

4. étude et économie de la construction (21)

EEC 1991

Oxydoréduction

Pour protéger une canalisation enterrée en fonte (alliage fer – carbone que l'on assimilera à du fer), on utilise une électrode consommable en magnésium.



1) A l'aide des potentiels standard des couples en présence, écrire la ou les réactions que l'on s'attend à observer.

En déduire l'existence d'un courant dit « de protection ».

2) Etablir la formule reliant la durée de vie (t en années) d'une électrode avec sa masse (m en kilogrammes) et l'intensité du courant de protection (I en Ampère).

3) Calculer la durée de vie prévisible d'une électrode en magnésium, de masse égale à 10 kg, le courant ayant une intensité égale à 0,06 A.

(en fait, l'expérience montre que la durée de vie réelle d'une telle électrode n'est guère que la moitié de la durée de vie théorique).

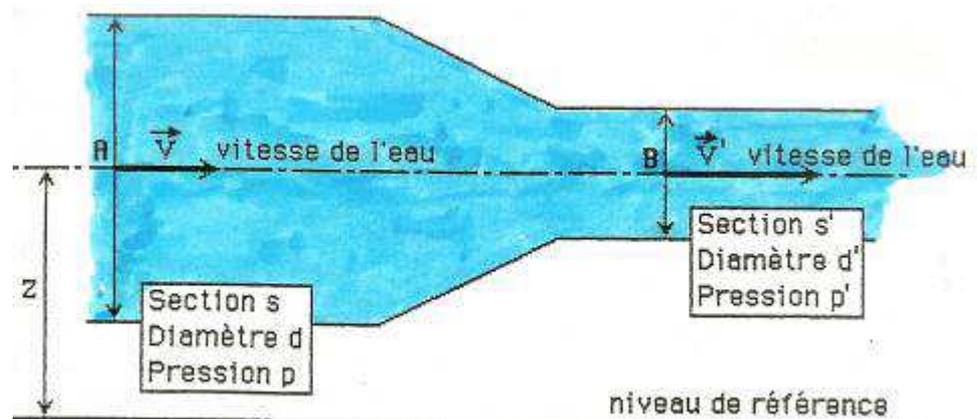
Données :

$$E^0(\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$$

$$E^0(\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}) = -2,37 \text{ V}$$

Le faraday, ou quantité d'électricité (en valeur absolue) transportée par une mole d'électrons est égal à $9,65 \cdot 10^4$ coulombs.

Mécanique des fluides



La canalisation précédente est une conduite d'eau cylindrique de section S .

Elle subit un rétrécissement (section finale S') à l'extrémité duquel l'eau s'écoule à l'extérieur à la pression P' .

Un dispositif permet de mesurer l'écart de pression ($P - P'$) entre les deux parties de la conduite (points A et B).

- 1) Exprimer la vitesse V' en fonction de la vitesse V et des dimensions de la canalisation.
- 2) Calculer la vitesse V' de l'eau à la sortie de la conduite.
- 3) En déduire le débit volumique de l'eau.

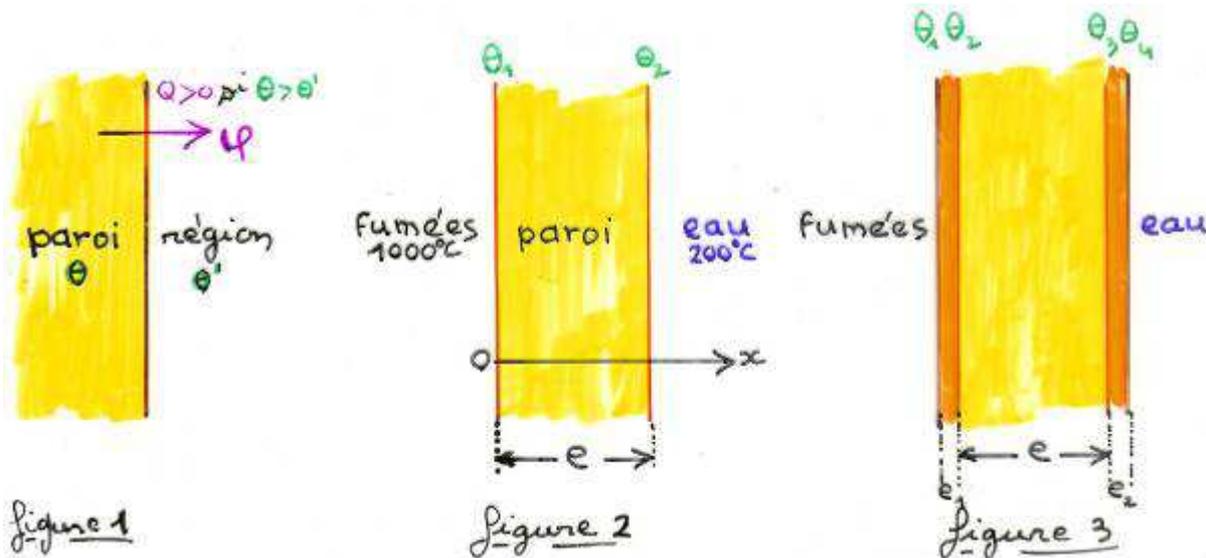
Données :

diamètres de la canalisation : $d = 50 \text{ mm}$ et $d' = 40 \text{ mm}$

$P - P' = 3.10^4 \text{ Pa}$

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

Thermique



On considère la paroi d'une chaudière à vapeur séparant des fumées à 1000°C et de l'eau bouillante sous pression à 200°C .

Les matériaux sont caractérisés par :

Coefficient de transmission thermique des fumées à la paroi : $U_1 = 100 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-2}$

Coefficient de transmission thermique de la paroi à l'eau bouillante : $U_2 = 5000 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-2}$

Coefficient de conductivité thermique de la paroi : $\lambda = 50 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$

La loi de Fourier indique que le flux thermique surfacique, compté positivement, évacué d'une paroi à la température θ vers une région à la température θ' , est : $\phi = U.(\theta - \theta')$.

(U : coefficient de transmission thermique de la chaleur)

On admettra que les dimensions de la paroi sont grandes vis-à-vis de son épaisseur e ($e = 11 \text{ mm}$) et que les transferts se font uniquement suivant l'axe Ox .

On note θ_1 et θ_2 les températures, en $^\circ\text{C}$, des surfaces de la paroi en contact avec les fumées et l'eau respectivement.

- 1) Quelles sont les valeurs de θ_1 et θ_2 , et la valeur du flux thermique surfacique traversant la paroi ?

En réalité, la paroi est recouverte :

- du côté des fumées par une couche de suie d'épaisseur $e_1 = 1 \text{ mm}$ et de conductivité thermique $\lambda_1 = 0,08 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$.
- du côté de l'eau par une couche de tartre d'épaisseur $e_2 = 2 \text{ mm}$ et de conductivité thermique $\lambda_2 = 0,8 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$.

On admettra que les coefficients de transmission thermiques sont inchangés au niveau des nouvelles surfaces en contact d'un côté avec les fumées et de l'autre avec l'eau bouillante.

- 2) Etablir les équations littérales permettant de calculer les températures θ_1 , θ_2 , θ_3 et θ_4 au niveau des différentes surfaces de séparation.
- 3) Sachant que $\theta_2 = 292^\circ\text{C}$, calculer les valeurs numériques de θ_1 , θ_3 et θ_4 .

En déduire le nouveau flux thermique surfacique et commenter ce résultat.

EEC 1992

Thermodynamique

Une machine thermique met en jeu un gaz parfait de masse 136,6 g et lui fait décrire le cycle suivant :

- Compression adiabatique réversible de l'état A (P_A, V_A, T_A) à l'état B (P_B, V_B, T_B).
- Echauffement à pression constante de l'état B à l'état C (P_C, V_C, T_C) au cours duquel on lui fournit réversiblement la quantité de chaleur $Q_{BC} = 150000$ J).
- Détente adiabatique réversible de l'état C à l'état D (P_D, V_D, T_D) jusqu'au volume final V_A .

- 1) Calculer les pression, volume et température en chaque point B, C, D du cycle.
- 2) Représenter ce cycle dans le diagramme de Clapeyron (P, V).
- 3) Calculer le travail et la quantité de chaleur échangés au cours de chaque transformation.
- 4) Calculer les variations d'énergie interne au cours de chaque transformation, puis la variation d'énergie interne relative au cycle.

Données :

$$P_A = 4.10^5 \text{ Pa} ; V_A = 35.10^{-3} \text{ m}^3 ; T_A = 350 \text{ K}$$

$$P_B = 20.10^5 \text{ Pa}$$

$$c_p = 1025 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\gamma = 1,4$$

$$R = 8,3 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Acoustique

On analyse le bruit d'un compresseur au sonomètre.

On trouve les résultats suivants :

Fréquence centrale de la bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau sonore (dB)	84,3	80,5	77,3	72	69,3	68

- 1) En appelant $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6$ les différentes valeurs du niveau sonore dans chacune des bandes d'octave de fréquences centrales précédentes, donnez l'expression du niveau sonore global L de ce bruit.
- 2) Calculer numériquement le niveau sonore L du compresseur.
- 3) Quelle est la différence entre dB et dB (A) ?
- 4) Calculer les différents niveau en dB (A).
- 5) Calculer le niveau global en dB (A).

Données numériques :

Fréquence centrale de la bande d'octave(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Atténuation dB (A)	-16	-8	-3	0	+1	+1

Solution basique

Les eaux naturelles contiennent de nombreuses espèces dissoutes.

On lit par exemple sur l'étiquette portée sur une bouteille d'eau d'EVIAN, entre autres :

$$\text{HCO}_3^- : 357 \text{ mg.L}^{-1}$$

$$\text{pH} : 7,5$$

- 1) Calculer la concentration molaire volumique en ions hydrogénocarbonate HCO_3^- , hydronium H_3O^+ et hydroxyde OH^- .

La présence de l'ion HCO_3^- confère à cette eau naturelle un caractère légèrement basique.

Pour vérifier l'indication portée sur l'étiquette, on fait les mesures suivantes :

A $v_1 = 50 \text{ cm}^3$ d'eau d'EVIAN, on ajoute progressivement un volume v_2 d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_2 = 2,00.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

On mesure les valeurs du pH et on obtient :

v_2 (cm^3)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
pH	7,5	7,2	7,05	6,85	6,7	6,55	6,45	6,35	6,25	6,2	6,05	5,95	5,75	5,4	4,9	3,7	3,35	3,15	3,05	3	2,95

- 2) a- Tracer la courbe $\text{pH} = f(v_2)$.
 b- Ecrire l'équation-bilan de la réaction acide-base qui a lieu.
 c- Déterminer les coordonnées du point d'équivalence.
 d- En déduire la concentration molaire en ion HCO_3^- et commenter le résultat.

EEC 1993

Thermique

On se propose d'étudier les problèmes d'isolation thermique pour les simples et doubles vitrages, ainsi que les problèmes de condensation sur les parois.

Simple vitrage : glace plane d'épaisseur $e_1 = 8 \text{ mm}$.

Double vitrage : 2 glaces planes d'épaisseur $e_2 = 4 \text{ mm}$, séparées par une lame d'air d'épaisseur $e = 12 \text{ mm}$.

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

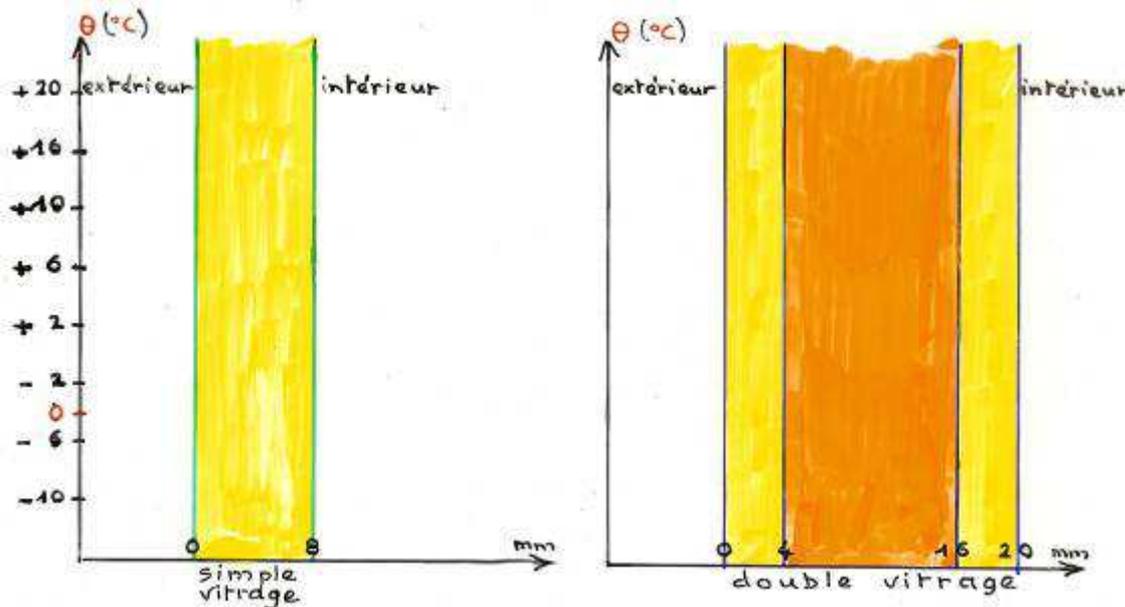
résistance thermique surfacique de la lame d'air : $r = 0,16 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$.

résistances thermiques surfaciques superficielles :

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

(h_e : coefficient de convection extérieur et h_i : coefficient de convection intérieur)

Températures intérieure et extérieure : $\theta_i = 19^\circ\text{C}$ et $\theta_e = -12^\circ\text{C}$



Pour les deux types de vitrage, calculer :

- 1) La résistance thermique surfacique r et la conductance thermique surfacique U en précisant les unités employées.

Conclure.

- 2) Calculer le flux thermique surfacique et calculer les températures de surface intérieure et extérieure.

- 3) Faire un diagramme précis des températures.

Comparer les 2 diagrammes et conclure.

La température intérieure est toujours de 19°C .

Pour une humidité relative de 60%, à quelle température extérieure, pour chaque type de vitrage, se produira-t-il une condensation sur la face interne du vitrage ?

Données :

L'humidité relative est le rapport entre la teneur en eau de l'air et sa teneur en eau maximale (air saturé) à la même température.

On donne la teneur maximale en eau par kilogramme d'air en fonction de la température.

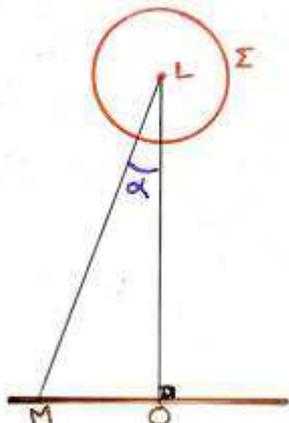
Température (°C)	5	8	11	14	17	19	25	30
Teneur maximale en g d'eau	5,6	7,0	8,4	10,4	12,5	14	20	27

Photométrie

Une table circulaire de centre O et de rayon $r = 0,60$ m est éclairée par une ampoule placée sur son axe en L, à une distance $OL = h = 1,60$ m.

La surface indicatrice d'émission est une sphère Σ centrée sur L.

Cette ampoule, de puissance électrique $P = 100$ W, a une efficacité lumineuse e égale à 15 lm.W^{-1} .



1) Calculer :

- l'intensité lumineuse I_N de cette ampoule nue dans la direction verticale.
- l'éclairement lumineux E_0 au centre O de la table.
- l'éclairement lumineux E_M au bord M de la table.

L'ampoule est entourée d'un globe sphérique, de rendement lumineux $\eta = 0,60$, dont la surface émet selon la loi de Lambert.

2) Calculer le diamètre d que doit avoir le globe pour que sa luminance L soit de 1000 cd.m^{-2} .

Chimie organique

Le dichlore s'additionne sur l'éthène (ou éthylène).

Le produit obtenu peut, par élimination d'une molécule de chlorure d'hydrogène, donner du monochloroéthène (ou chlorure de vinyle) de formule semi-développée $\text{HC} = \text{CHCl}$.

1) Ecrire les équations-bilans des deux réactions chimiques.

En se polymérisant, ce chlorure de vinyle conduit au polychlorure de vinyle (PVC).

Celui-ci brûle dans le dioxygène de l'air en donnant de la vapeur d'eau, du dioxyde de carbone et du chlorure d'hydrogène toxique.

2) Ecrire les équations-bilans correspondant à la combustion et à la polymérisation.

En 1991, on a fabriqué en France $1,50 \cdot 10^5$ tonnes de bouteilles contenant 90% de PVC.

En les incinérant, 50 % du chlorure d'hydrogène formé se combine aux résidus solides (cendres).

3) Calculer la masse et le volume du chlorure d'hydrogène qui serait libéré dans l'atmosphère par l'incinération de toutes ces bouteilles.

(volume molaire dans les conditions de la réaction : 25 L.mol^{-1})

En réalité, en 1991, 1/3 seulement de ces bouteilles a été incinéré.

A cet effet, une revue scientifique a publié le texte suivant : « en 1991 en France, $3,8 \cdot 10^6$ tonnes de HCl ont été rejetées dans l'atmosphère. L'incinération des bouteilles en PVC a contribué à cette pollution à raison de 0.35 % . »

4) Calculer la masse de chlorure d'hydrogène réellement dégagé dans l'atmosphère par incinération des bouteilles et la comparer au résultat de la revue.

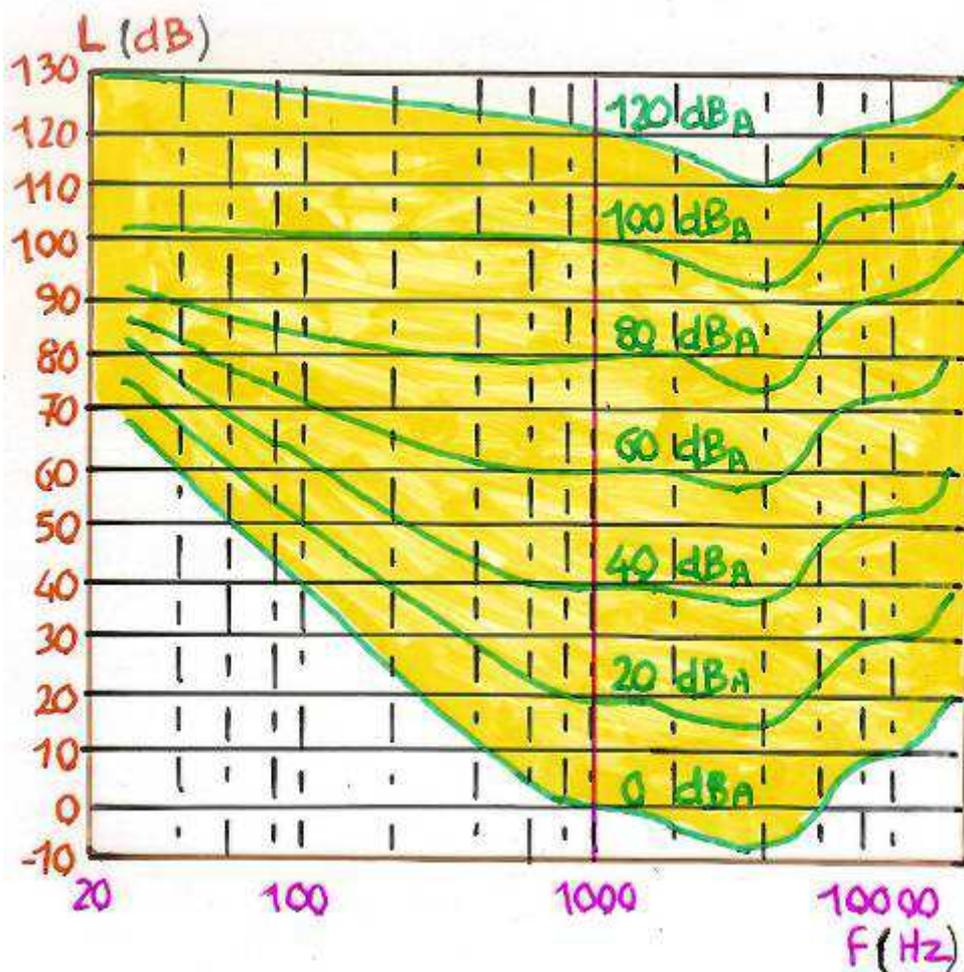
Conclure.

