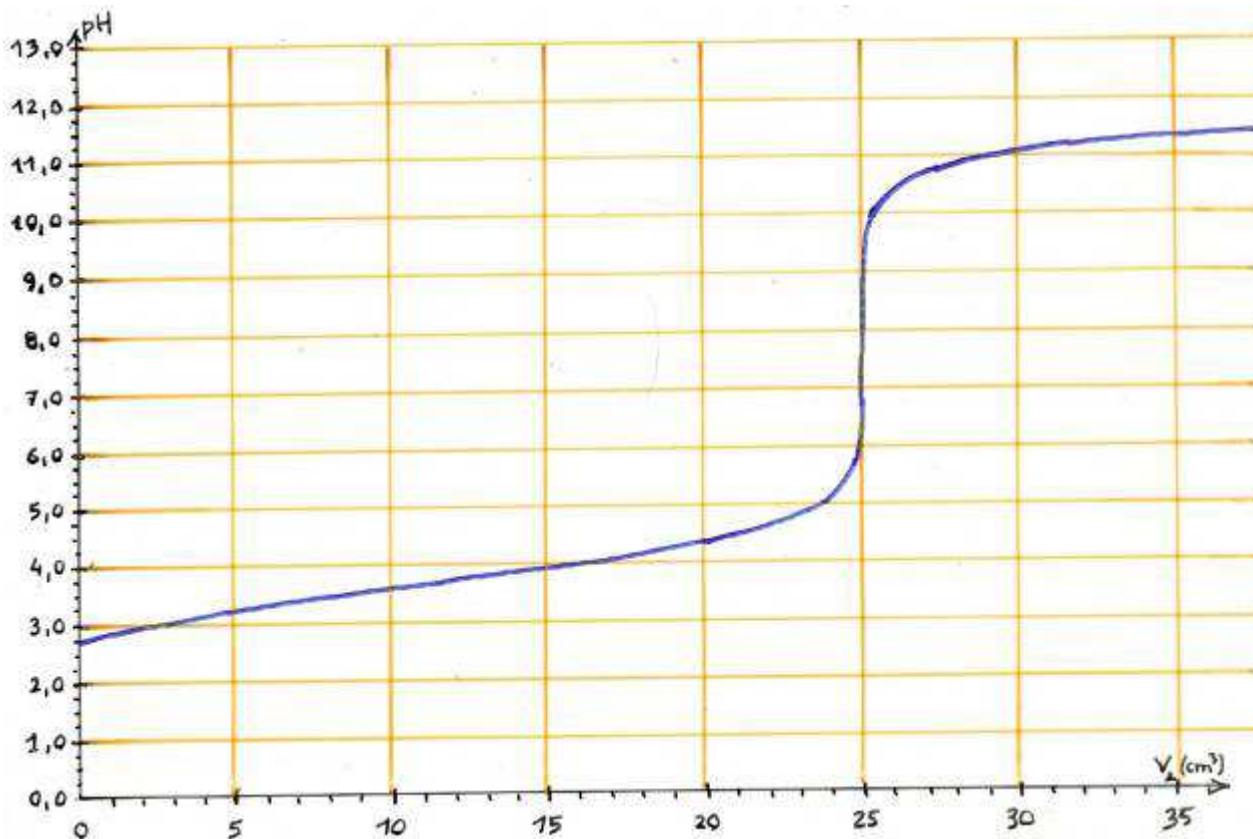
2) En déduire quelle doit être la valeur r du rayon du globe à utiliser.

3) La valeur trouvée correspond-elle à une valeur minimale ou une valeur maximale ?

Solution acide

On dose un volume $V_1 = 12,5 \text{ cm}^3$ d'une solution aqueuse d'un monoacide inconnu de concentration molaire volumique C_1 par une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration $C_2 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

On a représenté sur le document suivant les variations du pH en fonction du volume d'hydroxyde de sodium versé.



L'équivalence est obtenue pour $\text{pH} = 7,9$.

- 1) a- L'acide est-il fort ou faible ?
b- Déterminer la concentration C_1 .
- 2) a- Déterminer graphiquement la valeur du pK_A de l'acide dosé.
b- Identifier l'acide utilisé parmi les acides suivants :

Acide	K_A
Acide propanoïque	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Acide acétique	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Acide benzoïque	$6,3 \cdot 10^{-5}$
Acide formique	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Acide salicylique	$1,0 \cdot 10^{-3}$

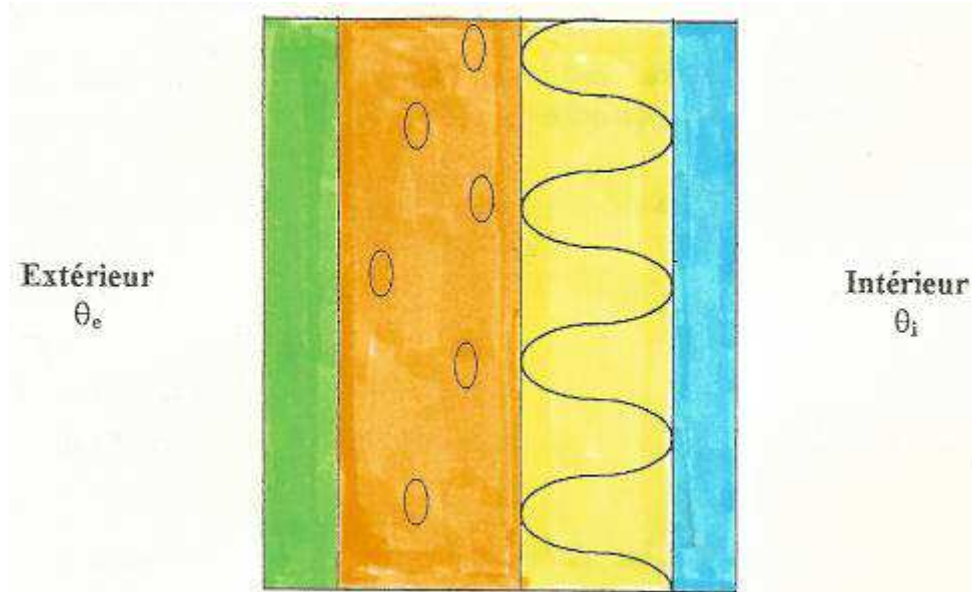
- c- Parmi les acides cités ci-dessus, quel est l'acide le plus fort ?

EB 2000

Thermique

Une paroi est constituée, de l'extérieur vers l'intérieur, d'enduit ciment, de béton plein, de polystyrène et d'enduit plâtre.

On tiendra compte, dans les calculs, des résistances thermiques surfaciques superficielles intérieure et extérieure.



Données :

Masse volumique du béton $\rho = 2400 \text{ kg.m}^{-3}$

capacité thermique massique du béton $c = 920 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Surface de la paroi $S = 10 \text{ m}^2$

$\frac{1}{h_i} = 0,11 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$ et $\frac{1}{h_e} = 0,06 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$

Températures intérieure et extérieure : $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ et $\theta_e = -1^\circ\text{C}$

Matériaux	Epaisseur (cm)	Conductivité thermique ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
Enduit extérieur	$e_e = 1$	$\lambda_1 = 1,15$
Béton plein	$e_b = 15$	$\lambda_2 = 1,75$
Isolant	$e_i = 7$	$\lambda_3 = 0,044$
Plâtre	$e_p = 1,2$	$\lambda_4 = 0,35$

1) Détermination de la densité du flux thermique :

a- Etablir l'expression littérale de la résistance thermique surfacique r de la paroi.

Calculer r .

b- En déduire le coefficient de transmission thermique U .

c- Exprimer la densité de flux thermique ϕ de la paroi en fonction de θ_i , θ_e et U .

Calculer ϕ .

2) Calculs des températures :

La densité de flux thermique surfacique de la paroi est 11 W.m^{-2} .

a- Donner une expression littérale de la température superficielle intérieure θ_{si} .

Calculer θ_{si} .

b- Donner une expression de la température superficielle extérieure θ_{se} .

Calculer θ_{se} .

3) Inertie thermique du béton : (**Calorimétrie**)

a- Exprimer la masse m du béton en fonction de ses caractéristiques ρ , S et e .

Calculer m .

b- Calculer la quantité de chaleur Q nécessaire pour élever sa température de $1,5^\circ\text{C}$.

Pour réaliser cet apport on dispose d'un flux thermique moyen $\Phi = 500 \text{ W}$ fournit par une chaudière.

c- Calculer la durée Δt nécessaire pour cette opération.

Dilatation - Mécanique des fluides

On considère une vitre $L = 1,5 \text{ m}$ sur $\ell = 1,2$ à 0°C dans tout l'exercice.

Les questions A et B sont indépendantes.

Données :

On considère l'air comme un fluide parfait de masse volumique $\rho = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$

Coefficient de dilatation linéique du verre $\alpha_L = 0,8.10^{-5} \text{ K}^{-1}$

Equation généralisée de Bernoulli : $\frac{1}{2}\rho.V^2 + \rho.g.Z + P = \text{constante}$

A- Dilatation surfacique du vitrage

1) Calculer l'augmentation de surface ΔS_v si la température de la vitre subit une variation de $+20^\circ\text{C}$.

On montre que la variation de surface de l'ouverture, au niveau de la menuiserie, est de $\Delta S_m = 16,6 \text{ cm}^2$.

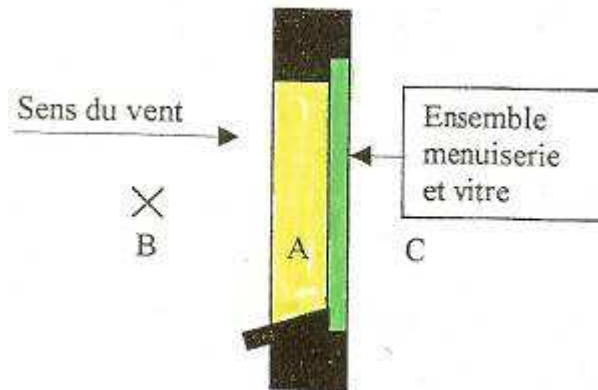
2) a- Comparer les deux quantités ΔS_v et ΔS_m .

Que pourrait-il se passer si, à la place d'une élévation de température, la température chutait de 20°C ?

B- Effet du vent

On considère que la vitre reçoit un vent de vitesse 90 km.h^{-1} .

On supposera que le local n'est ni en surpression ni en dépression et donc que $P_C = P_B$.



1) Simplifier l'équation de Bernoulli appliquée aux points A et B et en déduire l'expression de la pression d'arrêt ($P_A - P_B$).

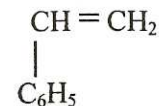
Calculer ($P_A - P_B$).

2) Calculer l'intensité de la force exercée par le vent sur la vitre.

3) Si le local était en dépression intérieure, la résultante des forces de pression sur la vitre serait-elle plus grande ou plus petite que la force à la question 2) ?

Chimie organique

Le polystyrène est fabriqué à partir du styrène de formule semi-développée :



1) Donner l'équation de polymérisation du polystyrène.

Le degré de polymérisation du polystyrène obtenu est $n = 2000$.

2) Calculer sa masse molaire.

3) Donner l'équation de combustion complète dans l'air du polystyrène.

4) Calculer la masse de dioxyde de carbone dégagé par la combustion de $5,2 \text{ kg}$ de polystyrène en supposant qu'il est pur.

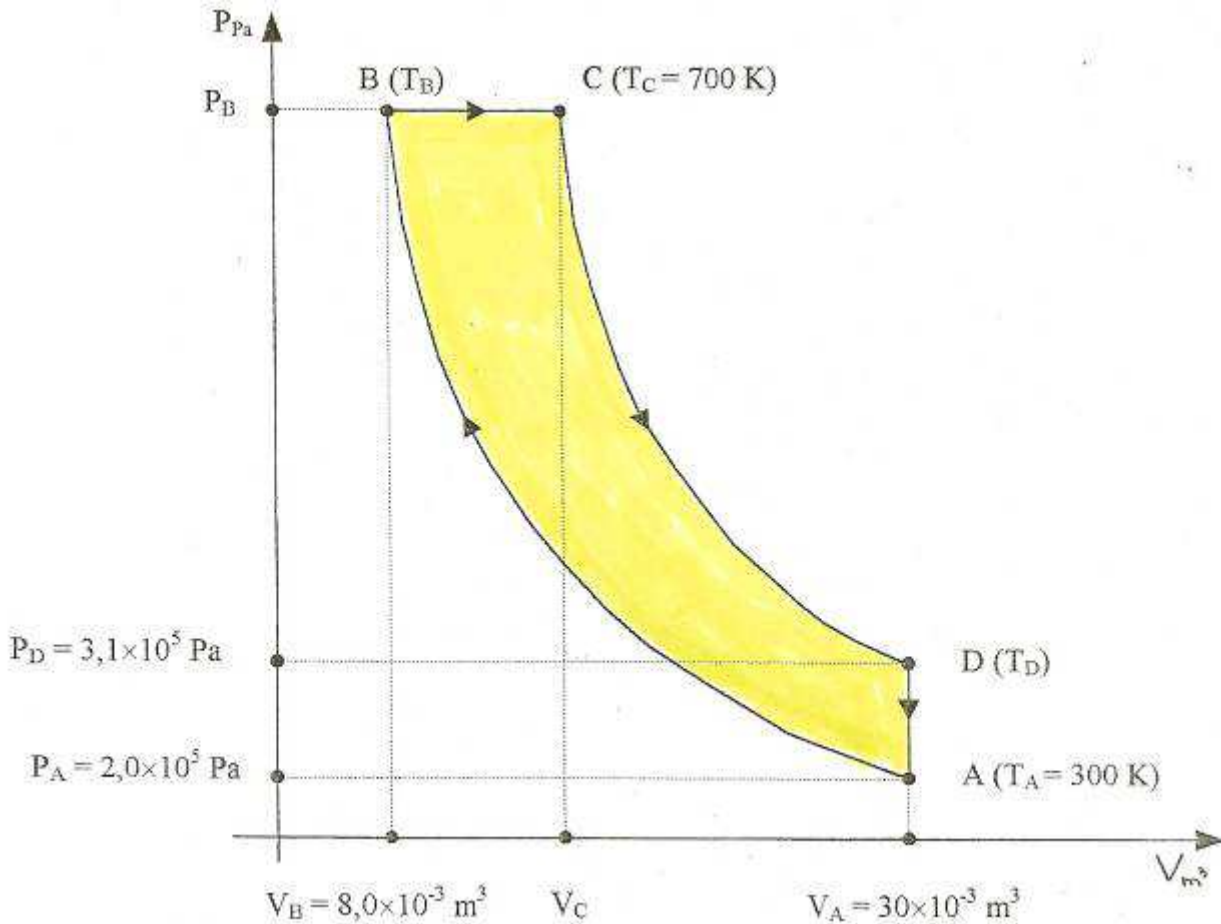
5) Citer une utilisation du polystyrène dans le bâtiment.