EEC 1994

Acoustique

La sensation sonore transmise au cerveau dépend du niveau d'intensité sonore et de la fréquence de vibration.

On donne les courbes d'égale sensation sonore :



1) A 1000 Hz, quels sont les seuils d'audibilité et de la douleur ?

Quel est le niveau sonore d'un son de 40 Hz qui produit la même sensation sonore qu'un son de 40 dB et de fréquence 1000 Hz ?

Pour quels niveaux de pression la sensibilité de l'oreille est-elle la moins dépendante de la fréquence ?

2) Quel est le nom de l'appareil qu'utilisent les professionnels de l'isolation phonique pour mesurer le niveau sonore ?

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

3) Calculer la longueur d'onde d'un son de fréquence 1000 Hz.

Un son passe de l'air à l'eau.

4) Parmi les grandeurs suivantes, préciser celles qui ne changent pas, celles qui augmentent et celles qui diminuent :

Célérité – Longueur d'onde – Fréquence – Amplitude

5) Quelle est, en décibels, la diminution du niveau d'intensité acoustique lorsqu'il y a doublement de la distance de l'auditeur à la source ?

Un observateur mesure le niveau d'intensité $L_A = 86 \text{ dB}$ d'une source A.

Une autre source B émet alors un son qui se superpose au premier.

L'observateur mesure le niveau L résultant et trouve $L = 93 \text{ dB}$.

6) Calculer le niveau L_B du son émis par B que l'observateur pourrait mesurer si la source B agissait seule.

7) Calculer le niveau de puissance acoustique produit par une source sonore de puissance acoustique $P_a = 0,05 \text{ W}$.

8) Définir le facteur τ de transmission d'une paroi.

9) Calculer l'indice d'affaiblissement acoustique R d'une paroi homogène quand $\tau = 0,5$.

Calorimétrie

Pour fabriquer un mètre cube de béton, on utilise des granulats et du ciment à la température $\theta_1 = 1^\circ\text{C}$ et de l'eau à la température θ_3 .

On veut que la température du béton obtenu soit $\theta = 15^\circ\text{C}$.

On néglige toutes les pertes de chaleur vers le malaxeur et l'extérieur.

Données :

Composants	Masse pour 1 m^3 de béton (kg)	Capacité thermique massique ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
Granulats	$m_1 = 1800$	$C_1 = 900$
Ciment	$m_2 = 300$	$C_2 = 900$
Eau	$m_3 = 170$	$C_3 = 4200$

Chaleur latente massique de liquéfaction de la vapeur d'eau : $L_\ell = -2,3 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

1) a- Ecrire le bilan des échanges de chaleur entre les composants.

En déduire la valeur θ_3 de la température de l'eau.

En réalité, l'eau est prise à la température $\theta_4 = 60^\circ\text{C}$.

b- Quelle est la quantité de chaleur perdue au cours de la fabrication de un mètre cube de béton (de température finale $\theta = 15^\circ\text{C}$).

La masse d'eau $m_3 = 170 \text{ kg}$, dont la température est $\theta_4 = 60^\circ\text{C}$, est obtenue en condensant dans une masse m_4 d'eau froide prise à la température $\theta_1 = 1^\circ\text{C}$, une masse de vapeur d'eau prise à la température $\theta_5 = 100^\circ\text{C}$.

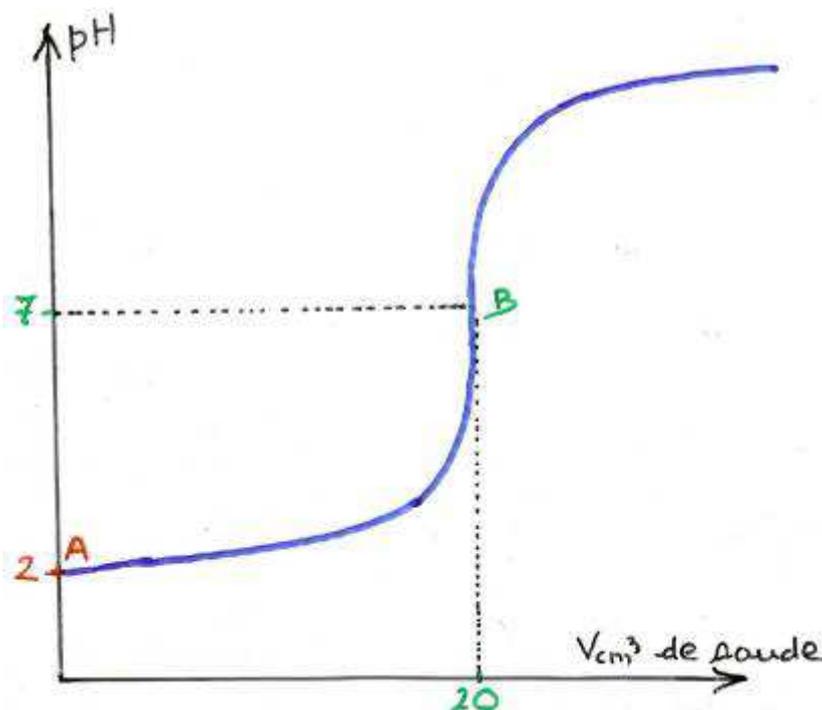
2) a- Ecrire le bilan des échanges de chaleur.

b- En déduire la valeur de m_5 .

Solution acide

Dans un bécher contenant un volume V_1 de solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique C_1 , on verse progressivement un volume croissant V de solution d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration molaire $C_2 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On note le pH en fonction de V (voir courbe).



- 1) Faire un schéma du dispositif permettant cette manipulation.
- 2) Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
- 3) De la valeur du $\text{pH} = 2$ au point A, déduire la valeur de la concentration molaire C_1 de la solution chlorhydrique.
- 4) a- Que représente le point B de la courbe ?
b- Déterminer le volume V de la solution acide initiale.
- 5) a- Quelles sont les espèces chimiques présentes dans le contenu du bécher correspondant au point B ?
b- Calculer leurs concentrations molaires volumiques.
c- Quel résidu solide obtiendrait-on en évaporant l'eau de la solution B ?
d- Quelle est sa formule ?

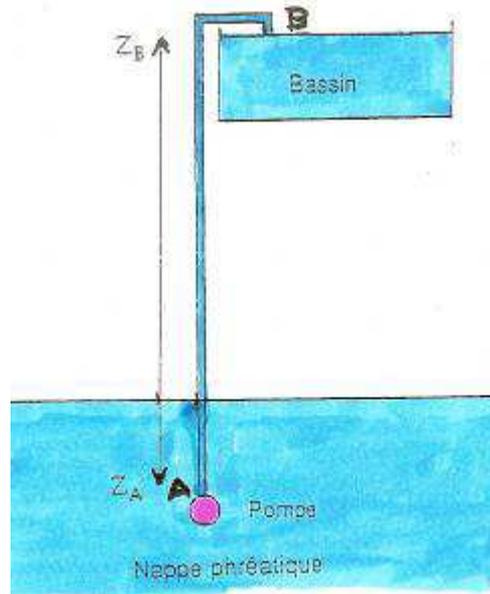
EEC 1995

Mécanique des fluides

On désire remplir un bassin situé au niveau du sol en pompant de l'eau dans une nappe phréatique située à une profondeur supérieure à 100 mètres.

On place une pompe immergée au niveau de la nappe phréatique.

L'eau est alors évacuée avec un débit volumique $Q_v = 65 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ à l'aide d'une canalisation de diamètre constant $d = 8 \text{ cm}$.



- 1) a- Calculer le débit massique Q_m de la pompe en $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$.
b- Quelle est la vitesse d'écoulement V de l'eau?
- A la sortie de la pompe, au point A, la pression est $P_A = 15 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.
On admet que l'eau arrive au niveau du bassin, au point B, à la pression atmosphérique normale :
 $P_B = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.
- 2) Calculer la profondeur $h = Z_B - Z_A$ à laquelle est située la pompe.
 - 3) Exprimer, puis calculer la puissance mécanique fournie par la pompe, en fonction du débit massique Q_m et la profondeur h .
- Cette pompe est actionnée par un moteur électrique.
Le rendement global de l'ensemble pompe-moteur est $\eta = 70\%$.
- 4) Quelle est la puissance électrique consommée?

Données :

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

Accélération de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

On considérera que l'eau est dénuée de toute viscosité

Thermodynamique

On considère 1 kg d'air dont on donne les caractéristiques dans les conditions normales de température et de pression :

$$\text{Masse volumique : } \rho = 1,3 \text{ g.L}^{-1}$$

$$\text{Volume molaire : } V = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$$

1) Exprimer la quantité de matière contenue dans 1 kg d'air en moles.

On chauffe cette masse d'air de 1 kg afin de la porter dans l'état A défini par ($P_A = 1 \text{ bar}$, $T_A = 350 \text{ K}$) puis on lui fait subir le cycle des transformations suivantes :

- compression isotherme de l'état A à l'état B ($P_B = 8 \text{ bars}$)
- détente adiabatique réversible de l'état C à l'état D
- refroidissement isobare de l'état D à l'état A

2) a- Qu'appelle-t-on transformation : isotherme, isobare, adiabatique ?

b- Déterminer la pression, le volume et la température de l'air dans chacun des états A, B, C et D.

$$\text{Donnée : constante des gaz parfaits, } R = 8,32 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

3) Représenter le cycle étudié dans le diagramme de Clapeyron (P, V).

Oxydoréduction

Un bassin de récupération des eaux d'une usine est un cylindre de diamètre $d = 50 \text{ m}$ et de hauteur $h = 5 \text{ m}$. Ses eaux contiennent l'ion mercure II (Hg^{2+}) à raison de 5 g par mètre cube.

Pour éliminer ces ions, on brasse l'eau avec de la poudre de fer.

1) Ecrire les demi-réactions prévisibles, puis l'équation-bilan, sachant que le fer passe à l'état d'ions fer II (Fe^{2+}).

2) a- Calculer, en moles, la quantité d'électrons mise en jeu.

b- En déduire la quantité d'électricité correspondante.

c- Quelle masse de fer faut-il utiliser ?

Données :

Potentiels standards d'oxydoréduction :

$$E^0 (\text{Hg}^{2+} / \text{Hg}) = + 0,86 \text{ V et } E^0 (\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}) = - 0,44 \text{ V}$$

$$\text{Un Faraday} = 96500 \text{ C.mol}^{-1}, \text{ charge électrique d'une mole d'électrons, en valeur absolue.}$$

EEC 1996

Thermique-Calorimétrie

Données :

$$\text{Surface des parois extérieures } S = 160 \text{ m}^2$$

$$\text{Conductivité thermique de la laine de verre } \lambda = 0,041 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\text{Capacité thermique massique de l'air } c = 1000 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\text{Masse volumique de l'air } \rho = 1,29 \text{ kg.m}^{-3}$$

La température intérieure d'un garage est maintenue à 17°C lorsque la température extérieure est de 2°C .

Le système de chauffage fournit une puissance moyenne donnée de 12000 W avant isolation, de 5500 W après isolation.

1) Dans quel cas le coefficient de transmission thermique est-il le plus grand ?

Justifier sans calcul.

2) Calculer le coefficient de transmission thermique : U avant isolation, U' après l'isolation.

Le calcul précédent supposait le garage parfaitement hermétique.

En réalité, il existe une entrée d'air froid et une sortie d'air chaud correspondant à un renouvellement de l'air intérieur de 90 m^3 à chaque heure.

3) a- Calculer la puissance dépensée par le système de chauffage pour amener l'air froid entré jusqu'à 17°C .

b- En déduire la puissance moyenne réellement transmise par les parois avant et après isolation.

c- Calculer les nouveaux coefficients de transmission :

U_1 avant isolation et U_1' après isolation

4) En déduire l'épaisseur e de la couche de laine de verre.

Acoustique

La membrane M d'un haut parleur vibre suivant un mouvement rectiligne sinusoïdal, en émettant un son pur dans l'air.

L'élongation : x_M de M est définie à chaque instant t par l'équation :

$$x_M = 0,2 \sin 200\pi t, \quad x_M \text{ étant exprimé en cm.}$$

1) Calculer la fréquence et la longueur d'onde du son émis dans l'air par le haut parleur, en prenant pour vitesse de propagation du son dans l'air 340 m.s^{-1} .

2) Donner l'expression de la vitesse instantanée de la membrane.

Calculer sa valeur à l'instant $t = 5 \text{ s}$.

Sa masse étant de 30 g , en déduire son énergie cinétique à cet instant.

3) Déterminer l'équation $x_A = f(t)$, x_A étant l'élongation d'un point A situé dans l'air à la distance $MA = 85 \text{ cm}$ de la membrane.

(On supposera que l'onde sonore se propage sans amortissement)

4) Comparer le mouvement de la membrane M et celui du point A .

Chimie organique

Le brûleur d'un appareil de chauffage est alimenté en butane avec un débit de $1,93 \text{ kg.h}^{-1}$, et en air, à 18°C et 1013 hPa .

On suppose le brûleur parfaitement réglé, l'air constitué de 20% de dioxygène en volume, et tous les corps à l'état gazeux se comportant en gaz parfaits.

$$(R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}, \text{ constante molaire des gaz parfaits})$$

1) Etablir l'équation-bilan de la combustion parfaite du combustible.

2) Déterminer, pour une heure de fonctionnement ininterrompu, la quantité de butane utilisée (en moles).

3) a- Calculer le volume molaire gazeux dans les conditions de fonctionnement.

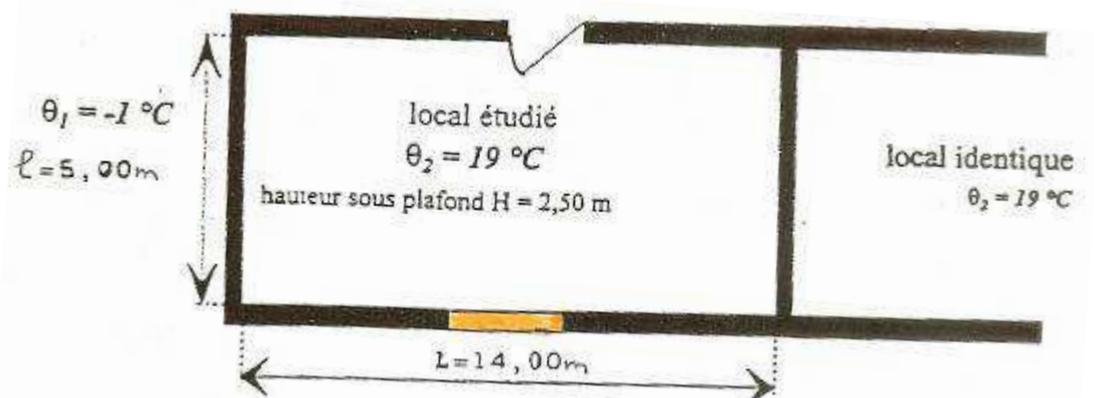
b- En déduire le volume minimum de dioxygène nécessaire à la combustion ainsi que les quantités, en moles, des produits fournis au cours de cette combustion.

4) En déduire le débit minimum de l'air devant alimenter ce brûleur, en $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$.

EEC 1997

Thermique

On étudie la salle suivante :



La température à l'extérieur de toutes les parois de local étudié A est de -1°C , sauf celle du local adjacent B qui à la même température que A.

Données :

Porte : hauteur $h_p = 2,00 \text{ m}$ et largeur $l_p = 0,76 \text{ m}$

Fenêtre : hauteur $h_f = 1,60 \text{ m}$ et largeur $l_f = 1,60 \text{ m}$
 capacité thermique massique de l'air : $c_a = 940 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
 Masse volumique de l'air : $\rho_a = 1,29 \text{ kg.m}^{-3}$

1) Compléter les documents suivants :

- a- en donnant les expressions littérales demandées
- b- en calculant les valeurs numériques manquantes dans le tableau
- c- en calculant la température θ_{si} sur la surface interne du vitrage du local étudié.

Températures intérieure et extérieure : θ_i et θ_e

Coefficients d'échanges superficiels interne et externe : h_i et h_e

(On ne prendra en compte que les surfaces des parois qui entrent dans le bilan des déperditions thermiques)

Surface des murs :	Résistance thermique surfacique :
Surface du plafond :	Coefficient de transmission thermique :
Surface du sol :	Densité de flux thermique :
Surface du vitrage :	Flux thermique :
Surface de la porte :	

Matériaux	Surface m^2	$\sum \frac{e_i}{\lambda_i}$ $\text{m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$	$\frac{1}{h_i}$ $\text{m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$	$\frac{1}{h_e}$ $\text{m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$	r $\text{m}^2.\text{KW}^{-1}$	U $\text{W}.\text{m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	θ_i $^{\circ}\text{C}$	θ_e $^{\circ}\text{C}$	ϕ $\text{W}.\text{m}^{-2}$	Φ W
Murs		1,18	0,11	0,06			19	- 1		
Plafond		0,17	0,11	0,06			19	- 1		
Plancher		0,17	0,11	0,06			19	- 1		
Vitrage		$0,85.10^{-3}$	0,11	0,06			19	- 1		
Porte		0,25	0,11	0,06			19	- 1		

2) En déduire le flux thermique total.

3) Calculer la température de surface intérieure du vitrage

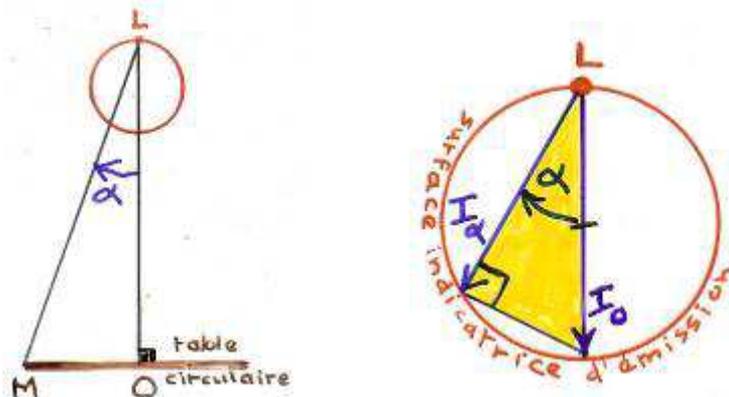
Déperditions thermiques par renouvellement d'air du local étudié

L'air du local est renouvelé chaque heure.

- a- Exprimer, en fonction de c_a , ρ_a , du volume V du local et des températures θ_1 et θ_2 , la quantité de chaleur nécessaire par heure pour chauffer cet air froid pris à l'extérieur du local.
- b- Calculer la valeur de cette quantité de chaleur.
- c- Calculer la puissance mise en jeu.

Photométrie

Source anisotrope



Une table circulaire de centre O et de diamètre $D = 2 \text{ m}$ est éclairée par une source placée en L à une distance $OL = h = 2 \text{ m}$.

Le constructeur précise que la surface indicatrice d'émission est une sphère passant par la source, dont le centre est placé sur la verticale.

Cela signifie que la source ne rayonne pas dans toutes les directions de l'espace avec la même intensité lumineuse, c'est une source orthotrope.

L'angle solide dans lequel rayonne cette source est alors $\Omega = \Pi \text{ sr}$.

Cette source de puissance électrique $P = 100 \text{ W}$ a une efficacité lumineuse k égale à 40 lm W^{-1} .

1) a- Calculer le flux lumineux Φ émis par cette source.

b- Montrer que la valeur maximale de l'angle α est égale à $\frac{\pi}{3}$.

$$\text{Rappel : } \Omega = 2\pi.(1 - \cos \alpha)$$

c- Donner l'expression littérale de l'intensité lumineuse I_α dans la direction α en fonction de l'intensité lumineuse I_0 dans la direction verticale et de l'angle α .

d- Démontrer que l'intensité lumineuse I_0 de cette source dans la direction verticale est égale à :

$$I_0 = \frac{\Phi}{0,75.\pi}$$

Rappels pour effectuer ce calcul intégral :

$$d\Phi = I_\alpha.d\Omega$$

$$d\Omega = 2\pi.\sin \alpha.d\alpha$$

$$\Phi = \int_0^{\alpha_{\text{maximum}}} d\Phi$$

e- Calculer l'intensité lumineuse I_0 de cette source dans la direction verticale.

f- Après avoir calculé l'angle α dans la direction du bord de table, calculer l'intensité lumineuse I_α de cette source dans la direction du bord de la table.

g- Calculer l'éclairement lumineux E_O au centre O de la table.

h- Calculer l'éclairement lumineux E_M au bord de M de la table.

Source isotrope

Dans le cas d'une source émettant le même flux lumineux Φ avec une intensité constante dans toutes les directions :

2) a- Préciser la surface indicatrice d'émission.

b- Calculer l'intensité lumineuse I'_0 .

c- Calculer l'éclairement lumineux E'_O au centre O de la table.

Solution acide

1) Donner les formules des ions suivants :

- Hydroxyde
- Hydronium
- Chlorure
- Sodium

2) Quels sont les noms des ions suivants :

- NO_3^-
- SO_4^{2-}
- Ca^{2+}
- NH_4^+

Une solution A d'acide chlorhydrique de concentration molaire C_a est dosée par une solution B d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration molaire $C_b = 5,0.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, à 25°C .

Pour le dosage, on prend un volume d'acide $V_a = 20,0 \text{ cm}^3$ et il faut $V_e = 17,6 \text{ cm}^3$ de soude pour obtenir l'équivalence.

3) a- Ecrire l'équation bilan de la réaction qui a lieu pendant le dosage.

b- En déduire la valeur C_a de la concentration molaire de la solution A.

c- Quel est le pH de la solution A ?

d- Quel est le pH de la solution B ?

e- Quelle est la valeur du pH à l'équivalence ?

Justifier la réponse.

On évapore le mélange obtenu quand $V_e = 17,6 \text{ cm}^3$.

4) Nommer le résidu obtenu.

Quelle est la masse ?

$$(K_i = 10^{-14} \text{ à } 25^\circ\text{C})$$

EEC 1998

Acoustique

Une source sonore de puissance acoustique $5 \cdot 10^{-2}$ W émet dans un local un son de fréquence $f = 1000$ Hz.

1) Déterminer le niveau de puissance L_w de cette source.

Cette source est omnidirectionnelle et ponctuelle.

On se placera dans l'hypothèse du champ direct.

2) Déterminer le niveau d'intensité L_I en un point M situé à 5 m de cette source.

3) A quelle distance de la source le niveau d'intensité est-il inférieur de 6 dB à celui déterminé au point M ?

Ce local présente un temps de réverbération $T_R = 1,5$ s.

Ses dimensions sont :

Longueur $L = 20,00$ m

largeur $\ell = 10,00$ m

hauteur $h = 3,00$ m

4) a- Déterminer l'aire d'absorption équivalente A_1 de ce local.

b- En déduire le coefficient moyen d'absorption α_1 .

c- Calculer l'aire d'absorption équivalente A_s du sol.

d- Calculer le niveau de pression L_p en un point du local situé assez loin de la source pour n'avoir à tenir compte que de la réverbération.

On recouvre le plafond et les murs d'un local d'un matériau acoustique de coefficient d'absorption α de façon à abaisser le niveau de pression à la valeur $L'_p = 90$ dB.

5) Choisir, parmi les 3 matériaux suivants, le plus adapté en justifiant le choix par calcul :

- Plâtre : $\alpha = 0,03$

- Plâtre acoustique : $\alpha = 0,47$

- Laine de roche $\alpha = 0,44$

Données :

$$\text{Champ direct : } I_{\text{direct}} = \frac{P_a}{4\pi \cdot r^2}$$

$$\text{Champ réverbéré : } L_p = L_w + 6 - 10 \log A$$

$$\text{Formule de Sabine : } T_R = 0,16 \cdot \frac{V}{A}$$

Mécanique des fluides

Une conduite d'eau cylindrique comporte un rétrécissement.

Elle est disposée verticalement.

Le fluide est considéré comme parfait.

L'écoulement se fait de A vers B.

Données

Altitudes respectives de A et B :

$$Z_A = 0 \text{ et } Z_B = 5 \text{ m}$$

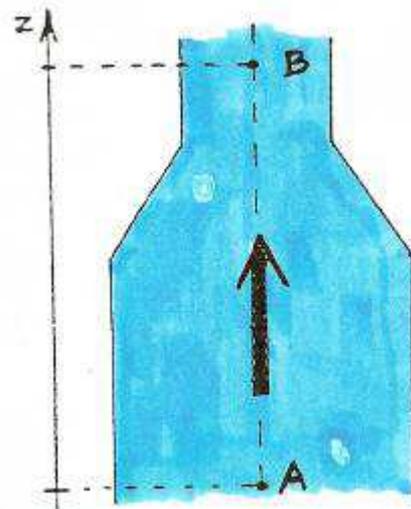
Diamètre de la conduite en A : $D_A = 60$ mm

Diamètre de la conduite en B : $D_B = 60$ mm

Débit volumique : $Q_v = 1,2$ L.s⁻¹

Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000$ kg.m⁻³

Accélération de la pesanteur : $g = 9,8$ m.s⁻²



1) a- Exprimer les vitesses V_A et V_B de l'eau aux points A et B en fonction du débit volumique Q_v et des diamètres respectifs D_A et D_B .

b- calculer les valeurs numériques de ces vitesses.

2) a- Exprimer la différence de pression $P_A - P_B$ entre les points A et B en fonction de ρ , g , Z_A , Z_B , V_A et V_B .

b- Calculer la valeur numérique de $P_A - P_B$.

On envisage le cas où l'eau est au repos dans la canalisation.

3) a- Calculer la nouvelle valeur de $P_A - P_B$.

b- Quelle est l'influence de l'écoulement sur la valeur de $P_A - P_B$?

Oxydoréduction

On donne la classification électrochimique de quelques couples redox :

ion métallique / métal correspondant



On plonge une lame de fer dans une solution de sulfate de cuivre II contenant les ions Cu^{2+} et SO_4^{2-} .

1) a- Y a-t-il une réaction chimique ?

Si oui, en écrire l'équation-bilan.

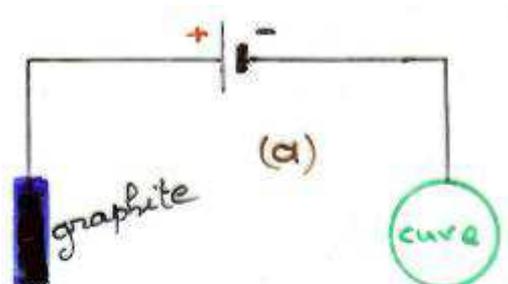
On plonge une lame de fer dans une solution de sulfate de zinc contenant les ions Zn^{2+} et SO_4^{2-} .

b- Y a-t-il une réaction chimique ?

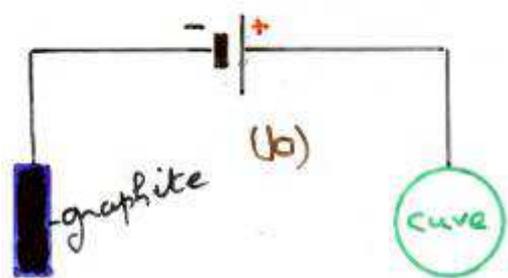
Si oui, en écrire l'équation-bilan.

Pour protéger de la corrosion une cuve souterraine en acier (alliage se comportant ici comme le fer) deux procédés sont envisageables :

Premier procédé



On relie la cuve en acier à l'une des bornes d'un générateur électrique délivrant une tension continue.



2) a- Des deux montages (a) et (b) ci-contre, quel est celui qui correspond au bon branchement à effectuer ?

Justifier la réponse.

Deuxième procédé

On relie la cuve à une électrode métallique bien choisie.

On relie la cuve à une plaque de zinc.

b- Expliquer pourquoi ce dispositif permet de protéger la cuve.

c- Pourrait on remplacer la plaque de zinc par :

- Une plaque de cuivre ?
- Une plaque de magnésium ?

Justifier la réponse.

La plaque de zinc utilisée a une masse $m = 6 \text{ kg}$.

d- Ecrire la demi-équation électronique traduisant l'oxydation du zinc.

Pourquoi l'électrode en zinc est elle en pareil cas qualifiée de sacrificielle ?

e- Calculer la quantité d'électricité Q qui aura traversé le circuit (zinc-cuve-sol) quand la plaque de zinc aura totalement disparu.

f- En déduire la durée de vie de l'électrode sacrificielle de zinc si le courant produit a une intensité moyenne $I = 40 \text{ mA}$.

(Quantité d'électricité transportée par une mole d'électrons en valeur absolue : 96500 C.mol^{-1} , le faraday)

EEC 1999

Photométrie

On propose de comparer le prix de revient total d'une installation utilisant des lampes à incandescence avec celui d'une installation donnant le même éclairage avec des lampes fluorescentes compactes.

Données :

Lampe	Puissance W	Efficacité lumineuse lm.W^{-1}	Durée de vie moyenne heures	Prix d'achat TTC euros
Incandescente	60	10	1000	5
Fluorescente compacte	10	60	8000	90

Le prix du kilowattheure est de $0,152 \text{ € TTC}$

- 1) Calculer le coût C_1 de 8000 heures d'éclairage avec des lampes incandescentes.
- 2) Calculer le coût C_2 de 8000 heures d'éclairage avec des lampes fluorescentes compactes.
- 3) Comparer C_1 et C_2 .
Conclure.
- 4) Citer un avantage et un inconvénient pour chaque type de lampe.

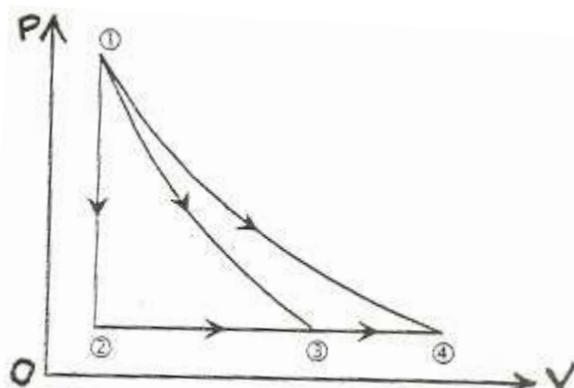
On considère chaque lampe comme une source ponctuelle émettant dans toutes les directions avec la même intensité lumineuse.

- 5) a- Calculer l'éclairement E_0 au centre O d'une table horizontale située à 1,2 m au dessus d'une lampe.
- b- Calculer l'éclairement E_A en un point de la table situé à un mètre du centre.

Thermodynamique

Un gaz parfait peut subir différentes transformations réversibles pour passer de l'état initial **1** au même état final **2** :

- Une transformation isotherme
- Une transformation isochore, suivie d'une transformation isobare
- Une transformation adiabatique, suivie d'une transformation isobare



- 1) Quelles sont les courbes représentant chacune de ces transformations ?

Les différents états du gaz parfait sont décrits dans le tableau ci-dessous :

Etats	1	2	3	4
P (Pa)	$1,6 \cdot 10^5$			$0,8 \cdot 10^5$
V (L)	80			
T (K)	300		246	

- 2) a- Calculer la quantité de matière n (mol) concernée par ces transformations.
b- Reproduire et compléter le tableau, en justifiant les calculs.
- 3) Calculer la valeur du travail reçu par le gaz :
 - au cours de la transformation **1** \rightarrow **3**
 - au cours de la transformation **2** \rightarrow **4**
- 4) Calculer la quantité de chaleur reçue par le gaz :
 - au cours de la transformation **1** \rightarrow **3**
 - au cours de la transformation **1** \rightarrow **2**
 - au cours de la transformation **2** \rightarrow **4**
- 5) Calculer la variation d'énergie interne du gaz quand il passe de l'état **1** à l'état **4**.

Données :

$$R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

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

$$\frac{C_p}{C_v} = \gamma = 1,4$$

Chimie organique

Une chaudière est alimentée en gaz naturel que l'on considèrera composé à 100% de méthane CH_4 .
Le débit massique d'arrivée de gaz est de $1,6 \text{ kg.h}^{-1}$.

Données :

L'air est constitué de 20% de dioxygène en volume.

Volume molaire dans les conditions normales : $22,4 \text{ L.mol}^{-1}$

- 1) Ecrire l'équation bilan de la combustion complète du méthane.
Pour une heure de fonctionnement de la chaudière, et pour la combustion complète du méthane, calculer :
 - 2) a- La quantité de matière (en moles) de méthane $n(\text{CH}_4)$
 - b- La masse nécessaire de dioxygène $m(\text{O}_2)$
 - c- Le volume nécessaire de dioxygène $V(\text{O}_2)$
 - d- Le volume d'air nécessaire.

On suppose à présent que les aérations du local sont bouchées, l'air n'est pas renouvelé.

- 3) La combustion du méthane étant incomplète, quel autre gaz incolore peut-il se former ?
Quel risque présente le mauvais fonctionnement de la chaudière pour les personnes ?

EEC 2000

Calorimétrie

Un ballon d'eau chaude électrique a une capacité de 240 L.

Le réchauffage de l'eau s'effectue en tarif de nuit de 22 h 30 à 6 h 30.

L'eau est portée de la température $\theta_0 = 10,0^\circ\text{C}$ à la température $\theta_1 = 85^\circ\text{C}$.

Données :

capacité thermique massique de l'eau : $c = 4186 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

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

- 1) Calculer l'énergie Q nécessaire au chauffage de l'eau du ballon.
 - 2) Calculer la puissance électrique minimale du chauffe-eau.
 - 3) Calculer le coût de l'opération, sachant qu'EDF facture un tarif de nuit à $0,058 \text{ € le kWh}$.
- A 6 h 30, on effectue rapidement un premier puisage de $V_1 = 80 \text{ L}$ d'eau dans le ballon à $\theta_1 = 85,0^\circ\text{C}$.
- 4) Calculer la température θ_2 du ballon immédiatement après puisage.
(on suppose que le remplissage se fait encore avec de l'eau à $10,0^\circ\text{C}$)

Un second puisage effectué à 12 h 30 donne de l'eau à une température $\theta_2 = 57^\circ\text{C}$.

5) En déduire la puissance moyenne perdue par l'eau du ballon.

Acoustique

La paroi de séparation d'une pièce avec l'extérieur est composée de 20% de vitrage, et pour le reste, d'un mur en briques.

Le facteur de transmission acoustique des briques est : $\tau_b = 4,3 \cdot 10^{-3}$.

Le vitrage existant est composé de vitrages simples de 4,0 mm d'épaisseur, et il conduit à un affaiblissement acoustique $R_v = 26 \text{ dB(A)}$.

1) Quel est le facteur de transmission acoustique τ_v du vitrage.

2) a- Exprimer le facteur de transmission acoustique total τ de la paroi discontinue, en fonction des facteurs de transmission τ_b et τ_v , de la surface S_b du mur de briques, et de celle de vitrage S_v .

b- Calculer τ .

3) a- Quel est l'affaiblissement acoustique total de la paroi ?

La réglementation indique pour l'isolation minimum aux bruits routiers extérieurs la valeur de 30 dB.

b- La pièce étudiée répond-elle à cette exigence ?

4) Le changement du vitrage par un double vitrage feuillet, de qualité maximum d'affaiblissement acoustique 38 dB(A) serait-elle suffisant ?

Justifier la réponse par le calcul.

Le mur de briques est recouvert d'un matériau dont les propriétés acoustiques permettront, dans le cas d'un double vitrage, d'atteindre l'isolation minimum réglementée de 30 dB(A).

5) Quel doit-être le facteur de transmission de la partie non vitrée τ_b ?

Chimie organique

(volume molaire dans les conditions de l'expérience : $V_m = 25,0 \text{ L.mol}^{-1}$)

Soient les composés n-pentane, 2-méthylbutane et 2,2-diméthylpropane.

1) a- Écrire la formule semi-développée de ces trois hydrocarbures.

En déduire leur formule brute.

b- Quelle relation particulière existe-t-il entre ces trois composés ?

Soit le composé C_4H_8 .

On envisage la combustion complète d'une masse $m = 168 \text{ g}$ d'un tel composé dans le dioxygène de l'air.

2) a- Écrire la l'équation-bilan de cette combustion.

b- Calculer le volume V de dioxyde de carbone formé.

La synthèse du polystyrène se fait à partir du système de formule semi développée suivante :



3) a- À quel type de réaction appartient cette synthèse ?

b- Écrire l'équation-bilan de cette synthèse.

c- Quelle est la masse molaire M du polystyrène obtenue, sachant que son degré de polymérisation vaut $n=1500$?

EEC 2001

Mécanique des fluides

Données :

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

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

Pour arroser ses cultures, un maraîcher dispose d'un réservoir d'eau sur un site élevé de son terrain.

Ce réservoir est une cuve en béton, de dimensions intérieures :

Base carrée de 5 m de côté

Hauteur de 2,5 m

Un système permet de limiter à 50000 litres le volume d'eau contenu dans la cuve.

1) a- Quelle est la hauteur de l'eau dans la cuve ?

b- Quelle est la pression exercée par l'eau en un point du fond horizontal de la cuve ?