EB 2001

Thermodynamique

Un moteur à air chaud (gaz supposé parfait) fonctionne suivant le cycle diésel : deux transformations adiabatiques, une transformation isobare et une transformation isochore.

On considère 2,4 moles de ce gaz qui décrivent le cycle suivant :



- 1) a- Qu'appelle-t-on transformation : isobare, isochore, isotherme et adiabatique ?
b- Indiquer la nature des transformations AB, BC, CD et DA.
- 2) Calculer les pression, volume et température en chacun des points B, C et D du cycle.
Donner les résultats sous forme de tableau.
- 3) Calculer le travail total échangé par le gaz au cours du cycle.
- 4) Calculer la quantité de chaleur Q_{BC} .

Données :

$$R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$C_p = 29,1 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$C_v = 20,8 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\gamma = 1,4$$

Acoustique

Un compresseur est situé dans un local parallélépipédique :

longueur 3,0 m - largeur: 2,0 m - hauteur: 2,4 m

Ce local est fermé par une porte (largeur : 1,2m et hauteur : 2,0 m).

Les parois (plancher, plafond, murs) sont en béton de coefficient d'absorption moyen à toutes fréquences $\alpha' = 0,04$.

La porte en bois traditionnel de coefficient d'absorption moyen à toutes fréquences $\alpha'' = 0,09$.

A l'aide d'un sonomètre, on analyse le bruit de ce compresseur aux fréquences normalisées suivantes:

Fréquence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau (dB)	86	84	84	71	67	64

- 1) a- Rappeler l'expression littérale du niveau sonore N en fonction de l'intensité acoustique I.
- b- Calculer la valeur numérique du niveau sonore global.

On admet la formule de Sabine $T = 0,16 \frac{V}{A}$

- 2) Donner la signification de chaque terme et préciser son unité.
Calculer T.

On traite le plafond, le sol et les murs pour améliorer l'isolation.

Le nouveau coefficient moyen d'absorption à toutes fréquences du béton devient $\alpha' = 0,68$.

- 3) Calculer T'.

La variation ΔN du niveau sonore global est liée à la variation de la durée de réverbération par

l'expression $\Delta N = 10 \log \frac{T'}{T}$.

- 4) Calculer le nouveau niveau sonore global quand le compresseur fonctionne.

Solution acide

L'acide méthanoïque HCOOH est utilisé pour l'analyse de certains produits.

On considère une solution de cet acide, de concentration molaire $C = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ et de $\text{pH} = 2,3$.

- 1) Ecrire l'équation-bilan de la dissolution de cet acide dans l'eau.
- 2) Cet acide est-il fort ou un acide faible ?
Justifier la réponse.
- 3) a- Citer les espèces chimiques présentes dans la solution.
b- Calculer les concentrations molaires volumiques de ces espèces chimiques.
- 4) Exprimer littéralement la constante d'acidité K_a de cet acide.
En déduire sa valeur numérique.

$$(K_e = 1,0 \cdot 10^{-14})$$

EB 2002

Mécanique des fluides

Données :

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

Pression atmosphérique, $P = 10^5 \text{ Pa}$

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

Equation de Bernoulli : $\frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho \cdot g \cdot Z_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho \cdot g \cdot Z_2 + P_2$

On désire vidanger l'eau du réservoir d'un chauffe-eau solaire de contenance 500 litres.

Ce réservoir est placé sur la terrasse d'un immeuble, le robinet de vidange est situé au rez-de-chaussée.

Le niveau de l'eau dans le réservoir est situé à une hauteur $h = 30 \text{ m}$ au dessus du robinet.

Dans sa partie supérieure le réservoir est ouvert sur l'atmosphère.

- 1) Calculer la pression de l'eau dans le robinet.

La section S_1 du robinet est de $1,0 \text{ cm}^2$.

La section S_2 du réservoir est très grande devant celle du robinet, sa profondeur est très faible devant h .

- 2) a- Montrer que la vitesse d'écoulement V_1 au niveau du robinet a pour expression : $V_1 = \sqrt{2gh}$.
- b- En déduire l'expression du débit volumique D_v .
- c- Calculer D_v .
- d- Calculer le temps nécessaire pour vidanger le réservoir.

Rayonnement

Ce chauffe-eau solaire est constitué d'un réservoir et d'un capteur solaire exposé aux rayons solaires.

Données :

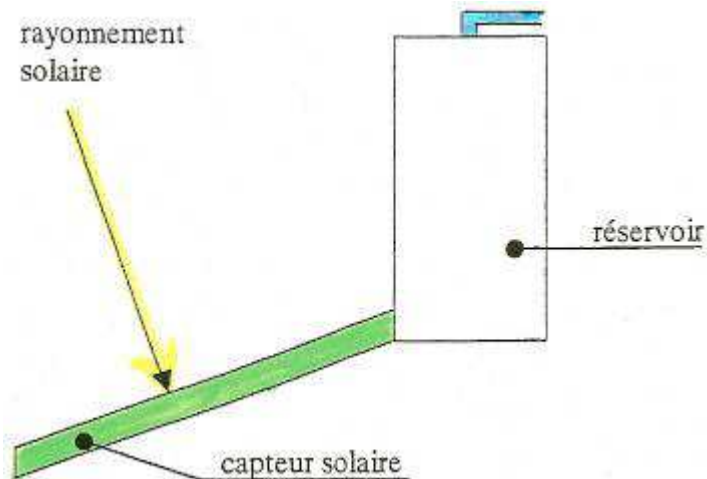
$$c = 4185 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\text{Loi de Stefan : } J = \sigma \cdot T^4$$

Constante de Stefan :

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\text{Loi de Wien : } \lambda_{\text{maximale}} \cdot T = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$$



1) Calculer l'énergie thermique Q nécessaire pour chauffer l'eau de 15°C à 65°C , lorsque le réservoir contient 500 litres d'eau.

Le capteur, assimilé à un corps noir, reçoit du soleil un flux énergétique surfacique $J_0 = 1,0 \text{ kW.m}^{-2}$.

2) Calculer la température d'équilibre T_0 du capteur solaire en kelvins, puis en degrés celsius.

3) Calculer la longueur d'onde maximale $\lambda_{\text{maximale}}$ du spectre de réémission.

4) A l'aide du tableau ci-dessous, dire dans quelle partie du spectre se situe le rayonnement de longueur d'onde $\lambda_{\text{maximale}}$.

1000 μm	Ondes hertziennes
10 μm	IR long
4 μm	IR moyen
2 μm	IR court
0,76 μm	Lumière visible
0,38 μm	↑ Ultraviolet

Répartition des rayonnements infrarouges (IR) dans le spectre des fréquences.

On interpose une vitre entre le capteur solaire et le soleil.

Cette vitre est considérée comme transparente pour l'ensemble du rayonnement solaire.

En revanche, le rayonnement réémis par le capteur est absorbé totalement par la vitre.

Celle-ci réémet la totalité de ce rayonnement, d'une part vers l'extérieur et d'autre part vers le capteur lui-même.

On désigne par :

- J_0 le flux énergétique surfacique solaire
- J_1 le flux énergétique surfacique réémis par le capteur
- J_2 le flux énergétique surfacique réémis par la vitre vers l'extérieur
- J_2 le flux énergétique surfacique réémis par la vitre vers le capteur

On néglige tous les échanges autres que par rayonnement.

5) a- Ecrire la relation qui lie J_0 , J_1 et J_2 au niveau du capteur à l'équilibre thermique.

On admet l'égalité $J_2 = J_2$.

b- En déduire la nouvelle température T_1 du capteur en kelvins, puis en degrés Celsius.

6) a- Comparer T_1 à la valeur trouvée à la question 2).

b- Quel est le nom de l'effet étudié ?

Oxydoréduction

On donne les potentiels standards d'oxydoréduction des couples suivants :

Couples	Ag^+/Ag	Cu^{2+}/Cu	Pb^{2+}/Pb	Fe^{2+}/Fe	Zn^{2+}/Zn
Potentiels standards (V)	0,8	0,34	- 0,13	- 0,44	- 0,76

Première expérience :

On plonge une lame de fer dans une solution aqueuse contenant des ions Cu^{2+} .

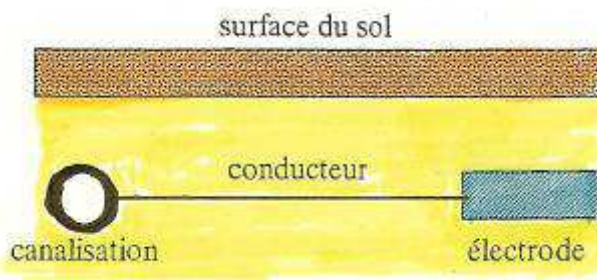
- 1) a- Ecrire les demi-réactions électroniques d'oxydoréduction.
- b- En déduire l'équation-bilan de la réaction.

Deuxième expérience :

On plonge une lame de zinc dans une solution aqueuse contenant des ions Fe^{2+} .

- 2) a- Ecrire les demi-réactions électronique d'oxydoréduction déduire l'équation-bilan de la réaction.
- b- En déduire l'équation- bilan de la réaction.

On veut protéger contre la corrosion une canalisation enterrée en acier, on la réunit à une électrode.



- 3) Choisiriez-vous une électrode en cuivre ou en zinc ? Justifiez votre réponse à l'aide des résultats précédents.

EB 2003

Thermique

Un mur de béton sépare deux milieux.

La température du milieu intérieur est $\theta_i = 20^\circ C$.

La température du milieu extérieur est $\theta_e = -5^\circ C$.

Pour renforcer thermiquement cette paroi, on est amené à placer des matériaux isolants.

Nous allons comparer, du point de vue thermique, les effets d'une isolation effectuée côté intérieur puis côté extérieur.

Isolation intérieure

De l'intérieur vers l'extérieur les matériaux sont les suivants :

- Plâtre cartonné d'épaisseur $e_1 = 1,0$ cm et de conductivité thermique $\lambda_1 = 0,70$ $W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$.
- Polystyrène d'épaisseur $e_2 = 6,0$ cm et de conductivité thermique $\lambda_2 = 0,036$ $W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$.
- Béton d'épaisseur $e_3 = 20$ cm et de conductivité thermique $\lambda_3 = 1,4$ $W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$.

Isolation extérieure

De l'intérieur vers l'extérieur les matériaux sont les suivants :

- Béton d'épaisseur $e_3 = 20$ cm et de conductivité thermique $\lambda_3 = 1,4$ $W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$.
- Polystyrène d'épaisseur $e_2 = 5,0$ cm et de conductivité thermique $\lambda_2 = 0,036$ $W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$.
- Enduit ciment d'épaisseur $e_1 = 1,5$ cm et de conductivité thermique $\lambda_1 = 1,15$ $W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$.

Données :

résistance thermique surfacique d'échange superficielle intérieure $r_{si} = 0,11$ $m^2 \cdot ^\circ C \cdot W^{-1}$.

résistance thermique surfacique d'échange superficielle extérieure $r_{se} = 0,060$ $m^2 \cdot ^\circ C \cdot W^{-1}$.

- 1) Etablir les expressions littérales de la résistance thermique surfacique de chacune des parois composites

appelées r_i dans le cas d'une isolation intérieure et r_e dans le cas d'une isolation extérieure.

Calculer r_i et r_e .

2) Que peut-on dire alors de l'isolation de ce mur par rapport au flux de chaleur dans les deux types d'isolation ?

3) Etablir les expressions littérales de la densité de flux thermique de paroi appelées φ_i dans le cas d'une isolation intérieure et φ_e dans le cas d'une isolation extérieure.

Calculer φ_i et φ_e .

Dans le cas d'une isolation intérieure, on note :

θ_{si} la température de la surface intérieure,

θ_{pp} la température de l'interface plâtre-polystyrène,

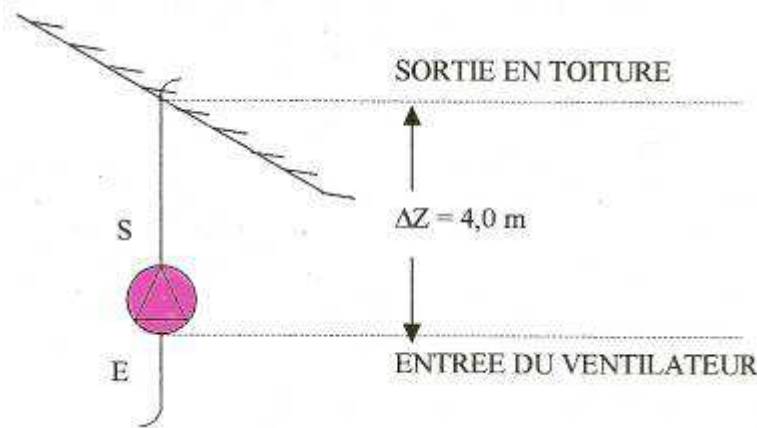
θ_{pb} la température de l'interface polystyrène-béton,

θ_{se} la température de la surface extérieure.

4) Calculer θ_{si} , θ_{pp} , θ_{pb} et θ_{se} .

Mécanique des fluides

Pour l'analyse d'une ventilation mécanique contrôlée nécessaire à l'extraction de l'air vicié d'un atelier, le schéma de principe suivant a été retenu :



Le débit d'extraction attendu est $Q_v = 1620 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ pour une dépression totale assurée par le ventilateur égale à $\Delta P = P_S - P_E = 240 \text{ Pa}$.

La section du conduit d'extraction est constante et vaut $S = 0,090 \text{ m}^2$.

Les pertes de charge sont négligeables.

Données :

Masse volumique de l'air : $\rho = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

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

Equation généralisée de Bernoulli : $m \cdot \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + m \cdot \frac{P_2 - P_1}{\rho} + m \cdot g \cdot (Z_2 - Z_1) = W_{12}$

1) Donner une expression littérale de la vitesse de circulation de l'air V à la sortie du ventilateur en fonction de Q_v et S .