- c- Quelle est la l'intensité de la force exercée par l'eau sur le fond de la cuve ?
 d- Quelle est la l'intensité de la force exercée par l'eau sur une paroi verticale de la cuve ?

Pour remplir ce réservoir, le maraîcher utilise un puits dans lequel il pompe l'eau à 10 mètres en dessous du sol.

Cette eau est amenée jusqu'à la partie supérieure du réservoir située à 6 mètres au-dessus du sol.

On considère que la consommation maximale journalière représente les trois quarts de la contenance maximale du réservoir.

Pour bénéficier d'un tarif de nuit, le pompage s'effectue durant 5 heures.

- 2) Quelle doit-être la puissance électrique minimale de la pompe pour effectuer le renouvellement de l'eau chaque jour compte tenu d'un rendement de 80% ?

Le maraîcher arrose pendant une demi-heure chaque matin, en utilisant les trois quarts du réservoir.

La somme des sections des sorties de l'eau est de 100 centimètres carrés.

- 3) a- Quel est le débit volumique de l'installation ?
 b- Quelle est la vitesse de sortie de l'eau ?

Thermodynamique

Données :

Le gaz est supposé suivre la loi des gaz parfaits

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

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

Constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ uSI}$

On étudie partiellement un moteur à explosion, quatre temps.

Dans un cylindre, la position du piston détermine le volume de gaz.

Lorsque le piston est en position haute, le volume est minimal et vaut 60 cm^3 , c'est le volume espace mort de la chambre à combustion.

Lorsque le piston descend, il balaye un volume de 450 cm^3 (augmentation de volume) :

c'est la « cylindrée ».

- 1) a- Donner le volume de la chambre de combustion lorsque le piston est en position basse
 la température du gaz dans la chambre est de 27°C et sa pression de 10^5 Pa .

b- Calculer la quantité de matière de ce gaz.

Un des temps correspond à une compression adiabatique.

- 2) a- Que signifie le terme adiabatique ?

b- Quelle est la pression à la fin de la compression ?

c- Quelle est la température atteinte à la fin de la compression ?

On admet que la température du gaz, à la fin de la compression, est de 430°C .

- 3) Calculer la variation d'énergie interne au cours de la compression ?

Chimie organique

On étudie l'émission de dioxyde de carbone au cours de la combustion de quelques hydrocarbures.

Données :

$$\text{Volume molaire normal : } V_0 = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$$

Relation donnant la quantité de chaleur produite par la combustion d'une mole d'alcane :

$$Q = 210 + 664.p \text{ (en kJ. mol}^{-1}\text{)}$$

(p : nombre d'atomes de carbone dans la molécule)

De nombreux autobus roulent « au gaz naturel ».

Ce carburant est principalement composé de méthane (plus de 80%).

- 1) a- Ecrire l'équation de la réaction de combustion complète du méthane.

b- Quelle est la quantité de dioxyde de carbone (mol) dégagé lors de la combustion d'une mole de méthane ?

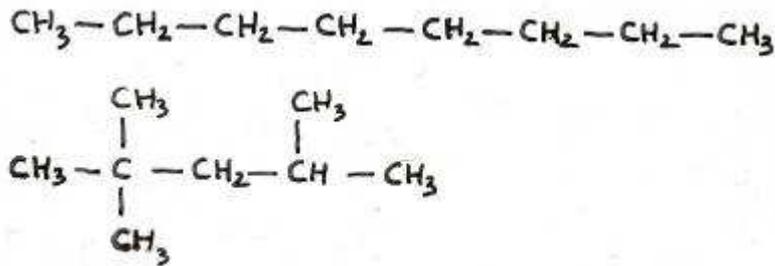
c- Déterminer la quantité de méthane nécessaire pour produire une quantité de chaleur de 1000 kJ.

En déduire la quantité de dioxyde de carbone dégagé.

d- Déterminer le volume de dioxygène minimum nécessaire à la combustion complète d'une mole de méthane dans les conditions normales de température et de pression.

D'autres véhicules utilisent le super carburant.

Cette essence contient notamment deux types de molécules d'alcane dont les formules semi-développées sont :



2) a- Quelle relation existe-t-il entre ces deux molécules ?

Justifier la réponse.

b- Ecrire l'équation de la réaction de combustion complète de l'octane.

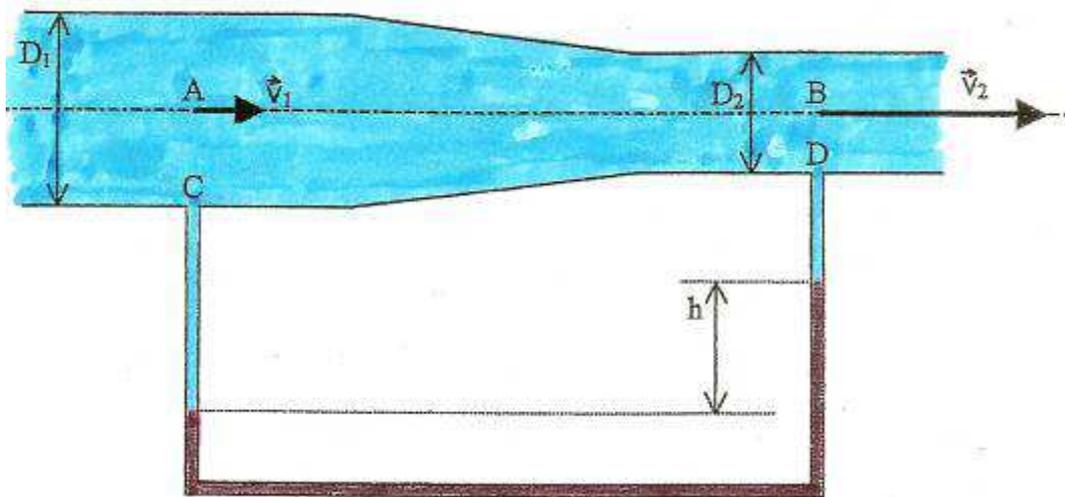
c- Calculer la quantité de dioxyde de carbone dégagé lors de la production d'une quantité de chaleur de 1000 kJ.

3) Comparer les résultats des questions 1)c et 2)c).

Evaluer la diminution relative du rejet de dioxyde de carbone (exprimée en %).

EEC 2002

Mécanique des fluides



Données :

$$D_1 = 0,20 \text{ m}$$

$$V_1 = 5,0 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\rho_{\text{eau}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3} \text{ et } \rho_{\text{mercure}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$$

On note S_1 la section droite à l'entrée et S_2 la section droite à la sortie.

On veut accélérer la circulation d'un liquide incompressible dans une conduite, de telle sorte que sa vitesse soit multipliée par 1,8.

Pour cela, la conduite comporte un rétrécissement.

1) Calculer la vitesse V_2 , à la sortie de la conduite.

2) Donner l'expression du débit volumique Q_v en fonction de S_1 et V_1 , puis en fonction de S_2 et V_2

3) Donner l'expression permettant de calculer D_2 en fonction de V_1 , V_2 et D_1 .

Calculer D_1 .

4) a- Quelle est la relation qui permet d'établir la variation de pression entre l'entrée et la sortie du rétrécissement ?

b- Calculer cette différence de pression $P_A - P_B$.

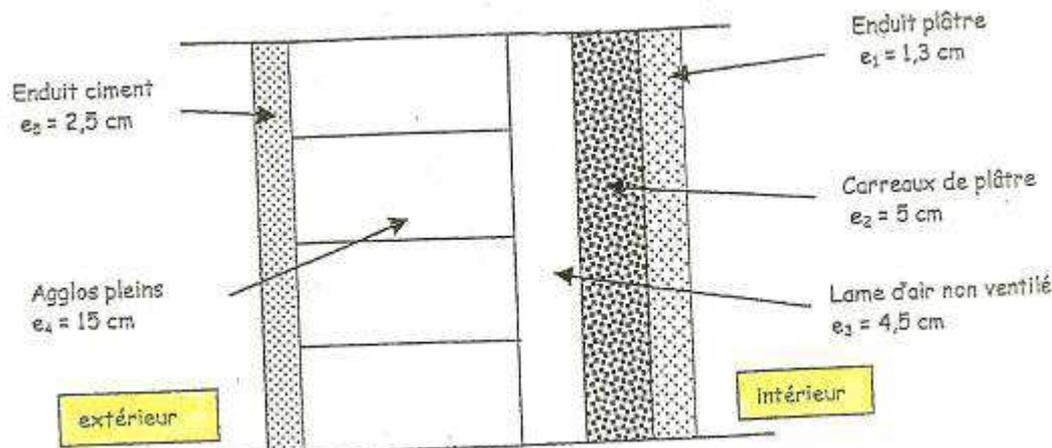
Dans la tuyauterie, de C à D, les fluides sont au repos.

La partie noire contient du mercure.

On négligera les variations de pression dans les deux colonnes d'eau.

5) Calculer la hauteur h .

Thermique



Données :

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

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

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

Conductivité thermique :

carreau de plâtre et enduit de plâtre : $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,46 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

agglos pleins : $\lambda_4 = 1,40 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

enduit ciment : $\lambda_5 = 1,15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

1) a- Donner l'expression littérale de la résistance thermique surfacique du mur.

b- Calculer cette résistance.

2) a- Donner l'expression du coefficient de la transmission thermique surfacique U .

b- Calculer ce coefficient U .

On remplace la lame d'air par de la fibre isolante.

3) En déduire le nouveau coefficient U' de transmission thermique du mur.

Conclure.

Données :

Épaisseur de la fibre isolante : 4,5 cm

Conductivité thermique de la fibre isolante : $\lambda = 0,041 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

4) Pour chacun de ces deux murs, quelle est la température de surface interne θ_{si} ?

Quel est le mur qui, lorsqu'on le touche, donne la meilleure sensation de confort ?

Données :

température interne : $\theta_i = 20^\circ\text{C}$

-température externe : $\theta_e = -15^\circ\text{C}$

Oxydoréduction

Données :

$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}$ et potentiel standard $E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44\text{V}$

$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}$ et potentiel standard $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76\text{V}$

Charge d'une mole d'électrons : $96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$ (en valeur absolue)

Réalisation d'une pile

On réalise une pile en associant une demi-pile formée d'une lame de fer plongeant dans une solution de sulfate de fer II ($1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) et une demi-pile formée d'une lame de zinc plongeant dans une solution de sulfate de zinc ($1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$).

Ces deux compartiments sont reliés par un pont salin.

Cette pile débite dans un circuit extérieur.

- 1) Ecrire les équations électrochimiques des réactions se produisant dans chaque demi-pile.
Préciser sur quelle électrode a lieu l'oxydation d'une part, la réduction d'autre part.
Ecrire l'équation bilan.
- 2) Déterminer la polarité de cette pile et donner la valeur de sa force électromotrice.

Protection du béton armé contre la corrosion

Chaque année, propriétaires et gestionnaires d'immeubles doivent assumer les frais de réparation et de rapiéçage du béton qui a éclaté sous l'effet de la corrosion de l'armature d'acier.

Une nouvelle méthode de protection consiste à pulvériser du zinc en fine couche sur la surface du béton.

- 1) Pourquoi utiliser du zinc ?
Comment appelle-t-on, ce type de protection ?

La protection d'un pilier est prévue pour 3 ans, avant renouvellement.

L'intensité du courant résultant de la corrosion a une valeur moyenne de 15 mA.

- 2) Calculer la masse de zinc à prévoir, sachant que, pour conserver une bonne protection, la masse de zinc consommée ne doit pas excéder 80% de la masse pulvérisée.

EEC 2003

Photométrie

(Les questions 1, 2 et 3 sont indépendantes)

Dans un musée, l'éclairage d'objets présentés dans une vitrine d'exposition est réalisée par un terminal optique.

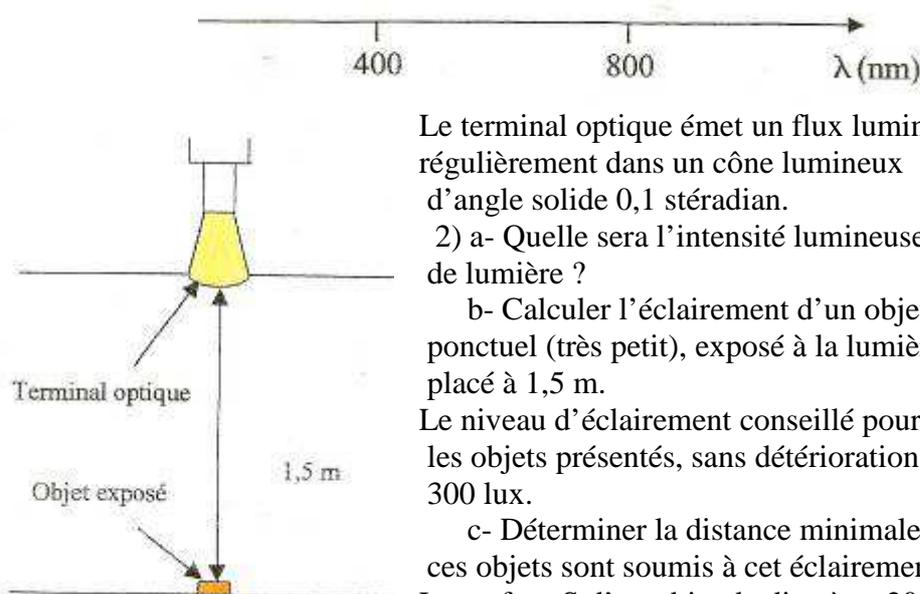
Un terminal optique est un système d'éclairage composé de fibres optiques.

La lumière naturelle est composée de radiations visibles, de radiations infrarouges et de radiations ultraviolettes.

Le procédé d'éclairage par fibres optiques permet la suppression dans la lumière incidente des radiations infrarouges ultraviolettes préjudiciables aux objets délicats.

- 1) Sur la copie, reproduire l'axe des longueurs d'ondes représenté ci-dessous.

Situer sur cet axe les diverses radiations contenues dans la lumière naturelle : radiations visibles, radiations infrarouges et radiations ultraviolettes.



Le terminal optique émet un flux lumineux de 60 lumens réparti régulièrement dans un cône lumineux d'angle solide 0,1 stéradian.

- 2) a- Quelle sera l'intensité lumineuse moyenne I dans ce faisceau de lumière ?

b- Calculer l'éclairement d'un objet, considéré comme ponctuel (très petit), exposé à la lumière d'un terminal optique placé à 1,5 m.

Le niveau d'éclairement conseillé pour mettre en valeur les objets présentés, sans détérioration, ne doit pas dépasser 300 lux.

- c- Déterminer la distance minimale à partir de laquelle ces objets sont soumis à cet éclairement.

La surface S d'un objet de diamètre 20 cm, éclairé dans une vitrine par un terminal optique, reçoit un éclairement de 200 lux considéré comme uniforme.

- 3) a- Calculer le flux lumineux reçu par cette surface S .

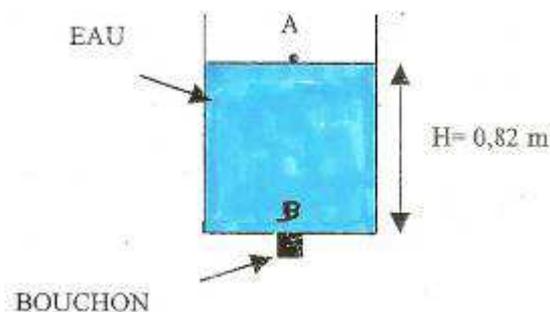
L'objet peut être considéré comme une source secondaire caractérisée par un coefficient de réflexion de 0,8.

b- Calculer l'émittance M de l'objet.

Mécanique des fluides. Calorimétrie

Soit une cuve parallélépipédique de section carrée de côté $a = 0,5$ m. L'épaisseur du fond et des parois de la cuve est considérée négligeable. La cuve contient une hauteur d'eau $H = 0,82$ m. Au fond de la cuve, il y a un orifice de diamètre $d = 2,0$ cm.

Dans un premier temps, l'orifice du fond de cuve est fermé par un bouchon.

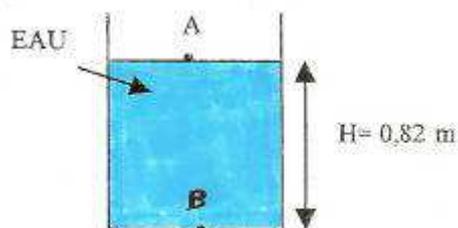


1) a- Calculer la pression P due à l'eau en B au niveau du bouchon.

b- Calculer l'intensité F de la force pressante due à l'eau sur le bouchon.

Dans un deuxième temps, on retire le bouchon du fond de la cuve. l'eau s'écoule. on supposera que la vitesse de l'eau à la surface est négligeable.

L'eau est considérée comme un fluide incompressible.



2) a- En partant du théorème de Bernoulli appliqué entre les points A et B, déterminer l'expression littérale de la vitesse V_B en B.

b- Calculer cette vitesse V_B .

c- Calculer le débit volumique au point B.

En fait, le débit volumique réel au point B vaut $0,92 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$.

d- Calculer l'erreur relative commise à la question b, en %, par rapport au débit volumique réel.

On explique cette différence par une contraction de la veine liquide à la sortie de l'orifice.

La section réelle du jet est inférieure à la section de l'orifice.

On suppose que la vitesse B est celle calculée en a.

d- En déduire le diamètre D' de la veine liquide à la sortie de la cuve.

On referme l'orifice du fond de la cuve avec le bouchon.

De l'eau s'étant écoulée, il reste maintenant dans la cuve une hauteur d'eau $H' = 0,5$ m.

Cette cuve reste exposée au soleil.

On considère les pertes thermiques de l'eau négligeables.

3) a- Quelle quantité de chaleur Q doit recevoir l'eau de la cuve pour que sa température s'élève de $0,5^\circ\text{C}$?

Cette variation de température s'effectue en 3 heures.

b- Quelle est la puissance thermique mise en jeu ?

Solution basique

Pour nettoyer un métal, on utilise un bain de soude (solution d'hydroxyde de sodium) de 200 litres de concentration molaire $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

1) Ecrire l'équation bilan de la dissolution de l'hydroxyde de sodium dans l'eau.

2) Calculer la masse d'hydroxyde de sodium solide nécessaire pour obtenir 200 litres de solution de concentration molaire de $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

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

On prélève 10 mL du bain, on l'introduit dans une fiole jaugée de volume 1 L et on complète avec de l'eau distillée.

La solution obtenue est appelée solution S.

On effectue un dosage de 10mL de la solution S par une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

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

- 3) a- Quel est le pH de la solution d'acide chlorhydrique utilisée pour le dosage ?
- b- Ecrire l'équation bilan de la réaction du dosage.
- c- Calculer la concentration molaire en ions HO^- de la solution S.
- d- Déduire la concentration molaire en ions HO^- du bain.

Le bain de soude est utilisable pour nettoyer le métal jusqu'à une concentration du bain de 1 mol.L^{-1} en ions hydroxyde.

Le bain est-il encore utilisable ?

EEC 2004

Acoustique

Le son se propage dans l'air à la vitesse $c = 344 \text{ m.s}^{-1}$.