Calculer V en admettant que $V_S = V_E$.

2) Donner une expression littérale de l'énergie W nécessaire pour élever 1 kg d'air vers l'extérieur en fonction de ΔP , ρ , g et ΔZ .

Calculer W .

3) Donner une expression littérale du débit massique Q_m en fonction de Q_v et de ρ .

En déduire la puissance utile P_u du ventilateur en fonction de Q_m et W .

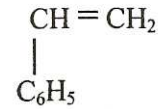
Calculer Q_m en $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ et P_u .

4) Déterminer le rendement η du ventilateur si la puissance absorbée est $P_a = 0,24 \text{ kW}$.

Chimie organique

Le polystyrène obtenu par polyaddition du styrène est un isolant phonique et thermique très utilisé.

1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de polymérisation de n moles de styrène :



Le type de polystyrène étudié a une masse molaire moyenne égale à $208 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$.

2) Quel est le nombre moyen n de motifs dans une macromolécule de ce polymère ?

Pour initier cette polymérisation, on utilise du peroxyde de benzoyle de masse molaire égale à $242 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. Il faut 1 mole de peroxyde de benzoyle pour obtenir 1 mole de polystyrène.

3) Calculer la masse d'initiateur nécessaire à l'obtention de 1,04 tonnes de ce type de polymère.

EB 2004

Mécanique des fluides (Les parties A et B sont indépendantes)

Dans un club de vacances, on construit une piscine à proximité d'une retenue d'eau.

La piscine a les dimensions suivantes :

Longueur : $L = 25 \text{ m}$

largeur : $\ell = 15 \text{ m}$

Profondeur utile (hauteur d'eau) : $h = 2 \text{ m}$

Données :

Pression atmosphérique : $P = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

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

Coefficient d'attraction terrestre : $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Equation généralisée de Bernoulli : $m \cdot \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + m \cdot \frac{P_2 - P_1}{\rho} + m \cdot g \cdot (Z_2 - Z_1) = W_{12}$

A- 1) Donner l'expression littérale de l'intensité de la force pressante due à l'eau, notée F_a , s'exerçant sur l'une des deux plus grandes parois verticales de la piscine remplie d'eau.

2) Exprimer de même l'intensité de la force pressante due à l'eau, notée F_b , s'exerçant sur l'une des deux plus petites parois verticales, ainsi que l'intensité de la force pressante, notée F_f , s'exerçant sur le fond de la piscine remplie d'eau.

3) Faire les applications numériques.

B- L'eau est puisée à l'aide de quatre pompes dans le lac de retenue.

La côte de niveau de ce dernier est $Z_1 = 825 \text{ m}$.

La surface libre de l'eau dans la piscine est à la côte $Z_2 = 850 \text{ m}$ (sortie canalisation).

La canalisation en sortie de chacune des pompes, a un diamètre $d = 50 \text{ mm}$.

La vitesse du fluide dans cette canalisation est $V = 3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

1) Calculer le débit volumique Q_v de la pompe.

2) Calculer le volume d'eau contenu dans la piscine.

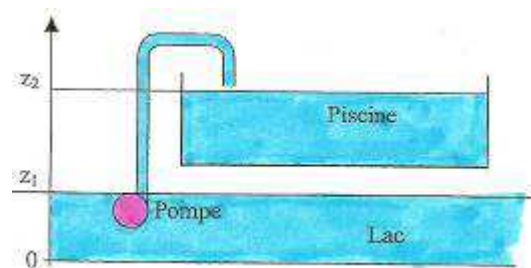
En déduire la durée de remplissage de la piscine, les quatre pompes étant en service (en h et en min).

3) Calculer l'énergie dépensée par une des pompes pour remplir la piscine.

En déduire la puissance théorique $P_{\text{théorique}}$ d'une pompe.

Les pompes ont un rendement de 80%.

4) Calculer la puissance électrique $P_{\text{électrique}}$ consommée par une pompe pour remplir la piscine.



Chimie organique

La température de l'eau puisée dans le lac de retenue est $\theta_1 = 15^\circ\text{C}$

On veut une température égale à $\theta_2 = 25^\circ\text{C}$ dans la piscine

Données :

capacité thermique massique de l'eau: $c = 4,185 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Pouvoir calorifique du méthane: $Q_0 = 890 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Formule molaire du méthane: CH_4

Volume molaire dans les conditions d'utilisation : 25 L.mol^{-1}

Température ambiante de l'air : $\theta = 25^\circ\text{C}$

Le chauffage est assuré par une chaudière à gaz, ici du méthane.

- 1) Calculer la quantité de chaleur Q nécessaire pour chauffer l'eau de la piscine.
- 2) Calculer la quantité de matière n de méthane théorique, exprimée en moles, pour amener l'eau de la piscine à la température $\theta_2 = 25^\circ\text{C}$.

En réalité, le rendement du système de chauffage est de 70%.

- 3) a- Calculer la masse m réelle de méthane consommée.
- b- Calculer le volume de méthane utilisé dans ces conditions.
- c- Ecrire l'équation de la réaction chimique du méthane avec le dioxygène, en supposant la combustion complète.
- d- Calculer le volume de dioxygène effectivement consommé.
- e- En déduire le volume d'air utilisé sachant que l'air contient 20% de dioxygène.

Acoustique

On se propose de réaliser l'analyse acoustique d'un local séparé de l'extérieur par une paroi.

L'étude consiste à déterminer l'isolement acoustique de cette paroi.

Une source sonore (pompes) est placée à l'intérieur du local ; elle émet un niveau sonore d'émission L_e dont l'analyse, par bande d'octave, est donnée dans le tableau ci-dessous.

Un sonomètre placé à l'extérieur du local permet de relever le niveau sonore de réception L_r .

Les résultats sont portés dans le tableau ci-dessous.

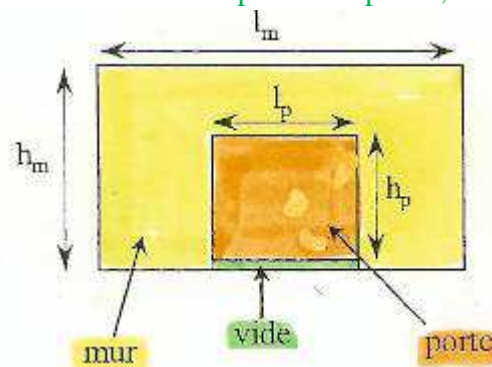
Fréquence médiane de la bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau sonore d'émission : L_e (dB)	79,3	77	79	77,8	74,1	71,9
Niveau sonore de réception : L_r (dB)	48,8	46,1	44,8	46,2	42,8	38,5

Etude de l'isolement brut de la paroi

- 1) a-Déterminer les intensités sonores d'émission, notée I_{125} et I_{1000} , correspondant aux fréquences de 125 Hz et de 1000 Hz.
- b- Calculer le niveau sonore global d'émission L_{eg} correspondant à l'ensemble des fréquences 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz.
- c- Calculer de même le niveau sonore global de réception L_{rg} .
- d- En déduire l'isolement brut D_b de la paroi.

Influence d'une porte

On suppose maintenant que la paroi étudiée précédemment comporte une porte ; entre le bas de porte et le plancher se trouve 1cm de « vide ».



Les nouvelles caractéristiques de la paroi sont donc les suivantes :

Mur :

facteur de transmission, $\tau_m = 10^{-3}$

hauteur, $h_m = 2,50 \text{ m}$

largeur, $\ell_m = 5,00 \text{ m}$

Porte :

facteur de transmission, $\tau_p = 10^{-2}$

hauteur, $h_p = 2,00 \text{ m}$

largeur, $\ell_p = 1,00 \text{ m}$

Interstice sous la porte (« vide »)

indice d'isolement acoustique, $R_v = 0$

hauteur, $h_v = 1 \text{ cm}$

largeur, $\ell_v = 1,00 \text{ m}$

Aire d'absorption équivalente : $A = 25,5 \text{ m}^2$

2) a- Calculer la surface de la porte ainsi que la surface de la partie du « vide » située entre le bas de la porte et le plancher.

b- Montrer que le facteur de transmission τ_v de la partie « vide » est égal à 1.

c- Calculer le facteur de transmission moyen de la paroi et en déduire l'affaiblissement R de cette paroi.

d- Déterminer l'isolement brut D_b de la paroi comportant la porte.

e- Comparer le résultat de la question 2)d à celui de la question 1)d.

Conclusion.

EB 2005

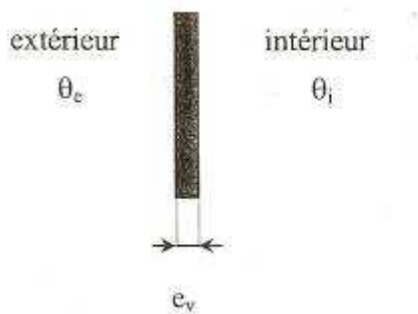
Les deux premières parties du sujet traitent de l'isolation thermique et acoustique d'un local. Dans la troisième partie, on s'intéresse au métal utilisé pour les châssis de fenêtres, et aux risques de corrosion.

Thermique

On souhaite comparer les performances thermiques de deux types de vitrage :

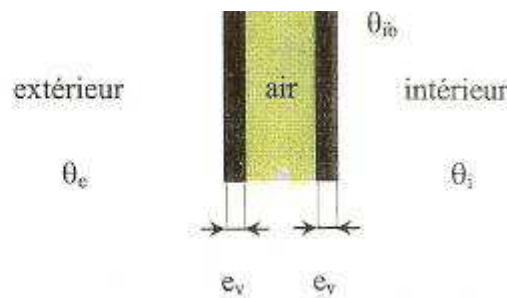
Vitrage A

Vitrage simple d'épaisseur $e_v = 6 \text{ mm}$



Vitrage B

Double vitrage constitué de deux vitres d'épaisseur $e_v = 6 \text{ mm}$, séparées par une lame d'air de résistance thermique surfacique $r = 0,48 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.



Données :

Température ambiante intérieure : $\theta_i = 20^\circ\text{C}$

Température ambiante extérieure : $\theta_e = -5^\circ\text{C}$

Surface de la vitre : $S = 4 \text{ m}^2$

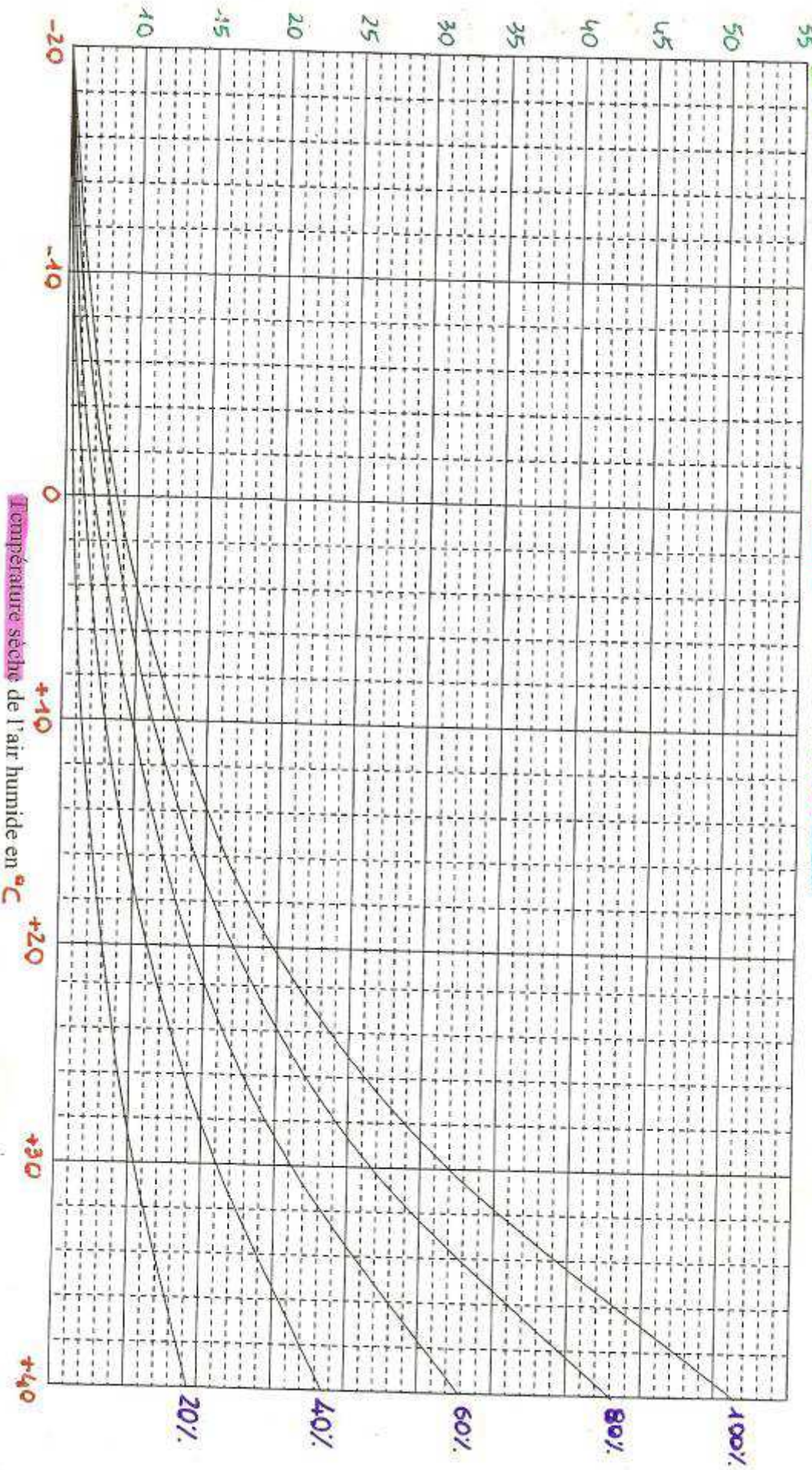
Conductivité thermique du verre : $\lambda_v = 1,15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

résistance thermique surfacique superficielle intérieure : $r_{si} = \frac{1}{h_i} = 0,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

résistance thermique surfacique superficielle extérieure : $r_{se} = \frac{1}{h_e} = 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

Humidité absolue
en $g \cdot kg^{-1}$

Diagramme de Mollier ou de l'air humide

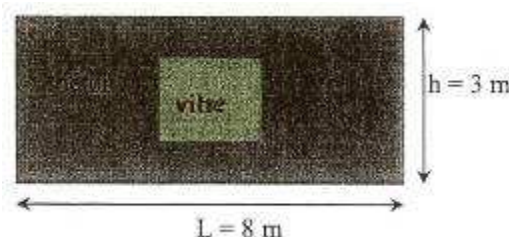


- 1) Exprimer littéralement, puis calculer les résistances thermiques surfaciques pour le vitrage A et pour le vitrage B, notées respectivement r_A et r_B .
 - 2) Exprimer littéralement, puis calculer les flux thermiques surfaciques à travers le vitrage A et à travers le vitrage B, notés respectivement φ_A et φ_B .
 - 3) Calculer les déperditions thermiques (en watts) pour ces deux vitrages.
 - 4) Exprimer littéralement, puis calculer les températures de la surface interne de la paroi pour le vitrage A et pour le vitrage B, notées respectivement θ_{siA} et θ_{siB} .
- Le taux d'humidité de la pièce est égal à 60% à la température ambiante de 20°C.
- 5) Déterminer à l'aide du diagramme de l'air humide à partir de quelle température il y aura condensation sur les parois.
- A partir des résultats de la question 4), indiquer les effets de l'humidité sur chacun des vitrages.

Acoustique

On s'intéresse à l'isolation acoustique de mur face à un bruit routier dans le cas de l'emploi d'un double vitrage.

Le vitrage B étudié dans la partie 1 (thermique) est utilisé dans la façade décrite ci-dessous :



L'analyse par bande d'octave du bruit issu de la rue donne les résultats suivants :

Fréquence médiane de la bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau d'intensité (dB)	71	70	66	65	63	57
Pondération type A	- 16	- 8,5	- 3	0	+ 1	+ 1
Niveau d'intensité (dB(A))						

Niveau d'intensité sonore résultant

- 1) a- Reprendre et compléter la dernière ligne du tableau.
- b- Calculer, en dB(A), le niveau d'intensité sonore résultant, noté N_{rA} de ce bruit routier.

Etude du mur de béton avec le double vitrage étudié dans la partie 1

- 2) a- Calculer la masse surfacique σ_b du mur en béton, ainsi que son indice d'affaiblissement R_b .
- b- Calculer la valeur de la masse surfacique σ_v de la vitre, ainsi que son indice d'affaiblissement R_v .
- c- En déduire l'indice d'affaiblissement global R , ainsi que le niveau sonore résultant derrière la façade en dB(A), noté N_r .

Données :

Masse volumique du béton : $\rho_b = 2300 \text{ kg.m}^{-3}$

Masse volumique du verre : $\rho_v = 1200 \text{ kg.m}^{-3}$

Epaisseur du béton : $e_b = 20 \text{ cm}$

Epaisseur du verre : $e_v = 6 \text{ mm}$

Surface du vitrage : $S = 4 \text{ m}^2$

Loi de masse : $R = 17 \log \sigma + 4$ si $\sigma < 150 \text{ kg.m}^{-2}$ et $R = 40 \log \sigma - 46$ si $\sigma > 150 \text{ kg.m}^{-2}$

Oxydoréduction

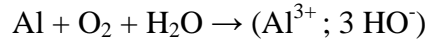
Action de l'air humide sur un châssis de fenêtre en aluminium

Couple oxydant/réducteur	Potentiel standard (V)	Demi-équation électronique
O_2/HO^-	0,4	$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 4 \text{HO}^-$
Cu^{2+}/Cu	0,34	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$
Fe^{2+}/Fe	- 0,44	$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}$
Al^{3+}/Al	- 1,67	

1) Ecrire et équilibrer la demi-équation du couple Al^{3+}/Al .

L'exposition de l'aluminium à l'air humide provoque une réaction chimique qui produit de l'alumine de formule $\text{Al}(\text{OH})_3$ qui, sous forme ionique, peut aussi s'écrire $(\text{Al}^{3+}; 3 \text{HO}^-)$.

2) A l'aide des deux demi-équations des couples Al^{3+}/Al et O_2/HO^- , équilibrer l'équation bilan suivante qui résulte de cette réaction chimique.



Une masse $m = 100 \text{ g}$ d'aluminium a réagi avec le dioxygène de l'air et l'eau pour former de l'alumine.

3) a- Calculer la masse molaire de l'alumine.

b- Quelle est la quantité de matière qui a réagi ?

c- Quelle est la masse d'alumine formée ?

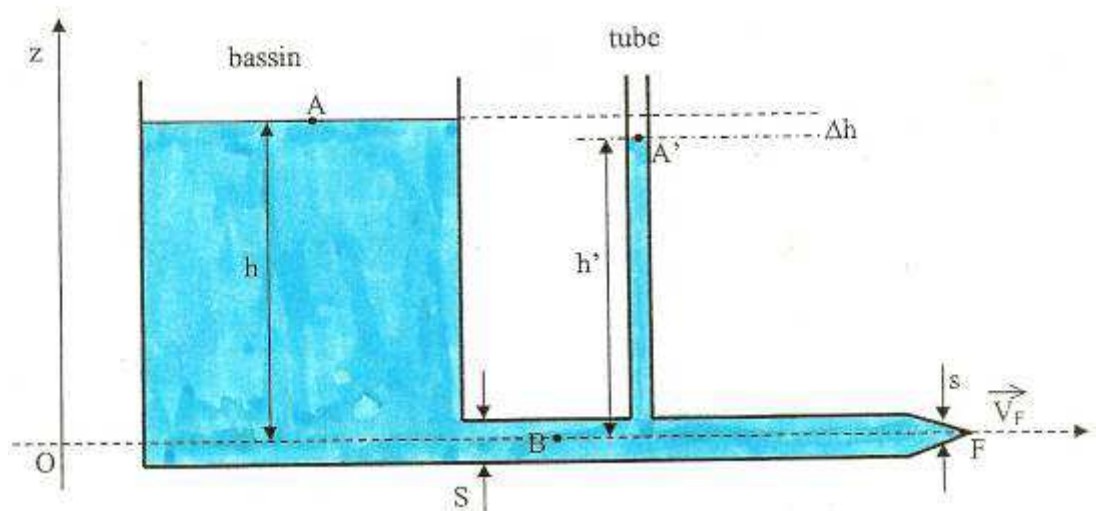
EB 2006

Mécanique des fluides

Un bassin de grande surface est rempli d'eau.

Il peut se vidanger par une canalisation horizontale de section S située à sa base.

Un tube témoin, servant de détecteur de fuites, permet de déterminer la pression statique dans la canalisation sans perturber l'écoulement.



Données :

$$h = 10 \text{ m}$$

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

$$s = 1 \text{ mm}^2$$

$$S = 1 \text{ cm}^2$$

La canalisation, fermée à son extrémité, présente une fuite en F, on la schématise par un trou de section s . L'eau est considérée comme un fluide parfait on peut lui appliquer le théorème de Bernoulli :

$$\frac{1}{2g} \cdot (V_2^2 - V_1^2) + (Z_2 - Z_1) + \frac{(P_2 - P_1)}{\rho \cdot g} = 0$$

La fuite d'eau étant faible, on admet que la hauteur d'eau dans le bassin ne varie pas.

1) a- Etablir à partir du théorème de Bernoulli, l'expression littérale de la vitesse d'écoulement V_F de l'eau à travers le trou de fuite en fonction de h et de g .

b- Calculer V_F .

c- Calculer, le débit volumique de la fuite (section s).

2) a- Exprimer la valeur de la vitesse V de l'eau dans la canalisation en fonction de V_F et des sections S et s .

b- Calculer V .

L'eau est en équilibre dans le tube témoin.

3) a- Exprimer la différence de pression entre les points B et A' en fonction de la hauteur d'eau h' dans ce tube.

b- Montrer que Δh peut s'écrire sous la forme $\Delta h = h - h' = \frac{V^2}{2g}$

c- Calculer Δh .

En pratique on ne peut mesurer Δh que lorsque sa valeur est supérieure à 5 mm.

d- Déterminer la valeur minimale de la section du trou de fuite s_0 que l'on peut détecter pour $S = 1 \text{ cm}^2$ et $h = 10 \text{ m}$.

Photométrie

Comparaison du prix de revient de deux installations

Une des deux installations utilise des lampes à incandescence, l'autre des lampes fluorescentes compactes.

Données :

Lampe	Puissance W	Efficacité lumineuse lm.W^{-1}	Durée de vie moyenne heures	Prix d'achat €
à incandescence	60	10	1000	1
fluorescente compacte	10	60	8000	14

Prix du kilowattheure : 0,076 €

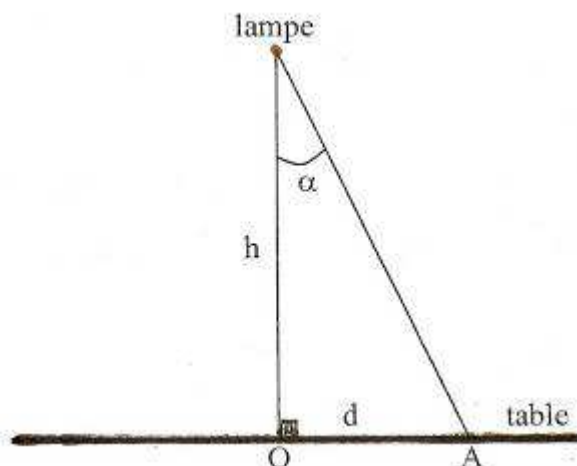
- 1) Calculer le coût total de 8000 h d'éclairage avec des lampes à incandescence.
- 2) Calculer le coût total de 8000 h d'éclairage avec des lampes fluorescentes compactes.
- 3) Comparer les deux résultats et conclure.

On considère chaque lampe comme une source ponctuelle émettant dans toutes les directions avec la même intensité lumineuse.

L'angle solide est alors $\Omega = 4\pi \text{ sr}$.

4) a- Calculer l'éclairement E_0 au centre d'une table horizontale située à $h = 1,30 \text{ m}$ au-dessous d'une lampe.

b- Calculer l'éclairement E_A en un point A de la table située à $d = 1 \text{ m}$ du centre.



Chimie organique. Solution acide

L'éthylène (éthène) C_2H_4 réagit avec le dichlore Cl_2 pour donner un composé chloré : réaction 1.

Puis ce dérivé chloré, par élimination d'une molécule de chlorure d'hydrogène HCl , produit le chlorure de vinyle $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$: réaction 2.

1) a- Ecrire des équations-bilan des deux réactions, en indiquant les proportions en mol.

b- Comment nomme t'on la réaction 1 ?

c- Ecrire les formules développées de l'éthylène et du dérivé chloré en donnant son nom.

La polymérisation du chlorure de vinyle conduit au polychlorure de vinyle (PVC) : réaction 3.

2) a- Ecrire l'équation bilan de la réaction.

De quel type de polymérisation s'agit t'il ?

La masse molaire de ce PVC est de 94 kg.mol^{-1} .

b- En déduire son degré de polymérisation.

Le rendement des trois réactions est 100%.

c- Quelle masse d'éthylène est nécessaire pour préparer 1,5 tonne de PVC ?

Le chlorure d'hydrogène produit par la réaction 2 est très soluble dans l'eau.

3) a- Ecrire l'équation de dissolution de ce gaz dans l'eau et nommer la solution 1 obtenue.

Par dilution dans l'eau pure, de la solution 1, on prépare une solution 2.

Ensuite on effectue un dosage de 20,0 mL de la solution 2 par une solution de soude dont la concentration molaire est $C_b = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

L'équivalence est obtenue pour un volume $V_{be} = 15,2 \text{ mL}$ de solution de soude versée.

- Ecrire l'équation bilan de la réaction de dosage.
- Déterminer la concentration molaire C_a de la solution 2.
- En déduire la valeur du pH de cette solution 2.

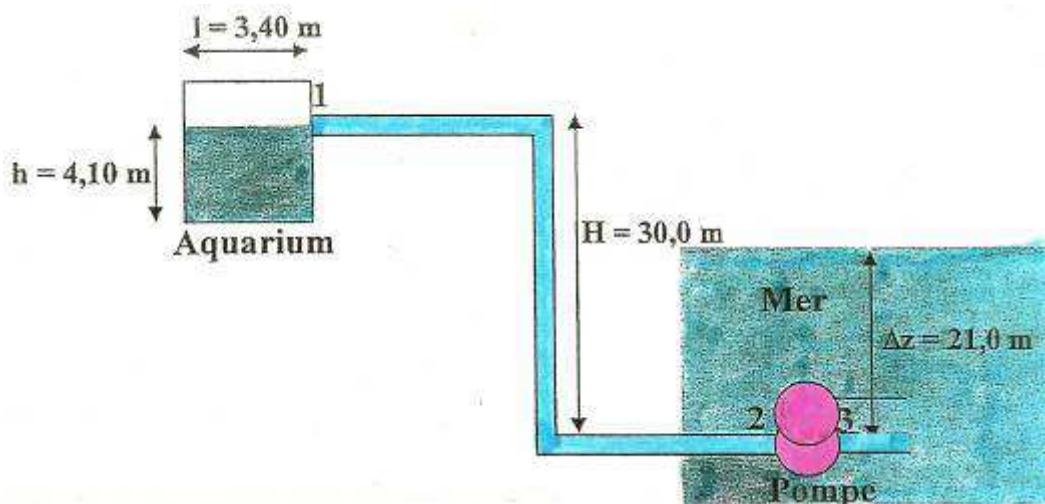
EB 2007

Etude d'un aquarium

On s'intéresse à un grand aquarium situé dans un centre océanographique.

Celui-ci est alimenté par de l'eau de mer grâce à un système de remplissage puisant l'eau à la profondeur $\Delta z = 21,0 \text{ m}$ sous le niveau de la mer $H = 30,0 \text{ m}$.

Les dimensions intérieures de l'aquarium sont les suivantes :



Longueur $L = 8,20 \text{ m}$; largeur $\ell = 3,40 \text{ m}$; hauteur utile d'eau : $h = 4,10 \text{ m}$

Mécanique des fluides

Données :

Pression atmosphérique : $P_{\text{atmosphérique}} = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Débit volumique de la pompe : $q_v = 60,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Diamètre intérieur de la canalisation : $d = 5,20 \text{ cm}$

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

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

Relation de Bernoulli entre les points 1 et 2 en l'absence de machine hydraulique :

$$g \cdot (Z_2 - Z_1) + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} = 0$$

Relation de Bernoulli entre les points 1 et 2 en présence de machine hydraulique :

$$g \cdot (Z_2 - Z_1) + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{P_{\text{puissance } 1 \rightarrow 2}}{D_m}$$

- Calculer l'intensité de la résultante des forces de pression dues à l'eau sur :
 - le fond de l'aquarium
 - une des petites faces verticales
 - une des grandes faces verticales
 - Calculer la hauteur à laquelle se trouve le centre de poussée sur les parois verticales, par rapport au fond de l'aquarium.
 - Calculer la pression p_3 au point 3, entrée de la pompe à la profondeur ΔZ .
 - Calculer la vitesse d'écoulement V_2 au point 2 (sortie de la pompe).
- On considère que la vitesse d'écoulement V_1 est négligeable au point 1 (à la surface libre de l'eau de l'aquarium).