Une source sonore S émet un son de fréquence $f = 1000\text{Hz}$ avec une puissance sonore $P = 2,32 \text{ W}$.

Cette source, supposée ponctuelle, émet des ondes sphériques.

1) Donner la définition de la longueur d'onde puis calculer numériquement sa valeur. Soit un point M_1 , situé à une distance $d_1 = SM_1 = 2,15 \text{ m}$.

2) Calculer l'intensité sonore I_1 au point M_1 et le niveau sonore L_1 correspondant (en dB).

On s'éloigne de la source S jusqu'à un point M_2 situé à une distance d_2 à calculer.

Le niveau sonore mesuré vaut $L_2 = 94 \text{ dB}$.

3) a- Déterminer l'expression littérale de l'intensité sonore I_2 , puis calculer numériquement I_2 .

b- En déduire la distance $d_2 = SM_2$.

Le point M_2 se trouve à proximité d'un mur qui donne sur un hangar industriel.

Avec le sonomètre, on mesure le niveau sonore L_3 , en un point M_3 situé tout juste de l'autre côté de ce mur, à l'intérieur du hangar.

On suppose que ce niveau sonore ambiant à l'intérieur du hangar est suffisamment faible pour ne pas influencer sur la mesure du niveau L_3 .

Le mur possède un coefficient de transmission acoustique $\tau = 6,30 \cdot 10^{-4}$.

4) a- Donner l'expression de l'affaiblissement phonique R de ce mur en fonction des niveaux sonore L_2 et L_3 .

b- Calculer numériquement R et vérifier que la valeur L_3 indiquée sur le sonomètre vaut 62 dB.

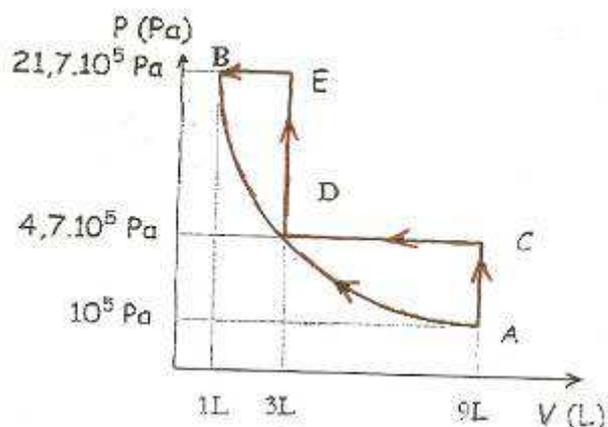
En fait, au point M_3 à l'intérieur du hangar, un son de niveau sonore $L_4 = 68 \text{ dB}$ se superpose au son de niveau L_3 .

5) Calculer le niveau sonore réel L_{total} indiqué par le sonomètre.

Conclusion.

Thermodynamique

Les parties A et B sont indépendantes



-A-

On se propose de comprimer un volume V_A de 9 L d'air, gaz supposé parfait initialement à la pression $P_A = 10^5$ Pa, en faisant passer son volume de 9 L à 1 L.

La compression peut être réalisée de deux façons différentes :

- compression 1 : à deux étages de pression :
A → C → D → E → B
- compression 2 : adiabatique réversible :
A → B

- 1) Indiquer le nom de chaque transformation : AC – CD – DE – EB.
- 2) A partir du diagramme $P = f(V)$, calculer les différentes températures en C, D, E, B, sachant que la température en A est $T_A = 300$ K.
- 3) a- Quand dit-on qu'une transformation est adiabatique ?
b- Quelle est la relation caractéristique d'une transformation adiabatique réversible parmi les relations suivantes : $P^\gamma \cdot V = \text{constante}$, $P \cdot V^\gamma = \text{constante}$, $P \cdot T^\gamma = \text{constante}$.
Justifier la réponse, en utilisant le diagramme $P = f(V)$.

Donnée : $\gamma = 1,4$

-B-

Un véhicule fonctionne au GPL (gaz de pétrole liquéfié).

Le volume intérieur du réservoir est $V = 100$ L.

Lors du remplissage du réservoir à la température $\theta = 15^\circ\text{C}$, le GPL occupe 85% du réservoir sous forme liquide et le reste sous forme gazeuse.

La pression P_1 du gaz est alors de $4,5 \cdot 10^5$ Pa.

Dans ces conditions, le GPL liquide a une masse volumique $\rho_{\text{GPL}} = 560 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

- 1) Calculer la masse de GPL liquide contenu dans le réservoir.
 - 2) Rappeler l'équation d'état des gaz parfaits.
- La phase gazeuse du GPL est assimilé à un gaz parfait de masse molaire $50 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- 3) Calculer la masse de GPL présent dans le réservoir sous forme gazeuse.

Donnée : constante des gaz parfaits : $R = 8,32 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Le GPL est puisé dans le réservoir à l'état liquide.

il passe ensuite de l'état gazeux, il est vaporisé.

La chaleur nécessaire à cette transformation est fournie par le circuit de refroidissement du moteur.

On suppose qu'à un instant donné, le débit de GPL liquide est de $0,16 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$.

La chaleur latente de vaporisation du GPL liquide est dans ces conditions : $L_v = 365 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

- 4) Calculer la puissance thermique qui doit être fournie par le circuit de refroidissement du moteur pour obtenir la vaporisation du GPL liquide.

Chimie organique

Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) utilisé en France pour les voitures est en fait le mélange de deux hydrocarbures qui ont pour formule C_3H_8 et C_4H_{10} .

- 1) Quels sont les noms de ces deux hydrocarbures ?
A quelle famille d'hydrocarbures appartiennent-ils ?
Quelle est la caractéristiques de cette famille d'hydrocarbures ?

La combustion complète des hydrocarbures dans le dioxygène produit du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.

- 2) Ecrire et équilibrer l'équation-bilan de la combustion complète pour chacun des deux hydrocarbures qui constituent le GPL.

Une voiture a une consommation moyenne de 10,5 L de GPL (liquide) aux 100 km.

La masse volumique du GPL liquide est de $0,56 \text{ kg.L}^{-1}$.

On considère que le GPL est constitué, en masse, de 50% de C_3H_8 et de 50% de C_4H_{10} .

3) Calculer, pour un kilomètre parcouru et pour chacun de ces deux hydrocarbures :

a- La masse utilisée.

b- La quantité de matière correspondante en moles.

c- La quantité de dioxyde de carbone produit, en moles.

La même voiture fonctionnant à l'essence a une consommation de 8,5 L aux 100 km et, pour 1 km parcouru, dégage dans l'atmosphère un volume de dioxyde de carbone de 108 L.

4) Comparer la pollution au dioxyde de carbone produite par le GPL et par l'essence.

(Dans les conditions de cette mesure, on considérera que le volume molaire des gaz est de 24 L.mol^{-1})

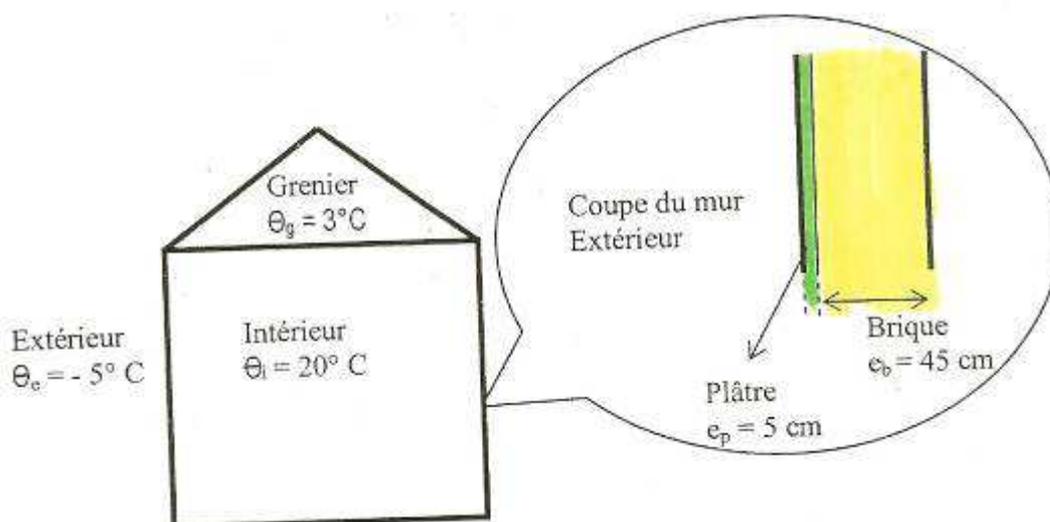
EEC 2005

Thermique

On considère une habitation qui peut être assimilée à un parallélépipède rectangle de longueur $L = 9,80 \text{ m}$, de largeur $\ell = 6,50 \text{ m}$ et de hauteur $h = 5,00 \text{ m}$.

Coefficient d'échange superficiel interne : $h_i = 16,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

Coefficient d'échange superficiel externe : $h_e = 9,1 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$



Matériaux	Conductivité thermique ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
brique	$\lambda_b = 0,70$
plâtre	$\lambda_p = 0,35$

1) Etude des pertes thermiques par le plafond :

Les pièces de cette habitation sont séparées d'un grenier par un plafond de résistance thermique surfacique $r_{pl} = 2,59 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$.

a- Calculer le flux thermique surfacique ϕ_{pl} traversant le plafond.

b- En déduire la puissance thermique P_{pl} perdue par ce plafond.

2) Etude de pertes thermique par les murs :

a- A quels modes d'échange thermique correspondent les coefficient d'échanges superficiels ?

b- Calculer la résistance thermique surfacique r_m des murs.

En déduire le coefficient de transmission thermique des murs.

c- Calculer le flux thermique surfacique ϕ_m traversant les murs.

d- En déduire la puissance thermique P_m perdue par l'ensemble des murs.

e- En fonction de ϕ_m , θ_i et h_i , exprimer la température θ_{pi} de la surface intérieure des murs.

Calculer θ_{pi} .

3) Etude du renouvellement d'air :

Un système d'aération permet de renouveler l'air de cette habitation.

On estime à $Q_r = 500$ kJ la quantité de chaleur perdue par ce renouvellement en une heure.

a- Calculer la puissance thermique perdue P_r correspondante.

b- Exprimer et calculer la puissance minimale P que doit fournir le chauffage.

4) La puissance réelle du chauffage est de 5 kW.

Celle-ci fonctionne 24 heures sans interruption.

a- Quelle est l'énergie consommée en joules et en kilowattheures ?

b- Quel sera le prix de revient s'il s'agit d'un chauffage électrique ?

(On estime le coût du kWh à 0,05 €)

Acoustique

Intérieur | mur extérieur | Extérieur

L'analyse du bruit par bandes d'octaves a donné les valeurs suivantes :

Fréquence centrale de la bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau sonore (dB)	90	90	90	90	90	90

1) Donner les valeurs minimales et maximales des fréquences de la bande d'octave centrée sur 125 Hz ?

2) Calculer le niveau d'intensité acoustique L_1 du bruit extérieur.

Pour tenir compte de la sensibilité de l'oreille, on utilisera la pondération A suivante :

Fréquence centrale de la bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Pondération A (dB)	- 16	- 9	- 3 0	0	+ 1	+ 1

3) Calculer les niveaux pondérés par bandes d'octaves en dB(A) et en déduire le niveau global L_1 pondéré.

Les indices d'affaiblissement R du mur pour les mêmes bandes d'octaves sont :

Fréquence centrale de la bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Indice d'affaiblissement R (dB)	32	36	40	44	48	52

4) Calculer les niveaux pondérés par bandes d'octaves à l'intérieur de la pièce.

Solution aqueuse

Sélectionner la (ou les) réponse(s) qui convien(nen)t parmi celles présentées.

Fournir une justification, succincte, mais suffisamment claire, en utilisant un ou plusieurs outils à votre convenance (*raisonnement, calcul effectué, schéma...*).

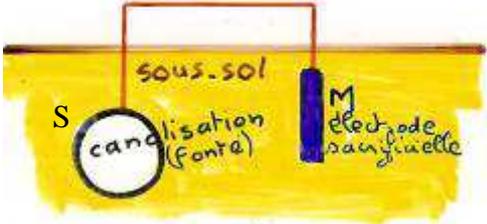
Données :

Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000$ kg.m⁻³

Produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$

Potentiels standard des couples oxydant – réducteur :

Mg^{2+} / Mg	$Mg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mg$	$E^0 = - 2,37$ V
H_3O^+ / H_2	$2H_3O^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2 + 2H_2O$	$E^0 = 0,00$ V
Fe^{2+} / Fe	$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe$	$E^0 = - 0,44$ V
Cu^{2+} / Cu	$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$	$E^0 = + 0,34$ V

Situation	Questions	Justifications
A- On considère 1 L d'eau pure.	La quantité de matière d'eau présente est voisine de : - $5,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ - $1,0 \cdot 10^3 \text{ mol}$ - $1,8 \cdot 10^3 \text{ mol}$ - 56 mol	
B- Par dissolution d'un composé (A), on obtient une solution aqueuse de concentration molaire en soluté apporté (A) : $C = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Le pH mesuré de la solution est de 3,2.	La concentration molaire en ions hydronium (oxonium) H_3O^+ de la solution est : - $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ - $6,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ - $1,6 \cdot 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$ - $1,0 \cdot 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$ La substance A est : - acide faible - base faible	
C- On prépare une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (Na^+, OH^-) de concentration molaire $5,0 \text{ mol.L}^{-1}$.	Le pH de la solution est : - 1,3 - 2,3 - 11,7 - 12,7	
D- On dose 10,0 mL d'une solution d'acide chlorhydrique par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $0,20 \text{ mol.L}^{-1}$. Le volume d'hydroxyde de sodium nécessaire pour obtenir l'équivalence est 12,5 mL.	L'équation de la réaction support du dosage est : - $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2$ - $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ La concentration molaire en acide de la solution dosée est : - $0,11 \text{ mol.L}^{-1}$ - $0,17 \text{ mol.L}^{-1}$ - $0,20 \text{ mol.L}^{-1}$ - $0,25 \text{ mol.L}^{-1}$	
E- La présence d'ions H_3O^+ dans les eaux naturelles peut être responsable de la corrosion de certains métaux.	Une solution acide attaque : - magnésium - fer - cuivre	
F- Pour protéger de la corrosion une canalisation souterraine en fonte (alliage fer + carbone), on la relie par un fil conducteur à une électrode « sacrificielle », constituée d'un métal. 	Vous utiliseriez une électrode : - fer - magnésium - cuivre - platine L'électrode sacrificielle joue le rôle : - anode - cathode Le sens conventionnel du « courant de protection » dans le fil conducteur est : - M vers S - S vers M	

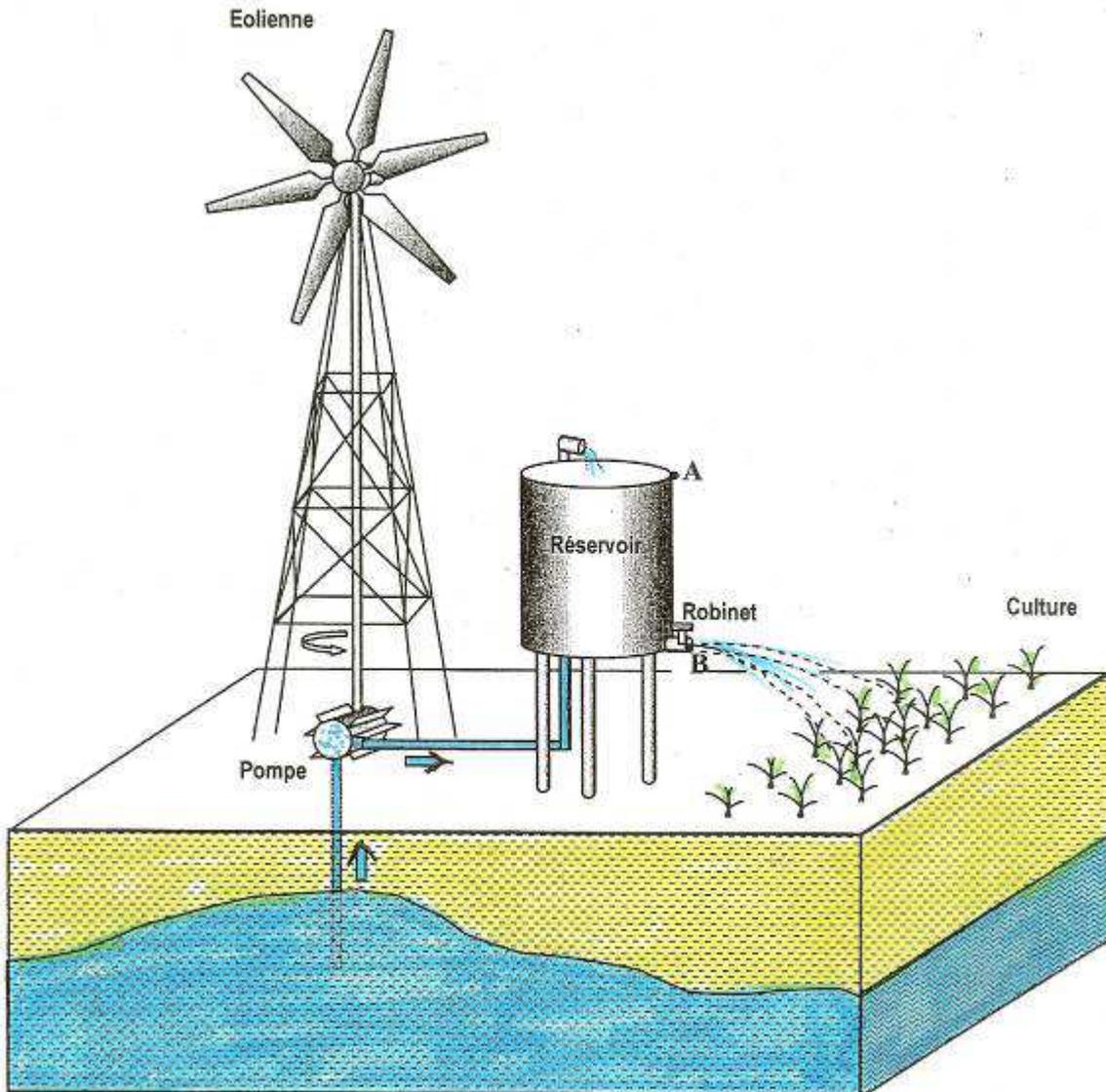
EEC 2006

Un projet consiste à faire pousser des cultures par irrigation sur une île où l'eau douce n'est accessible qu'en profondeur par pompage.

Pour cela, trente éoliennes vont être mises en place, groupées sur une zone ventée à un kilomètre de la première habitation.

Ces éoliennes arrivent par bateau.

Une éolienne de pompage se présente de la façon suivante :



Mécanique des fluides

Le réservoir associé à chaque éolienne est ouvert (pour récupérer éventuellement l'eau de pluie).

Il a pour dimensions 1,5 m de diamètre et 3,0 m de hauteur.

Son fond est situé à une hauteur de 5,0 m du sol.

Une fois les réservoirs remplis, les pompes sont arrêtées.

L'eau va être utilisé pour l'irrigation.

Les cultures consomment 2 litres par plant par jour.