- 5) Calculer la pression P_2 au point 2.
- 6) Calculer le débit massique de la pompe.
- 7) Calculer la puissance $P_{\text{puissance}}$ fournie par la pompe au fluide (en considérant $V_3 = V_2$).

Thermique

L'eau de mer puisée à la température moyenne $\theta_1 = 5,20^\circ\text{C}$ est chauffée à la température $\theta_2 = 27,30^\circ\text{C}$ avant son introduction dans l'aquarium.

La capacité thermique massique de l'eau est considérée constante et égale à $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

Les parties A et B sont indépendantes.

Chauffage électrique

- 1) Calculer la masse d'eau présente dans l'aquarium rempli.
- 2) Déterminer l'énergie nécessaire au chauffage de l'eau lors du remplissage de l'aquarium.

L'opération de remplissage se déroule sur une durée de 2 heures.

- 3) Calculer la puissance utile du système de chauffage électrique.

Le rendement du système de chauffage est $\eta = 0,830$.

- 4) Calculer la puissance électrique consommée par celui-ci.

Isolation de l'aquarium

On s'intéresse aux pertes thermique à travers l'une des grandes parois de dimensions :

(longueur $L = 8,20 \text{ m}$, hauteur utile d'eau : $h = 4,10 \text{ m}$) de l'aquarium, constituée, de l'intérieur vers l'extérieur des couches suivantes :

Couche de tartre d'épaisseur $e_1 = 1,4 \text{ mm}$

Mur de béton plein armé d'épaisseur $e_2 = 16 \text{ cm}$

Revêtement isolant d'épaisseur $e_3 = 8,4 \text{ cm}$ (suivant le cas)

D'un côté de la paroi, on trouve l'eau de l'aquarium à la température considérée constante et égale à $\theta_2 = 27,30^\circ\text{C}$.

De l'autre côté, se trouve l'air d'un couloir de service à la température considérée constante $\theta_{\text{air}} = 14,10^\circ\text{C}$.

On donne les conductivités thermiques des différents matériaux :

$$\lambda_{\text{tartre}} = 0,780 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{béton}} = 2,50 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{isolant}} = 0,0310 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Quelle que soit la situation, les résistances thermiques surfaciques superficielles seront considérées constantes et égale à :

$$r_{si} = \frac{1}{h_{\text{eau}}} = 2,04.10^{-4} \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$$

$$r_{se} = \frac{1}{h_{\text{air}}} = 0,110 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$$

- 1) Calculer les résistances thermiques surfaciques r_1 et r_2 des parois ainsi constituées :
 - a- sans isolant
 - b- avec isolant
- 2) Calculer les flux thermiques surfacique φ_1 et φ_2 perdus.
 - a- sans isolant
 - b- avec isolant
- 3) Calculer, dans le cas où l'isolant est présent :
 - a- la puissance thermique perdue à travers la paroi.
 - b- l'énergie perdue par heure.

Oxydoréduction

La carcasse métallique entourant la pompe est en fonte (alliage à base de fer).

La mase initiale de fer contenue dans la carcasse est $m_0 = 3,20 \text{ kg}$.

Lors d'une visite d'entretien, on a constaté qu'au bout de six mois, sa masse avait diminué de 29,9% du fait de la corrosion par l'eau de mer.

Données :

Potentiels standards des couples redox concernés :

Couple redox	Potentiel standard E^0 (V)	Demi équation électronique
Fe^{2+} / Fe	- 0,44	
O_2 / OH^-	1,23	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$
Zn^{2+} / Zn	- 0,76	

Réaction de corrosion entre le fer et le dioxygène dissout dans l'eau

- 1) a- Quel est l'oxydant le plus fort des deux couples concernés ?
- b- Ecrire la demi-équation électronique relative au fer.
La corrosion observée correspond-elle à une oxydation ou à une réduction du fer ?
- c- Montrer que l'équation bilan de la réaction de corrosion peut s'écrire :
$$2 Fe + O_2 + 2 H_2O \rightarrow 2 Fe(OH)_2$$
- d- Calculer la quantité de matière (en moles) de fer ayant été corrodé en six mois.
- e- En déduire la masse de dioxygène dissout dans l'eau de mer ayant alors réagi.

Protection de la carcasse en fonte

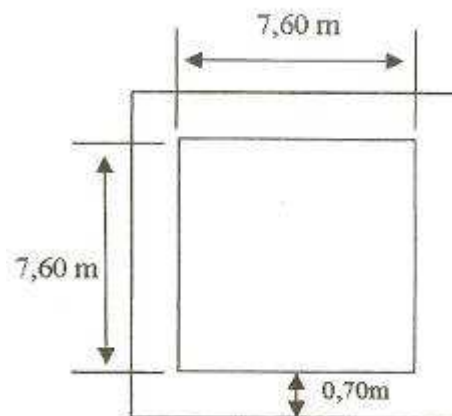
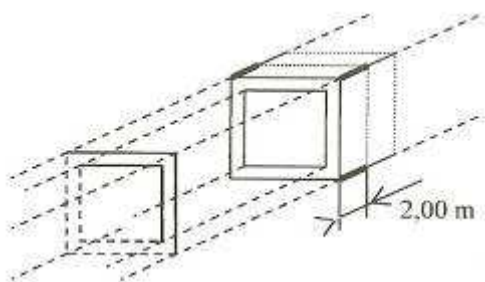
La carcasse est reliée électriquement à une certaine masse de zinc.

- 2) a- Nommer ce type de protection.
- b- Expliquer son principe de fonctionnement.
- c- Ecrire les demi équations électroniques mises en jeu.
Ecrire l'équation-bilan d'oxydoréduction de la réaction.
- d- Calculer la masse de zinc, m_{Zn} , nécessaire à la protection de la carcasse pour une durée de six mois.

EB 2008

Thermique-Calorimétrie

Chaque tronçon de tunnel du métro est constitué d'un bloc préfabriqué, de longueur $L = 2$ m, acheminé et monté sur place en vue d'un assemblage bout à bout selon le principe de la figure ci-dessous :



Pour fabriquer ce bloc, on utilise du béton armé.

Plan de coupe de chaque bloc :

Données : composition du béton armé par mètre cube

ciment CPA 55 HPR : 350 kg

eau : 170 kg

granulats d'alluvions : 1900 kg

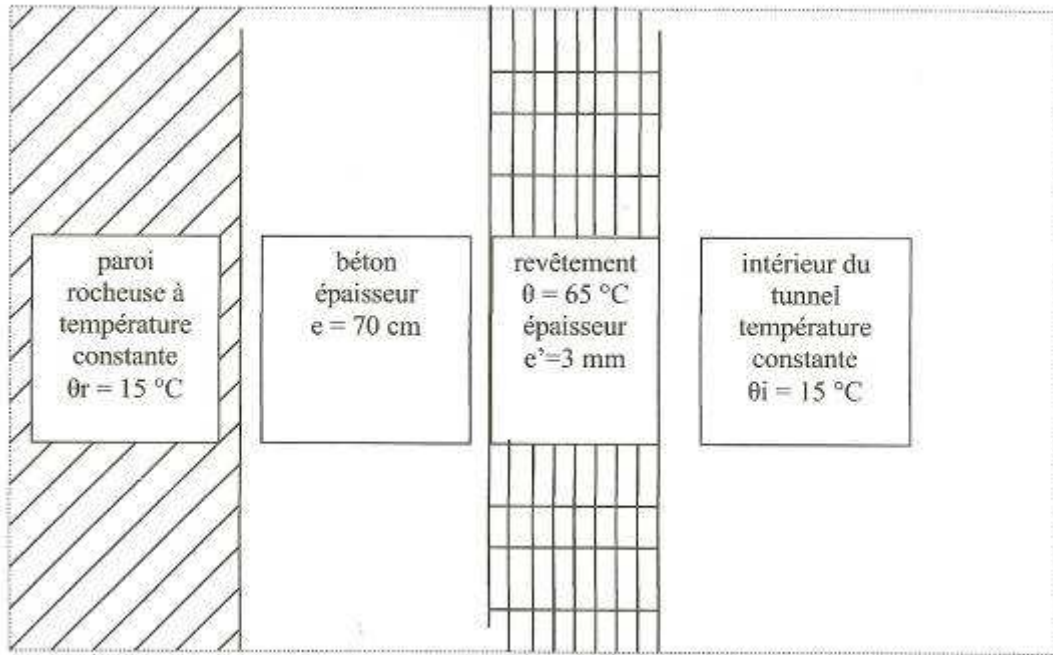
armature métallique : 17 kg

On considère qu'aucune réaction chimique n'a lieu entre les différents composants.

- 1) a- Calculer le volume d'un bloc de béton.
- b- En déduire sa masse.

Après la pose totale des blocs, on injecte à $65^\circ C$, en phase semi-solide, sur toute la partie intérieure du tunnel, un revêtement d'épaisseur $e = 3$ mm.

On suppose tout d'abord que le revêtement se comporte après sa pose, comme une source de chaleur à température moyenne constante de $65^\circ C$.

Coupe de paroi latérale :

- 2) a- Exprimer littéralement le flux thermique surfacique ϕ_1 à travers le béton.
- b- Calculer la valeur de cette puissance perdue par mètre carré de surface.
- c- Exprimer littéralement le flux thermique surfacique ϕ_2 à l'intérieur du tunnel.
- d- Trouver de même la valeur de cette puissance perdue par mètre carré de surface.
- e- Comparer ces résultats et conclure.

Données :

Conductivité thermique du béton : $\lambda = 1,15 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

résistance thermique superficielle intérieure : $r_s = 0,06 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$

On admet maintenant que l'intégralité de la quantité de chaleur dégagée par le refroidissement total du revêtement s'effectue par l'intérieur du tunnel.

La température finale atteinte étant de 15°C.

- 3) a- Calculer la masse du revêtement nécessaire pour recouvrir l'intérieur d'un bloc.
- b- Trouver alors la quantité de chaleur dégagée par le refroidissement de chaque bloc.
- c- Sachant que le refroidissement ne dépasse pas 10°C par heure, calculer la durée minimale de l'opération.
- d- En déduire la puissance totale dissipée sous forme de chaleur dans l'ensemble de tunnel de longueur, 3,2 km.

Données :

capacité thermique massique du revêtement : $C = 3500 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Masse volumique du revêtement : $\rho = 100 \text{ kg.m}^{-3}$

Photométrie

Chacune des stations d'accès au métro est éclairée indirectement par projection sur les parois d'un faisceau lumineux.

La paroi devenant alors une source lumineuse étendue.

- 1) Citer des aspects positifs et négatifs de ce type d'éclairage indirect.

On souhaite obtenir un éclairement moyen $E = 200 \text{ lux}$ sur chaque station, de longueur 20m et de largeur 2m.

- 2) Quel doit être le flux moyen lumineux Φ correspondant.

La luminance de la paroi est de 50 cd.m^{-2} et émet selon la loi de LAMBERT.

- 3) Calculer alors son émittance M .

- 4) Revêtement de la paroi :

- a- trouver le facteur de réflexion r de cette paroi.

b- en déduire la nature du revêtement choisi.

Données :

Peinture noir mate	Peinture blanche	Faïence blanche	Pierre jaune
$r = 0,05$	$r = 0,53$	$r = 0,78$	$r = 0,35$

Un flux lumineux moyen de 8000 lm est obtenu par un ensemble de lampes à incandescence. Chaque lampe absorbe une puissance électrique de 100 W et possède une efficacité lumineuse de $10 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$.

- 5) a- Calculer la puissance totale consommée.
- b- En déduire le nombre nécessaire de lampes.
- 6) Déterminer le coût de la consommation électrique d'une journée d'éclairage d'une station.

Données :

Une journée d'éclairage correspond à vingt heures d'utilisation.

Le prix d'un kilowattheure (kW.h) est de 0,078€.

Chimie organique

Pour éviter une surchauffe intérieure du tunnel, un système régulé de refroidissement utilise un fluide frigorigène : le SOLKANE R 134a (nom commercial) de formule semi-développée $\text{CF}_3 - \text{CH}_2\text{F}$.

Il est non toxique et ininflammable.

- 1) Donner son nom en nomenclature internationale.

Le SOLKANE et ces dérivés remplacent progressivement les fréons responsables de la destruction de la couche d'ozone dans la haute atmosphère.

L'ozone est considéré comme un anti UV efficace.

- 2) Compléter le document donnant le spectre électromagnétique en précisant la zone dans laquelle se trouve les UV.



Le revêtement intérieur du tunnel est constitué d'un polymère thermoplastique : le polyéthylène PEHD ignifugé, d'indice de polymérisation $n = 1250$.

- 3) a- Définir le terme thermoplastique.
- b- Donner un autre exemple de polymère de ce type.
- c- Définir le terme ignifugé.
- d- Quel est l'intérêt d'utiliser un tel matériau dans le cas du revêtement du tunnel du métro ?
- e- Quel est le rôle d'un adjuvant de manière générale ?

Le polyéthylène est obtenu par polymérisation de l'éthylène $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$.

- 4) Ecrire l'équation de polymérisation correspondante dans le cas où l'indice de polymérisation $n=1250$.

La destruction par combustion complète d'une masse $m = 35 \text{ kg}$ de ce polyéthylène dans le dioxygène de l'air, dégage du gaz carbonique et de l'eau :

- 5) a- Ecrire l'équation de combustion complète de ce polyéthylène dans le dioxygène.
- b- Calculer la quantité de matière (le nombre de moles) de polyéthylène utilisé.
- c- Trouver le volume de gaz carbonique dégagé par cette combustion.
- d- Quel est le rôle du gaz carbonique sur le changement de climat de la terre ?

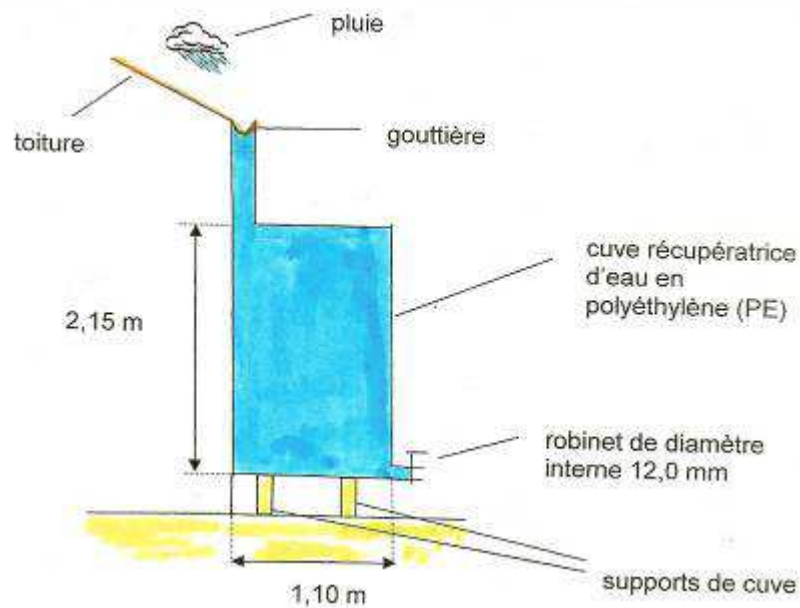
Justifier.

Donnée :

Volume molaire dans les conditions de l'expérience : $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

EB 2009

Un particulier décide de placer sous une gouttière du toit de sa maison une cuve récupératrice d'eau de pluie :



Cette cuve est en polyéthylène (PE), et a la forme d'un cylindre de diamètre interne 1,10 m et une hauteur interne de 2,15 m.

Le robinet de sortie est placé en bas de la cuve.

Le diamètre interne du robinet est de 12,0 mm.

Mécanique des fluides

On considère que la surface de la toiture utile pour récupérer cette eau de pluie est de $90,0 \text{ m}^2$.

Une pluie moyenne apporte $3,00 \text{ L}$ par mètre carré ($\text{L}\cdot\text{m}^{-2}$) de toiture utile et par heure.

- 1) a- Montrer que l'unité ($\text{L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$) correspond à la dimension d'une vitesse.
- b- Calculer le volume d'eau de pluie que peut contenir la cuve.
- c- Pendant combien de temps doit-il pleuvoir pour remplir en totalité la cuve ?

On considère que la cuve est remplie sur une hauteur de 1,50 m.

- 2) a- Calculer les pressions absolue et relative (appelée aussi pression effective) de l'eau au niveau du robinet de sortie.
- b- Lorsque la hauteur d'eau est de 50,0 cm, calculer la nouvelle pression relative au niveau du robinet.
- c- Calculer la variation de pression au niveau du robinet lorsque la surface libre de l'eau passe de 1,50 m à 50,0 cm.

Données :

Pression atmosphérique : $P_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$

Calorimétrie

Un jour d'hiver ensoleillé la température de l'eau, à l'intérieur de la cuve, passe de 5°C à 12°C .

1) a- Lorsque la cuve contient $2,00 \text{ m}^3$ d'eau, calculer la quantité de chaleur que celle-ci emmagasine lorsque la température de l'eau passe de 5°C à 12°C .

b- Calculer la quantité de chaleur perdue Q_0 par cette eau liquide si elle passe de 12°C à 0°C , puis Q_1 lorsqu'elle passe entièrement de l'état liquide à l'état solide à 0°C .

Thermique

L'épaisseur de la cuve en polyéthylène (PE) est : $e_{\text{PE}} = 5,00 \text{ mm}$.

2) Calculer la résistance thermique surfacique de la paroi latérale de la cuve lorsque celle-ci est remplie d'eau.

On considère que le flux thermique total au travers de la totalité de la cuve est $\Phi_T = 930 \text{ W}$, lorsque l'eau passe de 12°C à 0°C .

3) Calculer le temps nécessaire pour que l'eau passe de 12°C à 0°C en considérant que le flux reste constant.

A travers la paroi latérale le flux surfacique est de $98,0 \text{ W.m}^{-2}$.

4) Calculer le flux thermique perdu au travers de cette paroi latérale (il y a de l'eau sur toute la hauteur de la cuve).

Pour diminuer de moitié la perte de flux thermique au travers de la paroi latérale, le particulier souhaite disposer autour de la surface latérale de la cuve un isolant.

5) Calculer l'épaisseur e_i de l'isolant pour satisfaire cette diminution.

Données :

capacité thermique massique de l'eau : $c = 4,18.10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur latente massique de fusion de la glace : $L = 3,33.10^5 \text{ J.kg}^{-1}$

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

Conductivités thermiques : $\lambda_{PE} = 0,400 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ et $\lambda_{isolant} = 0,030 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

résistances thermiques surfaciques superficielles :

$$r_{si} = \frac{1}{h_{eau}} = 2,04.10^{-4} \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1} \text{ et } r_{se} = \frac{1}{h_{air}} = 0,110 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$$

Chimie organique

La cuve est en PE (polyéthylène).

1) Donner la formule de ce polymère et du monomère éthylène (ou éthène) qui a permis de le fabriquer.

Solution acide

On considère maintenant que l'eau de la cuve est à 25°C .

Le particulier teste le pH de l'eau de pluie avec un stylo pH.

Celui-ci indique 6,7.

2) a- L'eau de pluie est-elle acide, basique ou neutre ?

b- Calculer la concentration molaire des ions oxonium (H_3O^+) et des ions hydroxyde (HO^-) présents dans la cuve.

Le particulier souhaite faire un complément d'eau de sa piscine de 2.00 m^3 à l'aide de l'eau de pluie.

Le pH de l'eau de la piscine doit-être de 7,4.

Le particulier dispose de deux correcteurs de pH : le premier nommé pH⁺ est à base de soude, le deuxième nommé pH⁻ est à base d'acide.

c- Lequel doit-il choisir ?

Sur la notice des deux produits, il est indiqué :

« Pour faire varier le pH de 0,1 il faut ajouter 0,500 kg pour $50,0 \text{ m}^3$ »

d- Calculer la quantité de produit qu'il faut ajouter pour faire varier le pH des deux mètres cube de 6,7 à 7,4.

Donnée :

Produit ionique de l'eau, $K_e = 10^{-14}$ à 25°C .

EB 2010

Etude de l'isolation thermique et acoustique d'un bureau dans un immeuble

Thermique

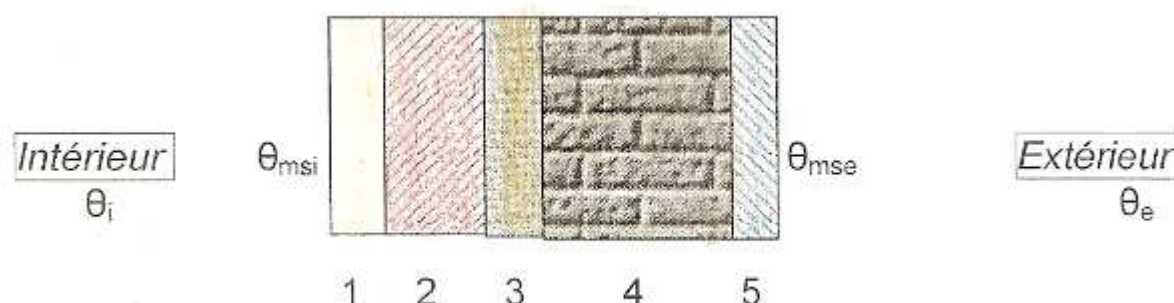
Un bureau situé dans un immeuble est séparé de l'extérieur par une paroi dont la longueur et la hauteur sont respectivement $L = 10,0$ m et $H = 3,00$ m.

Celle-ci est formée d'un mur composé de plusieurs matériaux superposés et d'une porte vitrée coulissante d'aire $S_v = 6,00$ m² donnant sur un balcon.

Pour tout le problème, les températures intérieure $\theta_i = 20,0^\circ\text{C}$ et extérieure $\theta_e = -5^\circ\text{C}$, de part et d'autre de la paroi, sont supposées constantes.

Les autres murs ainsi que le plafond et le plancher du bureau sont supposés sans échange thermique avec les locaux voisins.

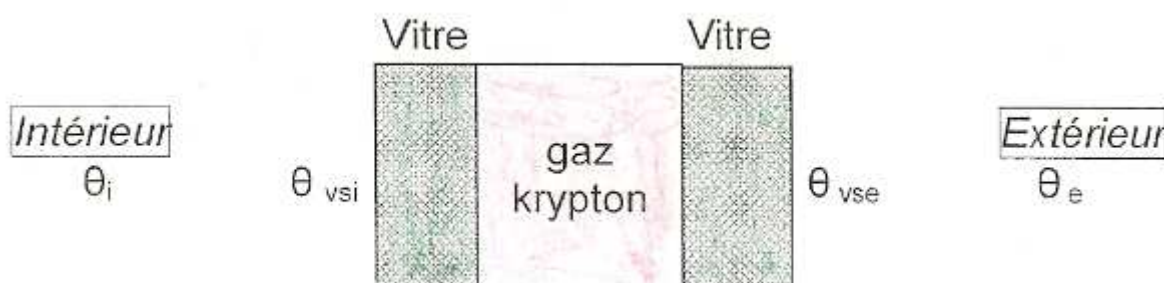
Description du mur : il comprend 5 couches de matériaux.



Matériau	Épaisseur (e) en cm	Conductivité thermique (λ) en $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
(1) Enduit plâtre	1,50	0,500
(2) Briques plâtrières	5,00	0,500
(3) Panneaux de liège expansé	6,00	0,0400
(4) Brique creuse	20,0	0,500
(5) Enduit chaux/sable	2,50	1,04

Description du vitrage : il s'agit d'un double vitrage « 6/15/6 ».

Les deux vitres de la porte-fenêtre sont séparées d'un espace rempli de krypton (gaz rare de masse atomique élevée).



Chaque vitre a une épaisseur $e_v = 6,00$ mm et d'une conductivité thermique $\lambda_v = 1,15$ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Le krypton a une épaisseur $e_{Kr} = 15,0$ mm et une résistance thermique surfacique $r_{Kr} = 1,60$ $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$.

Les résistances thermiques surfaciques d'échange superficiel (communes au mur et au vitrage) interne et externe sont respectivement : $r_{si} = 0,110$ $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ et $r_{se} = 0,0600$ $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$.

Le flux thermique qui traverse la paroi sera supposé permanent et constant.

Partie A : Etude de l'isolation thermique du mur

1) a- Citer les 3 modes de transferts thermiques et décrire simplement chacun d'entre eux.

b- Exprimer littéralement la résistance thermique surfacique du mur noté r_m en fonction des épaisseurs e , des conductivités thermiques λ , de r_{si} et de r_{se} .

Calculer r_m .

c- Exprimer littéralement le flux thermique surfacique qui traverse le mur noté ϕ_m . Calculer ϕ_m .

d- Calculer les températures superficielles intérieure (θ_{msi}) et extérieure (θ_{mse}).

e- Vérifier que le flux thermique ϕ_m (appelé aussi puissance thermique) perdu à travers le mur est proche de 270 W.

Partie B : Etude de l'isolation de la paroi

Le flux thermique ϕ_v (ou puissance thermique) perdu à travers la vitre est proche de 84 W.

2) a- Calculer le flux total ϕ des déperditions thermiques à travers la paroi (mur + vitrage).

Quelle doit être la puissance d'un convecteur électrique pour maintenir la température du bureau à $20,0^\circ\text{C}$?

b- Quelle est la quantité de chaleur Q exprimée en kWh perdue au cours d'une journée (24 h) d'hiver ($\theta_e = -5,00^\circ\text{C}$) ?

Calculer alors le coût du chauffage sachant que le prix moyen du kWh est de 0,0780 euro.

c- Que pensez-vous de la qualité de l'isolation de cette paroi ?

Pourquoi utiliser le gaz krypton à la place de l'air entre les deux vitres ?

(On donne $r_{air} = 0,48 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)

La porte-fenêtre vitrée donne sur un balcon en béton dont la résistance thermique surfacique est $r_b = 0,140 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

Celui-ci doit être thermiquement isolé de la paroi sinon il constitue un pont thermique.

d- Qu'est ce qu'un pont thermique ?

Expliquer sa conséquence sur l'isolation du bureau.

Acoustique

Le bureau précédent dont la longueur est $L = 10,0 \text{ m}$ et la hauteur $H = 3,00 \text{ m}$ a une largeur $\ell = 8,00 \text{ m}$. Son mur et ses cloisons sont recouverts d'un enduit-plâtre peint, le plafond est recouvert de dalles insonorisantes et le plancher de dalles thermoplastiques.

La paroi extérieure comprend une porte-fenêtre en double vitrage de surface $S_v = 6,00 \text{ m}^2$.

Une cloison interne comprend deux portes en bois de surface $S_p = 2,60 \text{ m}^2$ chacune.

Le mobilier (bureaux, étagères, chaises) a une aire d'absorption équivalente $A_m = 1,80 \text{ m}^2$.

Le bureau est occupé en permanence par cinq employés assis ayant chacun une aire d'absorption équivalente $A_e = 0,310 \text{ m}^2$.

On rappelle que la paroi extérieure du bureau a pour dimension $L = 10,0 \text{ m}$ et $H = 3,00 \text{ m}$.

On donne les coefficients d'absorption α des matériaux :

Matériau	Enduit-plâtre	Dalles insonorisantes	Dalles thermoplastiques	Vitrage	Portes en bois
α	0,03000	0,620	0,0420	0,110	0,0900

Partie A : Etude de la réverbération acoustique du bureau

1) a- Reproduire et compléter le tableau ci-dessous :

Matériau	Surface en m^2	Coefficient α	A en m^2
Mur et cloisons			
Plafond			
Plancher			
Double vitrage			
Portes			
Mobilier			
Employés			
			A =

b- Définir la durée de réverbération acoustique dans un local T_r .

c- Calculer T_r .

Partie B : L'isolement acoustique de la paroi extérieure

On mesure, avec un sonomètre, les niveaux d'intensités de part et d'autre de la paroi extérieure du bureau, du côté extérieur $L_{\text{ext}} = 86,0$ dB et du côté intérieur $L_{\text{int}} = 42,0$ dB.