Il y a 5000 plants.

1) Combien de temps les trente réservoirs des éoliennes permettent-ils de tenir sans pluie, ni vent ?

Dans la suite on restreint l'étude à un seul réservoir.

2) a- Faire un schéma du réservoir en précisant les dimensions et les hauteurs par rapport au sol.

b- Le réservoir étant plein et le robinet fermé, calculer la pression P_B due au seul liquide en B au niveau du robinet situé au bas du réservoir.

On ouvre le robinet.

3) a- Préciser les pressions en haut du réservoir (A) et au niveau du robinet ouvert à l'air libre (B).

On considère le réservoir suffisamment grand pour que l'eau soit considérée comme stagnante dans le réservoir ($V_A \approx 0$).

b- En utilisant l'équation de Bernoulli, calculer la vitesse d'écoulement V_B de l'eau à la sortie du robinet.

c- En déduire le débit volumique Q_v , sachant que le diamètre du robinet est de 40 mm.

4) a- En supposant le débit constant et sa valeur égale à celle calculée précédemment, quel serait le temps mis pour vider complètement le réservoir?

b- Le temps réel est-il supérieur ou inférieur à cette valeur ?

Justifier votre réponse.

Acoustique

Impact acoustique sur la population

Une éolienne en fonctionnement a un niveau d'intensité acoustique $L = 60$ dB à 10 m.

La population la plus proche se trouve à 1 km.

1) a- Calculer l'intensité acoustique I à 10 m d'une éolienne.

b- En déduire la puissance acoustique W d'une éolienne en supposant qu'elle émet de façon homogène dans toutes les directions.

Dans le but d'estimer l'impact acoustique sur la population, l'ingénieur considère la situation fictive correspondant au maximum de nuisance : les trente éoliennes identiques à celle étudiée précédemment sont situées toutes au même endroit.

2) a- Calculer, dans ce cas, l'intensité acoustique résultante I_{totale} à 10 m.

b- Déterminer alors le niveau d'intensité acoustique L_{total} de ces trente éoliennes à 10 m.

3) a- Dans cette même hypothèse, à quelle distance faut-il se placer pour avoir le « calme », soit un niveau sonore de 30 dB ?

b- Proposer un projet d'aménagement du site protégeant collectivement la population des nuisances.

c- Le niveau sonore mesuré à l'extérieur, à 1 km du site, est $L_m = 34$ dB.

d- Quelle valeur du taux d'affaiblissement τ_a de la paroi d'une habitation permettrait d'avoir « le calme » à l'intérieur ?

Chimie organique

Transport des éoliennes

Les trente éoliennes arrivent en pièces détachées par bateau.

Celui-ci consomme environ 10 tonnes de diesel par jour.

Pour atteindre l'île, il doit parcourir la distance de 3000 km à une moyenne de 20 nœuds.

1) Montrer que le bateau consomme 33,8 tonnes de diesel pour acheminer tout le matériel sur l'île.

On considère que le diesel a pour formule brute : $C_{12}H_{26}$.

2) a- Quelle est la famille du $C_{12}H_{26}$?

b- Donner son nom.

3) Déterminer la quantité de matière de diesel consommée sur ce parcours.

4) Ecrire la réaction équilibrée de combustion complète de ce composé.

5) Calculer le volume de dioxygène, mesuré dans les conditions ordinaires, nécessaire pour effectuer la combustion totale de 1,0 litre de diesel.

On veut évaluer l'impact de la pollution par le dioxyde de carbone sur l'environnement.

6) Déterminer la masse de dioxyde de carbone CO_2 rejetée lors du trajet du cargo et préciser à quel phénomène contribue le rejet de CO_2 .

Données :

Un nœud équivaut à 1852 m.h^{-1}

Préfixe 12 : dodéc

Masse volumique du diesel : 820 g.L^{-1}

Volume molaire des gaz dans les conditions ordinaires : $22,4 \text{ L.mol}^{-1}$

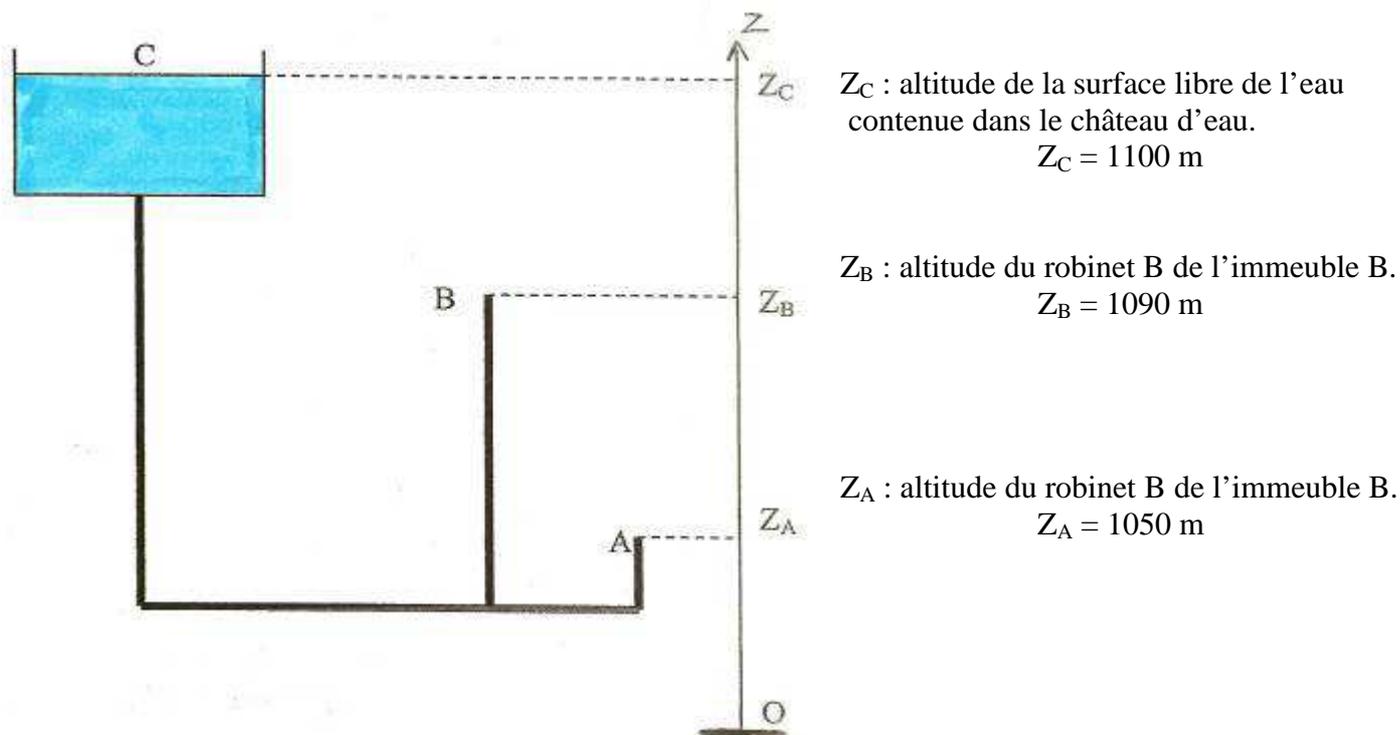
EEC 2007

Mécanique des fluides

Un château d'eau alimente deux immeubles d'habitation A et B.

On modélise le système par deux arrivées d'eau munies chacune d'un robinet.

Les canalisations ont un diamètre $d = 16$ mm.



A la sortie d'un robinet ouvert, la pression de l'eau est égale à la pression atmosphérique P_0 .

1) Enoncer le principe fondamental de la statique des fluides.

2) Calculer la pression respectivement au point A : $P(A)$ et au point B : $P(B)$ lorsque les deux robinets sont fermés.

On ouvre le robinet A et on ferme le robinet B.

3) a- En utilisant l'équation de Bernoulli, calculer la valeur de la vitesse d'écoulement V_A en A.

Quel est le débit volumique Q_{vA} en $L \cdot s^{-1}$?

On ferme le robinet A et on ouvre le robinet B.

b- Calculer la valeur de la vitesse d'écoulement V_B en B, ainsi que le débit volumique Q_{vB} en $L \cdot s^{-1}$?

On introduit une pompe avant le point B, de façon à ce que le débit volumique soit $Q'_{vB} = 6,35 L \cdot s^{-1}$.

Le robinet A est fermé.

4) Quelle est la puissance utile P_u de cette pompe.

Données :

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

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

Pression atmosphérique : $P_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Equation de Bernoulli : $\frac{1}{2} \rho \cdot (V_2^2 - V_1^2) + \rho \cdot g \cdot (Z_2 - Z_1) + (P_2 - P_1) = \frac{P_{\text{utile}}}{Q_v}$

Photométrie

Eclairage d'un plan de travail

A- Utilisation d'une lampe

Une lampe, supposée quasi ponctuelle, est située au point L.

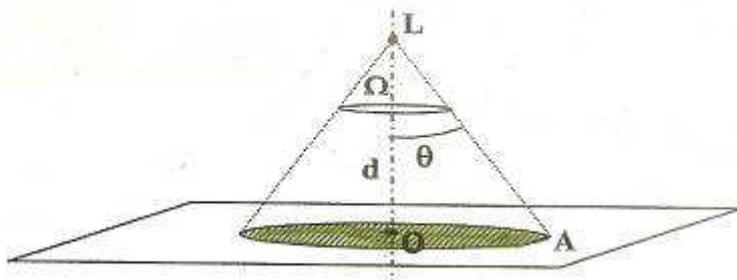
Sa puissance électrique est égale à 40 W.

Elle est munie d'un réflecteur qui permet d'éclairer un plan (P) situé à une distance $OL = 1,50$ m.

L'efficacité lumineuse du système est $k = 25 \text{ lm.W}^{-1}$.

La lampe émet uniformément, dans toutes les directions, à l'intérieur d'un faisceau conique de sommet L, d'axe de révolution (OL) et de demi angle au sommet $\theta = 45^\circ$.

Le faisceau occupe alors l'angle solide $\Omega = 2\pi(1 - \cos \theta)$.



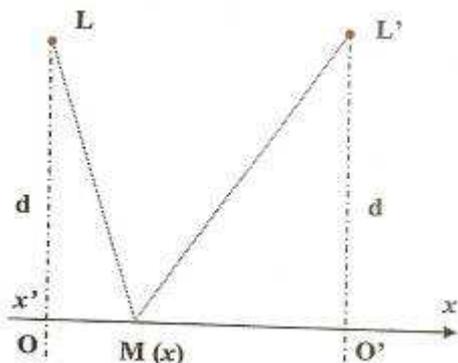
1) Calculer :

- Le rayon $r = OA$ de la zone éclairée.
- Le flux lumineux Φ , exprimé en lumens.
- L'intensité lumineuse I du rayonnement, exprimée en candélas.
- L'éclairement E_O , en lux, du plan au point O.

L'éclairement E_A du plan au point A.

B- Utilisation de deux lampes

On ajoute une lampe L' , identique à la précédente.



La distance OO' est fixée à 1,50 m.

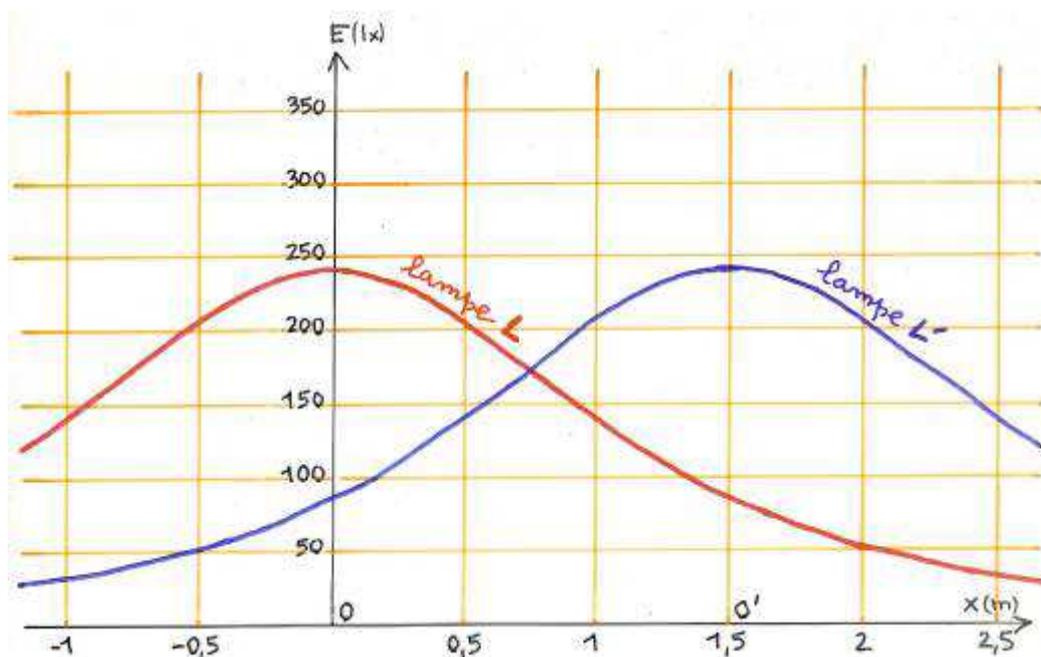
On pose $x = \overline{OM}$, l'abscisse du point M.

Sur le document ci-dessous, à rendre avec la copie, on a tracé les courbes $E(x)$ de variation de l'éclairement de chacune des lampes.

On note $E_r(x) = E + E'$, l'éclairement résultant.

2) a- A l'aide du tracé réalisé sur le document, tracer l'allure de la courbe représentant $E_r(x)$ sur le segment OO' .

b- Commenter la courbe obtenue.

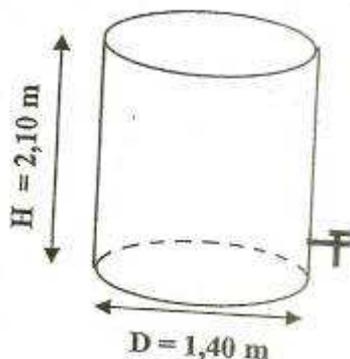


Solution acide Oxydoréduction

Stockage des eaux de ruissellement

(Les deux parties A et B sont indépendantes)

On utilise une cuve cylindrique en acier (alliage à base de fer), destinée à recueillir les eaux de ruissellement.



Ses dimensions sont les suivantes :

Diamètre : $D = 1,40 \text{ m}$

Hauteur : $H = 2,10 \text{ m}$

Son taux de remplissage est de 80%.

Données :

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

Constante d'autoprotolyse de l'eau : $K_e = 10^{-14} = [H_3O^+].[OH^-]$

A- Traitement de l'eau

L'eau recueillie est acide.

Elle contient, en plus ou moins grande quantité des sulfates, du sodium, du calcium, de l'ammonium, et même des nitrates, en fonction des sols traversés.

1) Nommer chacun des ions suivants : ion Ca^{2+} et ion NO_3^- .

L'eau de la cuve a un pH de 4,6.

2) a- Cette eau est-elle acide ou basique ?

Justifier.

b- Calculer la concentration molaire en ions oxonium H_3O^+ .

Pour neutraliser l'eau de la cuve, on lui ajoute un volume V de solution d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration molaire $C = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

3) a- Quel doit-être la valeur du pH de l'eau après neutralisation ?

b- Ecrire l'équation de la réaction de neutralisation entre les ions H_3O^+ et OH^- .

c- Calculer le volume de soude versé.

B- Protection contre la corrosion

Données :

Potentiels standard d'oxydoréduction :

$$E^0(Zn^{2+} / Zn) = -0,77 \text{ V}$$

$$E^0(Fe^{2+} / Fe) = -0,44 \text{ V}$$

Quantité d'électricité transportée par une mole d'électrons : $F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$, en valeur absolue.

Afin de protéger la cuve en acier, on pulvérise une fine couche de zinc sur toutes ses faces.

1) A l'aide des données, montrer que le zinc peut assurer la protection de cuve.

La quantité d'électricité mise en jeu en deux ans au cours de l'oxydation du zinc protecteur est

$$Q = 1,89 \cdot 10^6 \text{ C.}$$

a- En déduire la quantité d'électrons (en moles) transférés.

b- Calculer la masse de zinc consommé pendant ces deux années.

EEC 2008

Thermique et condensation

Thermique

Les murs latéraux d'un local industriel maintenu à la température constante $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ sont réalisés en béton banché d'épaisseur $e = 20 \text{ cm}$ et de conductivité thermique $\lambda = 1,2 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Les résistances thermiques surfaciques superficielles interne et externe ont respectivement pour valeur :

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

- 1) Calculer la résistance thermique surfacique r de la paroi.
- 2) En déduire le coefficient de transmission thermique.
- 3) Calculer le flux thermique surfacique lorsque la température extérieure a pour valeur : $\theta_e = 0^\circ\text{C}$.
- 4) Calculer alors les températures des faces interne θ_{si} et externe θ_{se} de la paroi.
- 5) Calculer la quantité de chaleur, transmise par jour et par unité de surface de la paroi.
On l'exprimera en $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$.

Condensation

L'humidité relative ou degré hygrométrique de l'enceinte intérieure du local est $H_R = 60\%$.

La pression partielle de vapeur d'eau est donnée par la formule : $p(\text{H}_2\text{O}) = H_R \times p_m$.

La pression de vapeur saturante de l'eau à la température de 20°C a pour valeur : $p_m = 18 \text{ mm}$ de mercure.

On assimilera la vapeur d'eau à un gaz parfait de masse molaire $M = 18\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- 1) Vérifier que la pression partielle de vapeur d'eau $p(\text{H}_2\text{O})$, à l'intérieur du local, vaut environ $1,44 \cdot 10^3 \text{ Pa}$.
- 2) Calculer la masse d'eau à l'état de vapeur contenue dans le local dont le volume global est $V = 1600 \text{ m}^3$.

Données :

Constante des gaz parfaite : $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masse volumique du mercure : $\rho = 13600 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

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

$T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$

Oxydoréduction

Protection contre la corrosion.

Données :

Longueur initiale de l'anode en magnésium : $L = 200 \text{ mm}$; diamètre, $d = 33 \text{ mm}$.

Magnésium : symbole : Mg ; masse volumique : $\rho = 1738 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, masse molaire : $M = 24 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Nombre d'Avogadro : $N_a = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Quantité d'électricité transportée dans une mole d'électrons, en valeur absolue :

Un faraday (F) = $96.485 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Une année : $3,15 \cdot 10^7 \text{ s}$

Demi-équations d'oxydoréduction :

$\text{Mg}^{2+} / \text{Mg} : \text{Mg}^{2+} + 2 e^- = \text{Mg} \quad E_0 = - 2,37 \text{ V}$

$\text{Fe}^{2+} / \text{Fe} : \text{Fe}^{2+} + 2 e^- = \text{Fe} \quad E_0 = - 0,44 \text{ V}$

Extrait d'une notice technique.