On donne la relation exprimant l'indice d'affaiblissement acoustique R : $R = D_b - 10 \log (A/S)$

2) a- Quelle est l'unité de R ?

b- Calculer l'isolement acoustique brut D_b de la paroi.

c- Calculer l'indice d'isolement R de la paroi.

A 100 Hz l'indice d'affaiblissement d'une paroi est de 34 dB ; à 6000 Hz, il est de 65 dB.

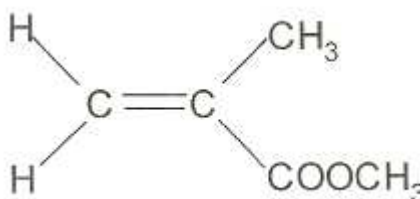
d- Quels sont les sons les plus affaiblis par cette paroi.

Chimie organique

Le double vitrage est formé à partir d'un polymère : le polyméthacrylate de méthyle (PMMA) connu sous l'appellation commerciale de plexiglas®.

Il s'agit d'une matière plastique à comportement thermoplastique qui possède des qualités optiques (indice de réfraction, ...) comparables à celles du verre.

Il est obtenu à partir d'un monomère, le méthacrylate de méthyle dont la formule est :



1) Qu'est ce qu'un polymère ?

Qu'est ce qu'une matière plastique ?

2) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de polymérisation avec n molécules de méthacrylate de méthyle.

Quel nom donne-t-on à ce type de réaction de polymérisation ?

Un PMMA possède un indice de polymérisation moyen $n = 1250$.

3) a- Calculer la masse molaire du motif.

b- Calculer la masse molaire du polymère.

L'une des voies possibles de recyclages du PMMA consiste à le dépolymériser afin de récupérer le monomère MMA qui est alors réutilisé ou détruit par combustion.

On considère dans la suite du problème la combustion du MMA.

La combustion du MMA dans le dioxygène à haute température conduit à la formation de dioxyde de carbone et à de la vapeur d'eau.

On effectue la combustion de 50 kg de MMA.

4) a- Ecrire et équilibrer l'équation-bilan de la réaction de combustion en utilisant la formule brute du monomère.

b- Calculer la masse de dioxyde de carbone formée.

c- Quel nom donne-t-on à l'effet dont est majoritairement responsable le dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

EB 2011

Quelques travaux de rénovation dans un commerce

Partie A : Amélioration de l'isolation de la façade vitrée.

Partie B : Quelques aspects de la chimie de la chaux.

Partie C : Vérification de la ventilation.

Les parties **A**, **B** et **C** sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

Le propriétaire d'un commerce souhaite effectuer quelques travaux de rénovation.

La vitrine du commerce a une longueur $L = 20,0$ m et une hauteur $H = 3,00$ m.

- A -

Thermique

Données :

Température intérieure : $\theta_i = 20,0$ °C (utilisation normale du local)

Température extérieure : $\theta_e = 3,00 \text{ }^\circ\text{C}$ (la plus basse enregistrée dans la zone au cours des dix dernières années)

Coefficients d'échanges superficiels intérieur et extérieur :

$$h_i = 8,00 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} \text{ et } h_e = 23,0 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

Conductivité thermique du verre : $\lambda = 1,00 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Dans un premier temps, on s'intéresse au bilan thermique de l'existant.

Le vitrage actuel est un simple vitrage d'épaisseur $e_s = 8,00 \text{ mm}$.

1) a- Exprimer, puis calculer la résistance thermique surfacique r_s de ce vitrage.

b- Donner l'expression de la densité de flux thermique φ_s à travers ce vitrage.

Calculer φ_s .

c- Donner l'expression des pertes thermiques (ou encore du flux thermique) Φ_s à travers le vitrage en fonction de φ_s et des dimensions du vitrage.

Calculer Φ_s .

Dans un deuxième temps, on s'intéresse aux améliorations possibles.

Dans le cadre de la rénovation du local récemment acheté, le commerçant fait appel à un fournisseur qui lui propose d'améliorer les qualités d'isolation thermique de la façade en remplaçant le simple vitrage par un double vitrage.

Pour les deux solutions proposées, la lame d'air entre les deux épaisseurs de verre a pour épaisseur $e_{\text{air}} = 16,0 \text{ mm}$ et pour résistance thermique surfacique r_{air} .

• Solution 1 : double vitrage symétrique (de type 4-16-4)

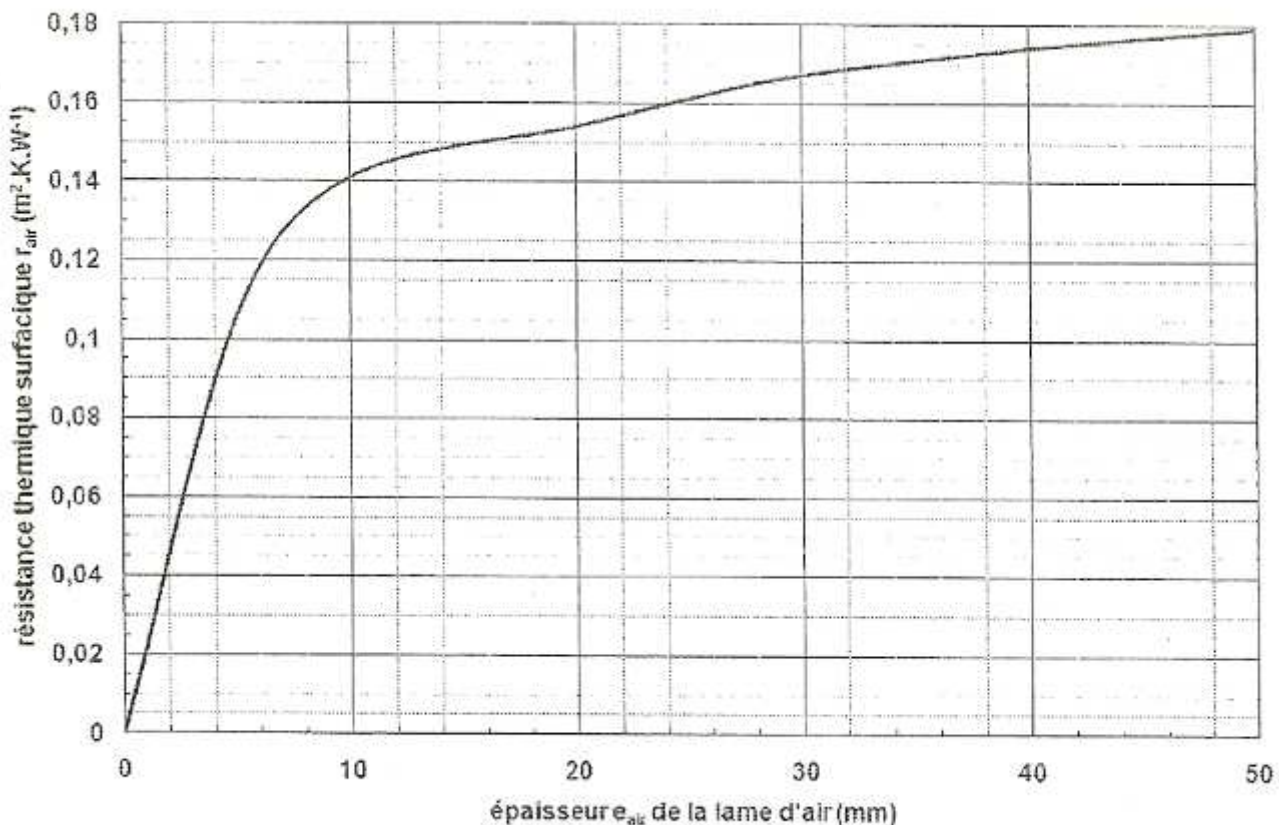
Les deux épaisseurs de verre sont identiques et égales à $e = 4,00 \text{ mm}$.

• Solution 2 : double vitrage asymétrique (de type 10-16-4)

Les deux épaisseurs de verre sont respectivement $e_e = 10,0 \text{ mm}$ (verre extérieur) et $e_i = 4,00 \text{ mm}$ (verre intérieur).

2) a- Etablir l'expression des résistances thermiques surfaciques r (double vitrage symétrique) et r' (double vitrage asymétrique) de ces deux vitrages.

Le graphique suivant donne la variation de la résistance thermique surfacique r_{air} de la lame d'air (supposé immobile) en fonction de son épaisseur e_{air} :



b₁- Déterminer graphiquement la résistance thermique surfacique r_{air} de la lame d'air d'épaisseur e_{air} pour les doubles vitrages considérés.

b₂- En déduire les valeurs numériques des résistances thermiques surfaciques r et r' .

c- Après avoir donné leurs expressions littérales, calculer alors les densités de flux thermiques ϕ et ϕ' à travers les doubles vitrages symétrique et asymétrique respectivement.

On étudie les températures de surface pour un simple vitrage.

d₁- Pour le simple vitrage (d'épaisseur $e = 8,00$ mm), exprimer, puis calculer les températures de surface intérieure et extérieure, que l'on notera respectivement θ_{si} et θ_{se} .

d₂- Représenter l'allure du profil de température de part et d'autre et à l'intérieur de la vitre simple (on ne demande pas de respecter une quelconque échelle).

Les températures de surface intérieure et extérieure pour les deux types de doubles vitrages sont données dans le tableau ci-dessous :

Type de double vitrage	symétrique	asymétrique
Température de surface intérieure (°C)	13,5	13,5
Température de surface extérieure (°C)	5,30	5,30

En vous appuyant sur les données du tableau et l'ensemble des résultats obtenus :

e₁- Conclure quant à l'intérêt d'un double vitrage par rapport à un simple vitrage.

e₂- Conclure quant à l'intérêt spécifique de l'asymétrie du double vitrage en termes de performances d'isolation thermique.

- B -

Quelques aspects de la chimie de la chaux

Données :

Volume molaire des gaz dans les conditions usuelles de température et de pression :

$$V_m = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}.$$

capacité thermique massique de l'eau : $c = 4,18.10^3 \text{ J.kg}^{-1}.K^{-1}$

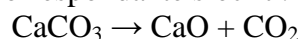
chaleur Latente massique de vaporisation de l'eau : $L_v = 2,25.10^6 \text{ J.kg}^{-1}$

Afin d'améliorer l'esthétique, le propriétaire se propose d'appliquer de la chaux éteinte sur un mur du local. Celle-ci est obtenue par extinction de la chaux vive.

La chaux vive (principalement de l'oxyde de calcium CaO) est une poudre blanche obtenue par décomposition thermique (ou pyrolyse) du calcaire (de formule chimique CaCO₃) aux environs de 900 °C.

Cette pyrolyse produit un fort dégagement de dioxyde de carbone CO₂.

L'équation-bilan de la réaction chimique correspondante s'écrit :



1) a- Calculer la quantité de matière (en moles) de dioxyde de carbone produite par la pyrolyse d'une masse $m = 1,00$ kg de calcaire.

b- En déduire le volume occupé par le dioxyde de carbone produit une fois celui-ci ramené dans les conditions usuelles de température et de pression.

La chaux aérienne, ou chaux éteinte, est ensuite obtenue par réaction de la chaux vive avec l'eau (étape d'extinction de la chaux vive).

Elle est constituée surtout d'hydroxyde de calcium, de formule chimique Ca(OH)₂.

2) a- Ecrire l'équation-bilan de la réaction associée à la transformation chimique entre la chaux vive et l'eau.

b- Calculer la masse d'eau tout juste nécessaire à l'hydratation de 1,00 kg de chaux vive.

Calorimétrie

La notice d'utilisation de la chaux vive précise « *qu'il s'agit d'un produit potentiellement dangereux : en cas de mélange de grandes quantités de **chaux vive** et d'eau, la chaleur dégagée ($Q = 1155 \text{ kJ}$ pour 1 kg de chaux vive) est telle que l'eau peut se mettre à bouillir et projeter de la chaux, qui est corrosive. Il est de ce fait conseillé d'utiliser une blouse ou un bleu de travail, des lunettes et des gants lors de la manipulation, de verser progressivement la poudre dans l'eau et non l'inverse et de brasser le mélange eau/chaux vive tout au long de sa préparation, ceci afin de limiter les risques de projection* ».

On considère une masse d'eau m , initialement à la température $\theta_i = 20,0$ °C, que l'on suppose portée à l'ébullition ($\theta_{\text{eb}} = 100,0$ °C sous la pression atmosphérique normale) grâce à la chaleur dégagée par

l'extinction de la chaux vive.

3) a- Quelle est la valeur de la masse m ainsi transformée en vapeur si on éteint 1,00 kg de chaux vive ?

b- En vous appuyant sur le résultat obtenu, commenter brièvement les précautions d'utilisation de la chaux vive.

- C -

Mécanique des fluides

Données :

Diamètre de la canalisation du système de ventilation : $d = 15,0 \text{ cm}$

Masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1,20 \text{ kg.m}^{-3}$

Masse volumique du mercure : $\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Expression de l'invariant de Bernoulli : $P + \rho gz + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{constante}$

Le commerçant, soucieux de vérifier son système de VMC, se penche sur les dispositifs permettant de mesurer le débit volumique d'air dans les canalisations.

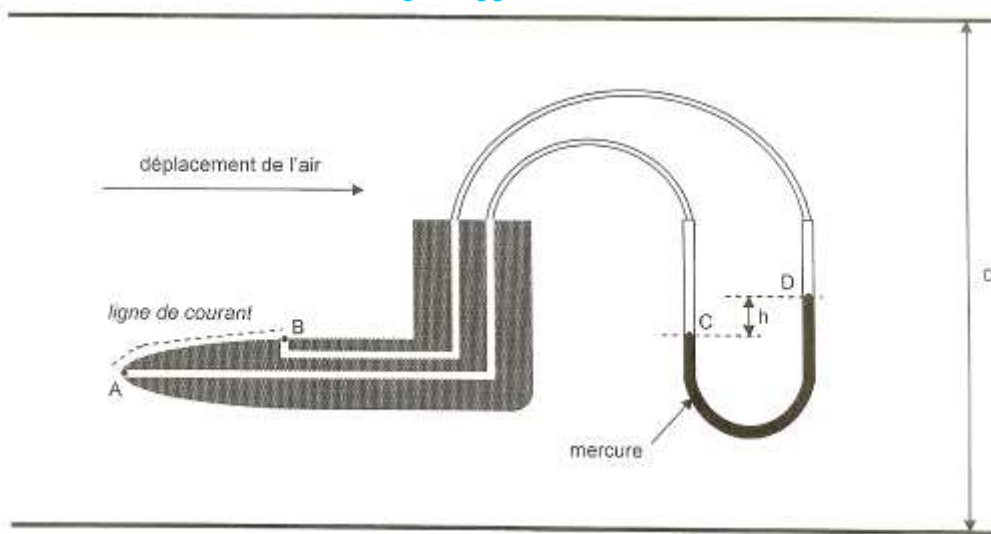
Après quelques recherches sur internet, il trouve séduisante l'utilisation des tubes de Pitot, dispositifs très utilisés dans l'aviation pour mesurer la vitesse d'un écoulement en le perturbant de façon minimale.

Le dispositif, placé dans l'écoulement, peut être schématisé comme présenté sur la figure ci-dessous :

Le tube de Pitot est muni en A d'une prise de pression à point d'arrêt et en B d'une prise latérale de pression.

On supposera donc :

- en A, $v = v_A = 0,00 \text{ m.s}^{-1}$
- en B, $v = v_B$, vitesse de l'écoulement par rapport au tube de Pitot.

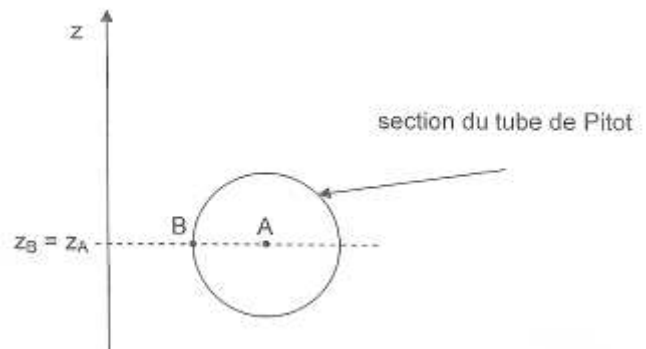


La différence de pression entre les points A et B induite par la différence de vitesse entre ces points est **intégralement transmise** au mercure contenu dans un tube en U de section constante jouant le rôle d'un manomètre différentiel (le fluide est donc considéré comme étant incompressible).

1) Rappeler la loi fondamentale de la statique des fluides.

2) En exploitant cette loi, établir une relation entre P_A , P_B , ρ_{Hg} , g et h .

Les points A et B sont à la même altitude $z_A = z_B$.



- 3) En appliquant le théorème de Bernoulli le long de la ligne de courant entre A et B, exprimer la variation de pression $P_A - P_B$ en fonction de la vitesse v_B et de la masse volumique ρ_{air} .
- 4) A partir des questions précédentes, montrer que l'expression de la hauteur h en fonction des masses volumiques du mercure ρ_{Hg} et de l'air ρ_{air} , de g et de la vitesse v_B est :

$$h = \frac{\rho_{\text{air}} \cdot v_B^2}{2 \cdot \rho_{\text{Hg}} \cdot g}$$

- 5) En déduire l'expression de la hauteur h en fonction de ρ_{air} , ρ_{Hg} , du débit volumique d'air Q_v dans la canalisation et de son diamètre d .
- 6) Calculer la valeur de h si le débit volumique Q_v vaut $75,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, valeur attendue si le système de ventilation fonctionne correctement.
- Conclure quant à la possibilité d'utiliser un tel tube de Pitot pour mesurer le débit volumique Q_v .
- 7) Le remplacement du mercure par un autre fluide permettrait-il d'améliorer la sensibilité de l'appareil ?

EB 2012

Projet de lotissement alimenté par une micro-centrale hydraulique

Un promoteur du sud de la France étudie la faisabilité d'un lotissement d'habitations individuelles répondant aux futures recommandations de la réglementation thermique 2012 et dont l'alimentation en électricité serait assurée par une micro-centrale hydraulique.

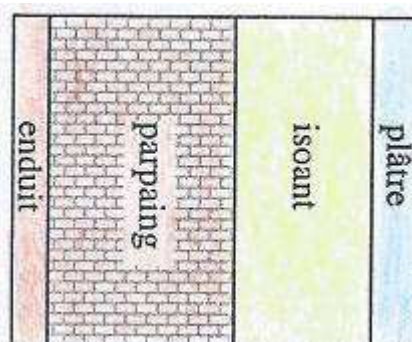
Thermique

On s'intéresse à la construction d'une maison de plain pied, de surface habitable 120 m^2 , dont les dimensions sont les suivantes : $L = 12 \text{ m}$, $\ell = 10 \text{ m}$ et $h = 2,5 \text{ m}$.

Le promoteur souhaite s'inspirer des recommandations de la réglementation thermique 2012, à savoir :

- une consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire notée C_{max} telle que $C_{\text{epmax}} = 50 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$ (consommations de chauffage, de refroidissement, d'éclairage, de production d'eau chaude sanitaire et d'auxiliaires).
- une surface vitrée notée S_v d'au minimum 17% de la surface habitable.

Afin d'atteindre la C_{epmax} imposée par cette réglementation, une solution technique retenue consiste en la réalisation de murs de résistance thermique surfacique $r_{\text{mur}} = 6,0 \text{ K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ et dont la composition est donnée ci-dessous :



Matériau	Epaisseur (cm)	Conductivité thermique ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
plâtre	$e_{\text{pl}} = 1,3$	$\lambda_{\text{pl}} = 0,46$
isolant	$e_i = \dots$	$\lambda_i = 0,032$
parpaing	$e_{\text{pa}} = 20$	$\lambda_{\text{pa}} = 1,7$
enduit	$e_e = 2,0$	$\lambda_e = 1,1$

- 1) Citer les différents modes de transfert de la chaleur.
- 2) Déterminer l'épaisseur minimale d'isolant permettant d'obtenir la résistance thermique surfacique du mur.
- 3) Déterminer la superficie des surfaces vitrées, notée S_v , dans le cas d'une application de la réglementation thermique 2012.

4) Déterminer la superficie des surfaces de mur, notée S_m .

5) Dans les conditions de température extérieure $\theta_{ext} = 7^\circ\text{C}$ et intérieure $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$, déterminer les déperditions thermiques au travers :

a- de la surface vitrée.

b- des murs.

On donne les déperditions thermiques respectivement du sol et du plafond : $\phi_{sol} = 260 \text{ W}$ et $\phi_{toit} = 160 \text{ W}$.

6) Vérifier que les déperditions thermiques de la maison sont inférieures à 1190 W.

La température $\theta_{ext} = 7^\circ\text{C}$ correspond à la valeur moyenne de la température extérieure donnée par météo France pour la région Languedoc Roussillon dans la période de chauffage d'octobre à avril (210 jours).

7) Pendant cette période, calculer l'énergie nécessaire E_{ch} pour le chauffage (en kWh).

On rappelle que dans le cadre de la réglementation thermique 2012, la C_{epmax} vaut $50 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$.

Le promoteur part du constat généralement admis que 70% de la consommation conventionnelle en énergie primaire d'une habitation sert au chauffage de celle-ci.

8) Cette habitation est-elle conforme aux réglementations thermiques 2012 ?

Données :

résistances thermiques surfaciques superficielles extérieure et intérieur du mur :

$$r_{se} = 0,040 \text{ K}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1} \text{ et } r_{si} = 0,13 \text{ K}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$$

Coefficient de transmission thermique surfacique du triple vitrage : $U_v = 0,80 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$.

Mécanique des fluides (étude fluidique de la centrale)

Dans cette partie nous cherchons à déterminer la puissance électrique qui serait disponible en sortie de la micro-centrale.

Celle-ci doit être installée sur une rivière de débit variable tout au long de la journée, aussi il est prévu d'utiliser une retenue d'eau et une conduite forcée afin de guider l'eau depuis la retenue jusqu'à la micro-centrale.

Un point de la surface de la retenue d'eau est appelé A, son altitude z_A .

La retenue d'eau ayant un volume d'eau suffisamment important, la vitesse de l'eau en ce point notée v_A sera considérée comme nulle dans la suite du problème.

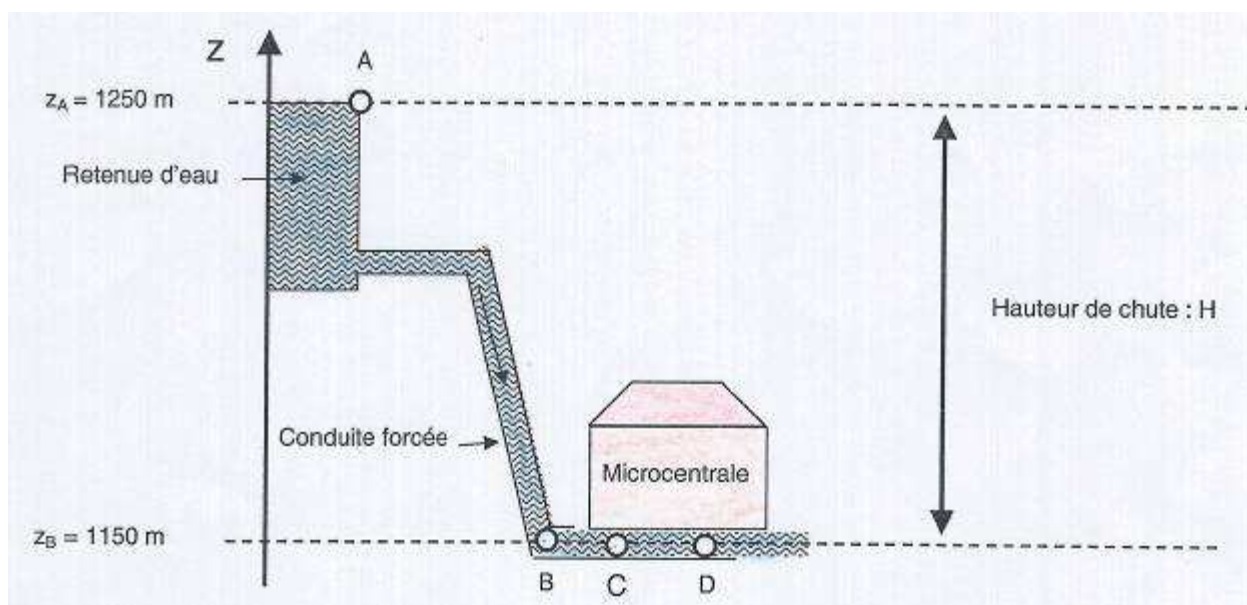
Le point d'arrivée de l'eau dans la conduite, à l'altitude z_B où se trouve la turbine, est appelé B et la vitesse de l'eau en ce point v_B .

Le point de sortie à l'air libre de la conduite forcée sera appelé C, son altitude z_C et la vitesse de l'eau en ce point v_C .

En ce point l'eau sort d'un injecteur de petite taille à très grande vitesse pour aller faire tourner la turbine qui entraîne un alternateur.

Le point de sortie de la turbine à l'air libre est appelé D, et la vitesse en ce point v_D .

La situation est schématisée ci-dessous :



Dans cette partie, nous faisons l'hypothèse d'un écoulement homogène, incompressible, stationnaire et sans perte de charge ?

A l'intérieur de la conduite forcée le débit volumique Q_v est de $9000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

1) Calculer le débit massique Q_m en $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$.

2) Montrer en justifiant votre réponse que la vitesse d'écoulement à l'intérieur de la conduite forcée est de $1,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3) Rappeler le théorème de Bernoulli.

4) A l'aide de la relation de Bernoulli entre les points A et B, montrer que la pression dans la conduite au point B vaut $p_B = 10,8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

L'eau provenant de la conduite forcée sort au point C (à l'air libre) à très grande vitesse et provoque la rotation de la turbine

5) Montrer qu'à la sortie des injecteurs la vitesse v_C a pour expression $v_C = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$.

Calculer sa valeur.

On peut montrer que la puissance notée P_t reçue par la turbine est égale à $P_t = \rho \cdot g \cdot Q_v \cdot H$.

6) Préciser les unités des grandeurs dans la relation $P_t = \rho \cdot g \cdot Q_v \cdot H$.

Calculer la valeur numérique de P_t .

Les rendements respectifs de la turbine et de l'alternateur sont de $\eta_t = 88\%$ et $\eta_a = 95\%$.

7) Calculer la puissance électrique $P_{\text{élec}}$ disponible à la sortie de la micro-centrale.

Données :

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

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

$$\text{Diamètre de la conduite forcée au point B : } D_B = 1,4 \text{ m}$$

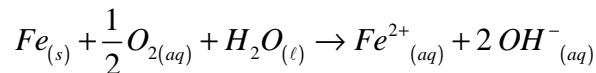
$$\text{Pression atmosphérique : } p_{\text{atm}} = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Oxydoréduction (corrosion de la conduite)

La conduite forcée est en fonte.

Sensible au problème de corrosion, cet alliage à base de fer nécessite une protection.

Dans un premier temps, on s'intéresse à la corrosion entre le fer et le dioxygène dissout dans l'eau qui peut être de façon simplifiée modélisée par l'équation de réaction suivante :



1) Ecrire la demi-équation d'oxydoréduction relative au couple oxydant réducteur $Fe^{2+}_{(aq)} / Fe_{(s)}$.

2) La corrosion observée correspond-elle à une oxydation ou à une réduction du fer, à une oxydation ou à une réduction de $O_{2(aq)}$?

On s'intéresse maintenant à la méthode de protection.

Pour ce faire on utilise un matériau relié électriquement à la conduite forcée.

3) Nommer ce type de protection et expliquer son principe de fonctionnement.

4) En justifiant votre réponse, proposer parmi les métaux présents dans le tableau ci-dessous, ceux qui seraient susceptibles d'être utilisés pour « protéger la conduite de la corrosion ».

Couple	Potentiel standard E^0 (V)	Couple	Potentiel standard E^0 (V)
Cu^{2+}/Cu	+ 0,34	Zn^{2+}/Zn	- 0,76
Ag^+/Ag	+ 0,80	Mg^{2+}/Mg	- 2,37
O_2/OH^-	+ 1,23	Fe^{2+}/Fe	- 0,44

5) Ecrire l'équation d'oxydoréduction relative aux couples $Zn^{2+}_{(aq)} / Zn_{(s)}$ et $Fe^{2+}_{(aq)} / Fe_{(s)}$.

Annuellement, la corrosion provoque une diminution de la masse de fer que l'on évalue à 10 kg.

6) Déterminer la quantité de matière de fer ayant été corrodée.

7) En déduire la masse minimale (annuelle) de zinc nécessaire à la protection de la conduite.