« Les ballons d'eau chaude sont en acier, ils sont pourvus sur toute leur surface interne d'une couche protectrice en émail. Elle est apposée à l'aide d'un procédé spécial et garantit, avec l'anode de magnésium incorporée en supplément, une protection efficace contre la corrosion. L'anode de magnésium est à faire contrôler une première fois au bout de 2 ans puis à intervalles correspondants par le service après-vente et éventuellement à remplacer. En fonction de la qualité de l'eau potable (conductibilité) il est conseillé de faire contrôler l'anode à intervalles plus courts. Si le diamètre de l'anode se réduit à des valeurs de l'ordre de 10 à 15 mm, il est recommandé de la remplacer »

- 1) Citer les deux types de protection évoqués dans la notice.
- 2) Expliquer le rôle de l'anode de magnésium dans la protection du fer contre la corrosion
Au bout de deux ans on constate que le diamètre de l'anode cylindrique est égal à 23 mm.
- 3) a- Quelle masse m de magnésium a été consommée en une année ?
b- Quelle quantité d'électricité Q a circulé à travers l'anode en une année ?
On suppose que l'intensité I du courant qui traverse l'anode est constante.
c- Quelle est la valeur de I en ampère ?

Acoustique

Etude acoustique de deux salles contiguës

Isolation acoustique

On s'intéresse au mur de séparation entre une salle de concert et une salle de réunion.

On dispose dans une salle de concert une source supposée ponctuelle émettant de façon homogène dans toutes les directions.

Cette source émet une puissance acoustique P égale à 1,00 W.

On mesure le niveau sonore $L_1 = 92$ dB au voisinage du mur de séparation entre la salle de concert et la salle de réunion, du côté salle de concert.

On appelle L_2 le niveau sonore au voisinage du même mur du côté salle de réunion.

1) Donner l'expression de l'indice d'affaiblissement acoustique R en fonction de L_1 et L_2 .

Les matériaux utilisés pour construire le mur sont caractérisés par un coefficient de transmission de la paroi : $\tau = 8,50 \cdot 10^{-4}$.

2) Exprimer R en fonction de τ .

Calculer R .

3) Calculer la valeur du niveau sonore L_2 .

4) Proposer une solution technique pour abaisser la valeur de L_2 .

Propagation directe du son

1) A l'intérieur de la salle de concert, calculer l'intensité sonore I et le niveau sonore L , attendus à une distance $d = 5$ m de la source évoquée précédemment.

En réalité on mesure à cet endroit, un niveau sonore $L = 97$ dB.

2) Quel(s) phénomène(s) peuvent expliquer cette différence ?

Propagation en espace clos

Les deux salles de réunion et de concert sont de même dimensions :

Longueur $L = 15,00$ m ; largeur $\ell = 10,00$ m et hauteur $h = 3,20$ m.

« Dans un espace clos tel que la salle de concert, les parois et les objets présents se comportent comme des sources secondaires.

Au son direct se superposent des sons réfléchis, diffusés et diffractés.

Ceci définit le phénomène de réverbération qui se caractérise par la mesure du temps de réverbération T_R »

Sans revêtement particulier de ces salles, la mesure donne $T_R = 2,2$ s.

1) En déduire la surface d'absorption équivalente d'une de ces salles.

Dans la salle de concert, les murs sont recouverts d'un matériau de coefficient d'absorption $\alpha_1 = 0,20$.

Le plancher n'intervient pas dans le calcul.

On recouvre le plafond avec un matériau de coefficient d'absorption α_2 pour amener le temps de réverbération T_R d'une salle à la valeur 1,5 s.

2) Calculer α_2 .

Le cahier des charges impose pour la salle de réunion un temps de réverbération T_R de 0,5 s.

3) Ce choix vous semble-t-il justifié ?

EEC 2009

Acoustique

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

Fréquences centrales des bandes d'octaves (Hz)	125	250	500	1000	2000
Niveau d'intensité L (dB)	71	70		65	57
Intensité sonore I ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)		$1,00\cdot 10^{-5}$	$4,00\cdot 10^{-6}$	$3,16\cdot 10^{-6}$	$5,01\cdot 10^{-7}$

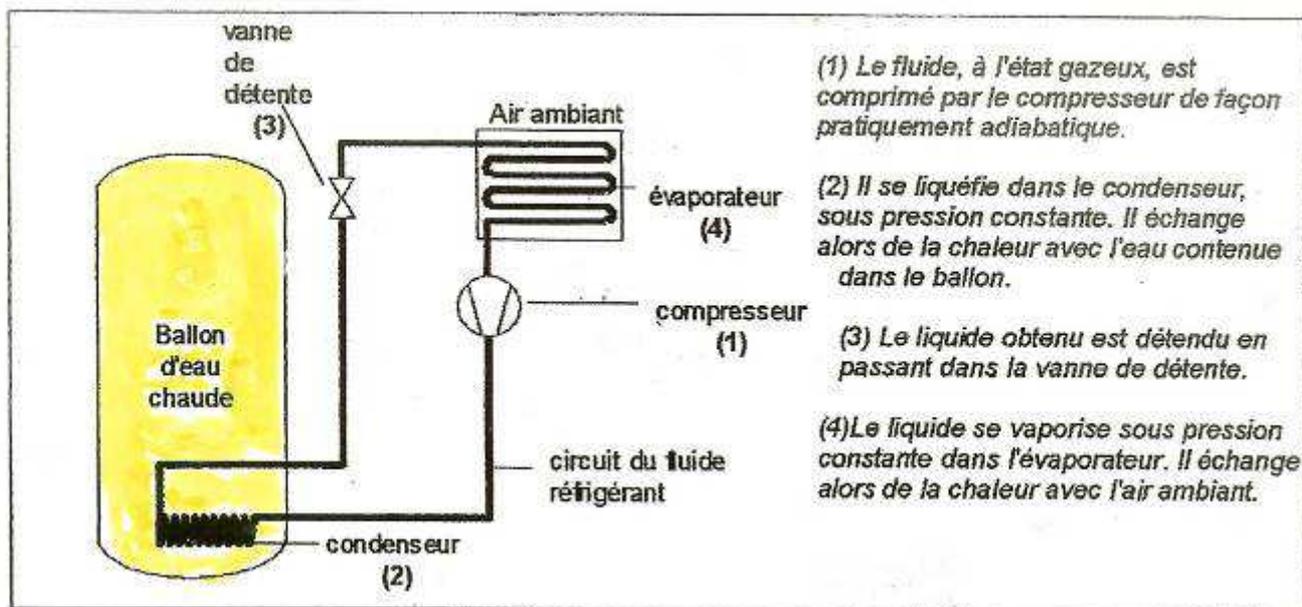
- 1) Rappeler la définition d'une bande d'octave.
- 2) Calculer les valeurs manquantes dans le tableau ci-dessus.
- 3) Calculer le niveau d'intensité acoustique global de ce bruit.

Thermodynamique

Chauffe-eau

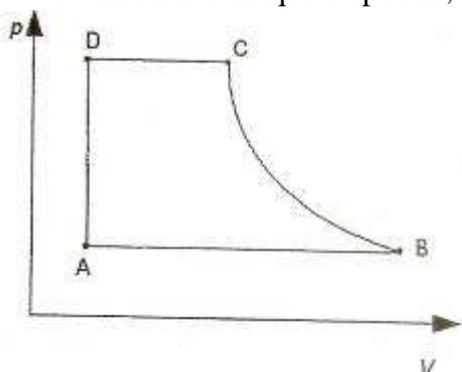
(Les trois parties A, B et C sont indépendantes)

Dans un chauffe-eau dit « thermodynamique », le chauffage de l'eau est assuré par une pompe à chaleur. Le principe de la pompe à chaleur repose sur les transformations subies par un fluide réfrigérant, selon un cycle dont les étapes sont représentées sur la figure ci-dessous :



A. Cycle du fluide

- 1) Que signifie le terme « adiabatique » employé pour décrire l'étape (1) ?
- 2) Par quel terme désigne-t-on des transformations s'effectuant :
 - a- à pression constante ?
 - b- à volume constant ?
- 3) On modélise le cycle du fluide sur le diagramme de la figure suivante :
 - a- Associer à chaque étape AB, BC, CD et DA, une des étapes (1),(2), (3) ou (4) du cycle décrit précédemment, en justifiant.



- b- On appelle Q_2 la chaleur échangée par le fluide lors de l'étape (2), Q_4 la chaleur échangée par le fluide lors de l'étape (4). Préciser le signe de Q_2 , et celui de Q_4 , en justifiant.
- c- Quel est le travail W reçu par le fluide lors de l'étape DA ?
- d- Au cours de quelle étape la pompe à chaleur consomme-t-elle de l'énergie électrique ?

B. Transfert de chaleur

- 1) Citer les trois modes de transfert de chaleur.
- 2) Quel est celui qui justifie l'emplacement du condenseur dans la partie basse du ballon ?

C. Consommation d'énergie

Dans les conditions usuelles de fonctionnement, la puissance thermique restituée à l'eau est de $P_{th} = 2000 \text{ W}$. La capacité du chauffe-eau est de $V = 300 \text{ L}$.

- 1) Le ballon étant initialement rempli d'eau à 15°C , déterminer la quantité de chaleur Q pour chauffer ces 300 L d'eau jusqu'à 50°C .
- 2) En déduire la durée de cette opération.

Le coefficient de performance ε d'une pompe à chaleur désigne le quotient de la puissance utile (thermique) qu'elle fournit, par la puissance électrique qu'elle absorbe.

Le fabricant indique pour la pompe à chaleur un coefficient de performance $\varepsilon = 3,5$.

- 3) Déterminer la puissance électrique P_e consommée par le compresseur.
- 4) En déduire l'énergie électrique E consommée par le compresseur (pour le chauffage de 300 L d'eau de 15°C à 50°C) exprimée en kWh.

Données :

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

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

Solution acide

Récupération de l'eau de pluie

Monsieur D. envisage d'installer un dispositif lui permettant de récupérer l'eau de pluie et de l'utiliser pour l'arrosage de son jardin.

L'eau de pluie recueillie sera stockée dans une citerne enterrée de capacité $V = 8,0 \text{ m}^3$.

pH de l'eau de pluie.

- 1) Indiquer comment effectuer une mesure rapide de pH sur une faible quantité de liquide (quelques gouttes de pluie)

Une analyse plus précise effectuée sur un volume d'eau recueillie plus important permet de déterminer une concentration molaire en ions H_3O^+ de $6,3 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

- 2) Calculer le pH de l'eau, en donnant le résultat avec deux chiffres significatifs.
- 3) L'eau de pluie recueillie est-elle acide ou basique ? justifier.

L'eau de pluie est stockée dans une cuve en béton.

La chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$ contenue dans une cuve en béton réagit sur l'eau de pluie.

L'équation bilan de cette réaction est : $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$

- 4) Dans quel sens évolue le pH ? Justifier.
- 5) Calculer la quantité (en mole) d'ions H_3O^+ apportés par l'eau de pluie quand la cuve est pleine.
- 6) En déduire la masse de chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$ extraite du béton. Commenter le résultat.

Chimie organique

A la place d'une cuve en béton on peut également utiliser une cuve en polyéthylène, plus facile à mettre en place car plus légère.

Le polyéthylène est un composé macromoléculaire de formule



- 1) Expliquer le terme « macromoléculaire ».
- 2) Nommer le monomère, donner sa formule semi-développée et indiquer la famille organique à laquelle il appartient.
- 3) Ecrire l'équation de la réaction polymérisation de ce monomère.

EEC 2010

Dans le cadre d'un projet de réalisation d'une maison écologique, on se propose d'étudier quelques éléments de cet habitat :

- l'éclairage par la lumière naturelle à l'aide d'un « tube solaire »
- la citerne de récupération de l'eau de pluie
- le poêle à bois

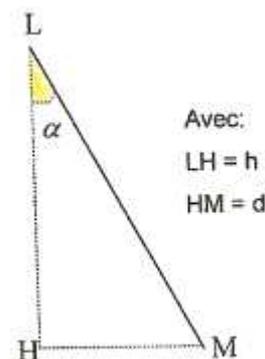
Photométrie : étude d'un tube solaire

Afin d'améliorer l'éclairage d'une pièce, on peut faire pénétrer la lumière du jour par la toiture grâce à un tube solaire qui est constitué d'un dôme capteur de lumière sur la toiture, prolongé par un tube de transmission qui aboutit à un diffuseur dans la pièce.

Donnée :

$$\text{Loi de Bouguer} : E = I \cdot \frac{\cos(\alpha)}{LM^2}$$

On cherche à savoir à quelle hauteur il faut placer le diffuseur de manière à ce que l'éclairage apporté soit comparable à celui d'une lampe de 75 W d'efficacité lumineuse $k = 30 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$.



1) Lumière solaire

- a- Rappeler les valeurs extrêmes des longueurs d'onde des radiations du spectre visible.
- b- Placer sur un axe orienté en longueur d'onde les domaines du visible, de l'ultra-violet et de l'infra-rouge.

2) Etude de la lampe de 75 W

On considère que la lampe émet uniformément depuis le point L dans un angle solide de $\Omega = 2\pi$ stéradians.

- a- Calculer le flux lumineux Φ qu'émet cette lampe.
- b- En déduire l'intensité lumineuse I de celle-ci.
- c- Calculer la hauteur, notée h, à laquelle doit être placée la lampe pour que l'éclairage en H soit de $E = 100 \text{ lx}$.
- d- En utilisant la loi de Bouguer, montrer que l'éclairage en M s'écrit :

$$E = \frac{I \cdot h}{(h^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}}$$

- e- Calculer l'éclairage en M tel que $HM = 1,0 \text{ m}$.

3) Etude du tube solaire

On admet que l'on puisse considérer que le diffuseur du tube est une source ponctuelle qui émet uniformément dans un angle solide de $\Omega = 2\pi$, avec une intensité lumineuse $I = 400 \text{ cd}$ par beau temps. Calculer la hauteur h à laquelle il faudrait le placer afin d'avoir un éclairage comparable à celui de la lampe de 75 W dans les conditions de la question 2) c.

Mécanique des fluides : citerne de récupération de l'eau de pluie

On souhaite mettre en place un système permettant de récupérer et de stocker l'eau de pluie pour alimenter les WC, la machine à laver, les systèmes d'arrosage, etc.

Pour cela, on décide d'enterrer une citerne et d'y adjoindre une pompe.

Partie A : détermination du volume de la citerne

La citerne de récupération de l'eau de pluie est dimensionnée selon la quantité d'eau pouvant être récoltée sur la toiture et selon la consommation des habitants afin d'avoir un compromis taille/rentabilité le plus intéressant possible.

La toiture est constituée de deux pans identiques de longueur $L = 15,0 \text{ m}$ et de largeur $\ell = 8,0 \text{ m}$.

1) Calculer la surface S de la toiture.

Dans la région où est construite cette maison, le volume d'eau reçu par les toitures est : $P = 1,0 \text{ m}^3$ par m^2 et par an.

Le taux de récupération T de l'eau de pluie, qui dépend du type de toit, est de $T = 50\%$.

2) Calculer le volume V_p d'eau de pluie récolté en une année ainsi que l'économie E réalisée sachant que le coût de l'eau est de $C = 3,50 \text{ €} \cdot \text{m}^3$.

Le besoin annuel pour l'utilisation domestique et le jardin est $V_B = 80 \text{ m}^3$ d'eau de pluie.

Le volume V de la citerne est déterminé par le calcul de la moyenne entre la quantité récupérée en une année et le besoin annuel.

On applique ensuite à cette moyenne le coefficient $0,057$ (ce coefficient correspond au rapport entre le nombre de jours de réserve et le nombre de jours de l'année : $21 / 365 = 0,057$).

3) Calculer V en m^3 .

Partie B : puissance de la pompe immergée dans la citerne

Données

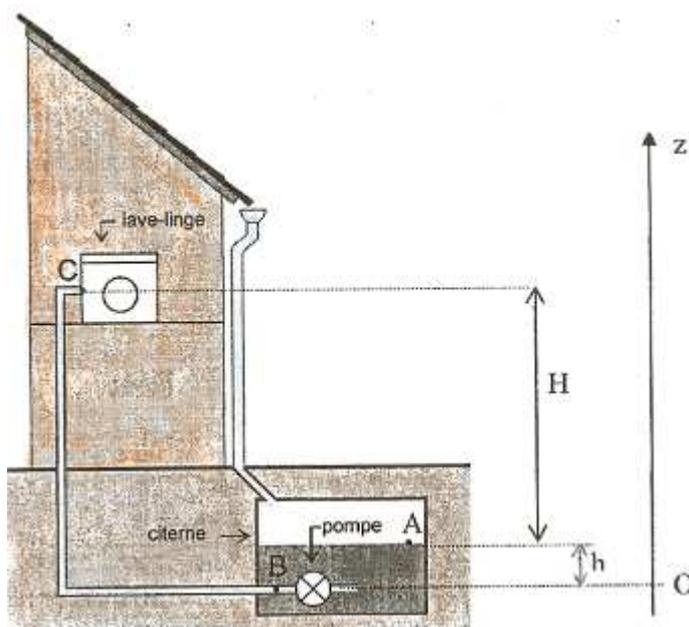
Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

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

Pression atmosphérique : $p_0 = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Théorème de Bernoulli : $\frac{1}{2} \rho \cdot (v_B^2 - v_A^2) + \rho \cdot g \cdot (z_B - z_A) + (p_B - p_A) = \frac{P}{q_v}$

On s'intéresse maintenant à la puissance de la pompe immergée dans la cuve qui permet d'alimenter en eau le lave-linge situé au premier étage de la maison.



Le lave-linge est mis en marche et la pompe s'active alors pour remplir son réservoir.

On suppose qu'aux points A et C l'eau est à la pression atmosphérique et que $v_A = 0$.

La vitesse de l'eau dans la canalisation BC, dont la section est $S = 2,5 \text{ m}^2$, est $v = 2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

4) Lorsque le débit est constant, comment qualifie-t-on le régime d'écoulement de l'eau ?

Quel est le débit volumique q_v de l'eau dans la canalisation BC ?

5) En déduire le temps Δt de remplissage du réservoir du lave-linge dont le volume est $V = 20 \text{ L}$.

On désire faire monter l'eau d'une hauteur $H = 6,0 \text{ m}$ au-dessus du niveau de la cuve.

6) En utilisant le théorème de Bernoulli entre A et C, déterminer la puissance de la pompe immergée.

7) Calculer la pression p_B au point B, en sortie de pompe, sachant que le niveau de la cuve se situe à une hauteur $h = 1,0 \text{ m}$ au-dessus de ce point.

Chimie organique : combustion dans un poêle à bois

Données :

Volume molaire dans les conditions de la combustion : $V_m = 32 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

Produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$

L'utilisation de combustible fossile provoque un accroissement de la concentration du dioxyde de carbone CO_2 dans l'atmosphère, qui peut conduire à des changements climatiques (réchauffement de l'atmosphère).

La combustion du bois garantit des rejets dans l'atmosphère avec moins de polluants que la plupart des combustibles fossiles.

De plus, la quantité de CO₂ dégagée lors de la combustion du bois est comparable à celle produite naturellement lors de sa décomposition, cette quantité de CO₂ correspond à celle qui a été extraite de l'air pour la photosynthèse au cours de la croissance de l'arbre.

Un équilibre est de la sorte obtenu.

Le bilan théorique de CO₂ produit est donc neutre.

1) A quel phénomène fait-on allusion dans la première partie du texte ?

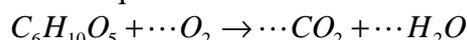
On choisit donc pour cette habitation un chauffage à l'aide d'un poêle à bois.

On s'intéresse alors à la combustion du bois dans ce poêle : détermination d'un volume de CO₂ dégagé ainsi que la possible utilisation des cendres.

On considèrera que le bois est principalement constitué de cellulose C₆H₁₀O₅.

2) Calculer la masse molaire de la cellulose.

3) Recopier et compléter l'équation-bilan équilibrée de la combustion complète de la cellulose :



On souhaite déterminer le volume de CO₂ obtenu par combustion d'une masse m = 1620 g de cellulose contenue dans une bûche.

4) a- Calculer la quantité de matière n (en mol) contenue dans 1620 g de cellulose.

b- En déduire la quantité de matière n' de CO₂ que produit la combustion.

c- En déduire dans les conditions de la combustion, le volume de CO₂ dégagé.

Solution basique

A la fin de la combustion, on peut utiliser les cendres restantes dans le jardin de l'habitation.

En effet, les cendres de bois possèdent certaines propriétés qui peuvent s'avérer utiles pour plusieurs circonstances en jardinage : la cendre est un alcalinisant (diminue l'acidité d'un sol), un antiparasitaire et un insectifuge naturel.

La présence de potasse de formule KOH_(s) explique son pouvoir alcalinisant.

On dissout les cendres de bois dans de l'eau.

5) a- Ecrire l'équation de dissolution de la potasse dans de l'eau, sachant qu'il se forme des ions potassium K⁺.

La solution obtenue a un pH égal à 11.

b- En déduire la concentration molaire [OH⁻] en ions hydroxyde.

c- Expliquer alors pourquoi l'épandage de cendres diminuera l'acidité du sol.

EEC 2011

Thermique : déperditions thermiques

- A -

Les murs d'une maison sont constitués de briques creuses.

Du côté extérieur, les briques sont recouvertes d'un enduit ciment, et du côté intérieur sont fixés des panneaux comptant un isolant et du plâtre cartonné.

Matériau	enduit	briques	isolant	plâtre
Epaisseur e (cm)	1,0	20	8,0	1,0
Conductivité thermique λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	1,25	0,50	0,040	0,33

Données :

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

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

$$\text{Température intérieure et extérieure : } \theta_i = + 20^\circ\text{C} \text{ et } \theta_e = -10^\circ\text{C}$$

1) Calculer la résistance thermique r pour 1,00 m² de mur.

En déduire le coefficient U de transmission thermique surfacique.

2) Déterminer les températures de surface : θ_{si} (intérieure) et θ_{se} (extérieure).

- B -

Les caractéristiques d'une maison sont les suivantes :

Parois	Superficie (m^2)	Coefficient de transmission thermique surfacique ($W.m^{-2}.K^{-1}$)
Murs sans isolation	$S_1 = 72,8$	$U_1 = 1,10$
Vitrage simple (fenêtres, portes)	$S_2 = 12,7$	$U_2 = 5,00$
Plafond sans combles (10 cm d'isolant)	$S_3 = 72,0$	$U_3 = 0,38$
Plancher sur vide sanitaire	$S_4 = 72,0$	$U_4 = 0,91$

Température intérieure : $\theta_i = + 20^\circ C$ et température extérieure : $\theta_e = - 10^\circ C$

1) Donner l'expression littérale du flux thermique total Φ transmis à travers l'ensemble des parois.

2) Calculer Φ .

le prix moyen du kWh d'électricité est de 0,076 €.

3) Calculer le coût du fonctionnement d'un chauffage qui permettrait de compenser les pertes thermiques par transmission au travers des parois, pendant 10 jours de froid.

Chauffe-eau solaire

Un chauffe-eau solaire comprend un capteur solaire constitué par des tubes en cuivre dans lesquels un fluide dit « caloporteur » (dans ce cas de l'eau) est mis en circulation par une pompe entraînée par un moteur électrique (circuit primaire).

Ce fluide passe dans un échangeur immergé dans l'eau contenue dans un réservoir calorifugé.

Données :

Débit assuré par la pompe : $D_v = 18 L.h^{-1}$.

Diamètre des tubes de cuivre : 5,0 mm.

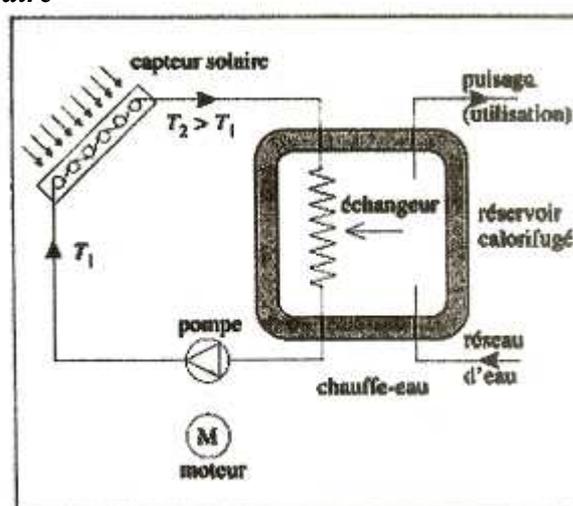
Surface du capteur : $3,0 m^2$.

Puissance solaire, par unité de surface, disponible pendant la période d'essai en moyenne : $800 W.m^{-2}$.

Puissance du moteur électrique : 60 W.

capacité thermique massique de l'eau : $c = 4180 J.kg^{-1}.K^{-1}$.

Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0.10^3 kg.m^{-3}$.



Mécanique des fluides

1) Calculer la vitesse v de circulation de l'eau dans le circuit primaire.

2) Calculer le débit massique D_m de l'eau en $kg.s^{-1}$.

Calorimétrie

Lors d'un essai, l'eau du circuit primaire rentre à la température $\theta_1 = 15^\circ C$ et ressort à la température $\theta_2 = 50^\circ C$.

La puissance thermique utile du circuit primaire est de la forme : $P = D_m.c.\Delta\theta$.

3) Justifier cette expression et faire l'application numérique.

4) Calculer le rendement du circuit primaire, ce rendement étant calculé comme le rapport de la puissance thermique utile du circuit primaire par la somme des puissances que ce circuit primaire reçoit.

Un bilan de fonctionnement établi sur 3 jours a donné les résultats suivants : on a récupéré 350 L d'eau chaude à $45^\circ C$ du réservoir calorifugé.

Cette eau était initialement à la température de $12^\circ C$.

Le circuit primaire a fonctionné 8 heures par jour.

5) Calculer l'énergie fournie par l'installation durant cette période de 3 jours.

6) En déduire le rendement énergétique de l'installation.

Solution aqueuse

Pour éliminer le carbonate de calcium CaCO_3 restant sur le revêtement dallé d'une terrasse, on fait agir une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$).

1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre les ions hydronium H_3O^+ et le carbonate de calcium CaCO_3 , sachant qu'il se forme des ions calcium Ca^{2+} , du dioxyde de carbone CO_2 et de l'eau.

On utilise 10 L d'une solution commerciale concentrée d'acide chlorhydrique obtenue par « dissolution » de 10 moles de chlorure d'hydrogène par litre d'eau.

On considère que le volume de la solution obtenue n'a pas changé après dissolution du chlorure d'hydrogène.

On dilue alors, en ajoutant de l'eau, pour obtenir 50 L de solution.

2) a- Calculer la concentration molaire de la solution ainsi obtenue.

b- Quelle est la quantité de matière (en moles) d'ions H_3O^+ présents ?

On verse la totalité de la solution diluée sur la terrasse.

10 % seulement des ions H_3O^+ contenus dans la solution réagissent sur le dépôt de carbonate de calcium.

3) Déterminer la masse de carbonate de calcium éliminer.

EEC 2012**Projet de construction d'une maison passive**

Le Grenelle de l'environnement a fixé les objectifs à atteindre d'ici 2020 en matière de performance énergétique dans le bâtiment.

La réglementation prévoit la construction de bâtiments à énergie positive, bâtiments qui, sur une année, produisent plus d'énergie (électrique, thermique...) qu'ils n'en consomment pour leur fonctionnement.

Ce sont généralement des bâtiments très performants, dont la consommation énergétique est très basse.

Dans le cadre d'un projet de construction d'une maison passive, on se propose de mener une réflexion sur le **choix de la ventilation**, d'étudier le **système d'extracteur d'air** et d'évoquer le **néopor**, un **matériau d'isolation thermique** performant.

Le sujet est constitué de trois parties indépendantes :

Partie A : Choix du système de ventilation

Partie B : Etude du système d'extracteur d'air

Partie C : Etude du néopor

(Le nombre de chiffres significatifs d'un résultat devra être cohérent avec les données de l'énoncé.

Une attention particulière sera apportée aux unités utilisées)

A- Choix du système de ventilation**Calorimétrie**

Données :

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

capacité thermique massique de l'air : $c_{\text{air}} = 714 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

A₁- Ventilation à simple flux

Un système moderne de ventilation à simple flux permet d'assurer le renouvellement de l'air avec un débit $Q_v = 100 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ pour l'ensemble du logement.

On s'intéresse à l'air renouvelé pendant les trois mois d'hiver, soit une durée $\Delta t = 90$ jours.

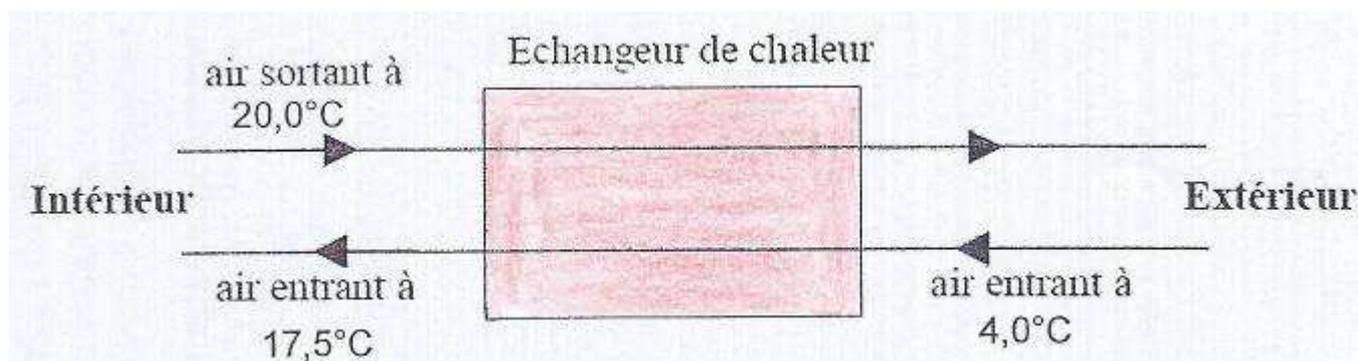
L'air intérieur est extrait à la température de l'habitation $\theta_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$ et est remplacé par de l'air extérieur à la température extérieure $\theta_{\text{ext}} = 4,0^\circ\text{C}$.

1) Quel est, sur cette période, le volume V_{air} d'air total renouvelé ?

2) Quelle est la quantité de chaleur Q_1 nécessaire pour amener ce volume d'air de la température $\theta_{\text{ext}} = 4,0^\circ\text{C}$ à la température $\theta_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$?

A₂- Ventilation à double flux, avec échangeur de chaleur

Afin de réduire la consommation énergétique du foyer, on a recours à un système de ventilation à double flux avec échangeur de chaleur.



L'échangeur de chaleur permet à l'air sortant de céder sous forme de chaleur une partie de son énergie à l'air entrant qui est ainsi « réchauffé » sans mélange de flux d'air et sans chauffage préalable.

A l'entrée de l'échangeur, l'air entrant est à la température $\theta_{\text{ext}} = 4,0^\circ\text{C}$.

Après passage dans l'échangeur, il ressort à la température $\theta = 17,5^\circ\text{C}$.

3) Calculer la quantité de chaleur Q_2 récupérée par l'air entrant dans l'échangeur (on considérera que le volume d'air entrant est le même que celui calculé à la question 1).

4) a- Calculer le taux de récupération τ de la chaleur de l'air entrant sortant (en %), à l'aide de la relation :

$$\tau = \frac{Q_2}{Q_1} \times 100$$

b- Dans le cas d'une maison passive, ce taux de récupération doit être supérieur à 75%.

Conclure.

Grâce à un système de chauffage, l'air entrant est ensuite porté à la température $\theta_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$.

5) Calculer la quantité de chaleur Q_2 que doit apporter le système de chauffage au volume d'air entrant.

A₃- Comparaison des deux systèmes de ventilation

Le coût de chauffage est estimé à 0,12 € par kilowattheure.

6) Calculer le coût de chauffage de l'air renouvelé par un système de ventilation à simple flux.

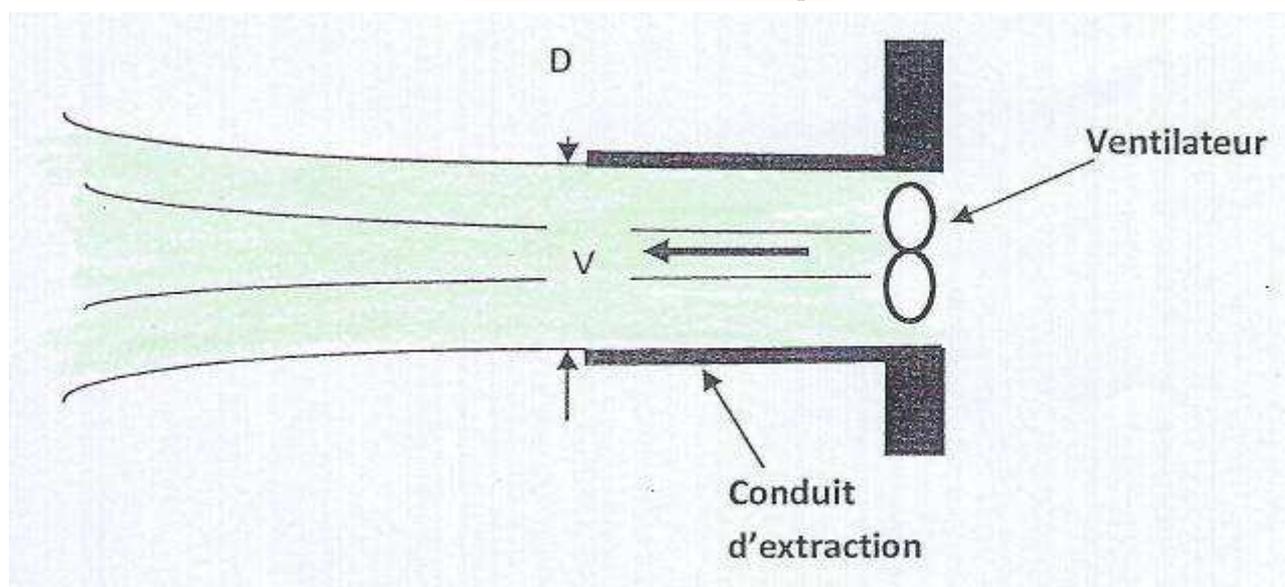
7) Calculer le coût de chauffage de l'air renouvelé par un système de ventilation à double flux avec échangeur de chaleur.

8) Conclure.

B- Etude du système d'extracteur d'air

On étudie le système de ventilation représenté ci-dessous :

Extracteur d'air vu en coupe



Données :

Surface au sol du logement : $S = 40 \text{ m}^2$

Hauteur du logement : $H = 2,5 \text{ m}$

Diamètre intérieur du conduit d'extraction : $D = 8,0 \text{ cm}$

Température de l'air extérieur $\theta_{\text{ext}} = 4,0^\circ\text{C}$

Température de l'air intérieur $\theta_{int} = 4,0^{\circ}\text{C}$

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

Seuil d'audibilité de l'oreille humaine à 1000 Hz : $I_0 = 1,00.10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

Mécanique des fluides

Etude de l'écoulement d'air

On étudie l'écoulement de l'air dans la canalisation cylindrique de l'extracteur.

1) Déterminer le volume V_L du logement.

Afin d'assurer une qualité convenable de l'air, l'air du logement doit être renouvelé une fois par heure.

2) En déduire le débit volumique du flux d'air extrait Q_v en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$.

3) a- Donner l'expression de la vitesse v d'écoulement de l'air dans la canalisation, en fonction du débit volumique Q_v de l'écoulement et du diamètre intérieur D du conduit d'extraction.

b- Calculer la valeur de v .

Acoustique

Etude acoustique du système de ventilation

Le ventilateur de l'extracteur d'air émet un bruit dans le local où il est installé.

Les résultats des mesures des niveaux sonores, par bande d'octave, sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Fréquence centrale de la bande d'octave (Hz)	125	250	500
Niveau sonore (dB)	40	30	20

Donnée : tableau de pondérations

Fréquence centrale de la bande d'octave (Hz)	125	250	500
Pondération A (dB)	-16	-8	-3

1) a- Qu'appelle-t-on « bandes d'octave »

b- Déterminer :

b₁- la fréquence minimale f_{min} de la bande d'octave centrée sur la fréquence 125 Hz.

b₂- la fréquence maximale f_{max} de la bande d'octave centrée sur la fréquence 500 Hz.

2) a- Calculer la valeur de l'intensité globale I du bruit que produit le ventilateur.

b- En déduire le niveau d'intensité sonore global L en dB.

La réglementation limite le niveau sonore généré par l'extracteur d'air à 30 dB(A).

3) a- Déterminer les niveaux pondérés A par bandes d'octaves.

(présenter les résultats sous forme d'un tableau).

b- Déterminer le niveau global $L(A)$ en dB(A).

c- L'extracteur d'air est-il conforme à la réglementation ?

C- Etude du néopor

Chimie organique

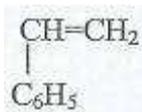
Le néopor est un polystyrène expansé auquel on a ajouté du graphite, ce qui lui confère ses propriétés remarquables en termes d'isolation.

Pour construire des maisons passives, on préfère du néopor à la place du polystyrène expansé.

C'est un matériau plus performant en matière d'isolation thermique.

Donnée :

Formule semi-développée du styrène :



C₁- Du styrène au polystyrène

Le polystyrène est fabriqué à partir du styrène.

A l'issue de la réaction de synthèse, on obtient un polystyrène dont le degré (ou indice) de polymérisation est $n = 2000$.

1) a- Ecrire l'équation chimique de la réaction de synthèse du polystyrène.

b- Comment s'appelle ce type de réaction chimique ?

2) a- Calculer la masse molaire du styrène M_s .

b- En déduire la masse molaire moléculaire M_p du polystyrène obtenu.

C₂- Le bloc de néopor

Un bloc de néopor utilisé en isolation thermique a pour dimension 60cm x 20cm x 30cm.

Sa masse volumique est $\rho = 20 \text{ kg.m}^{-3}$.

3) Calculer la masse m de ce bloc de néopor.

C₃- Du polystyrène dans le néopor

Le polystyrène contenu dans ce bloc de néopor a été préparé en utilisant 14,4 grammes de styrène.

- 4) a- Quelle est la masse de polystyrène obtenue.
b- En déduire la quantité de matière de polystyrène obtenue ?
c- Quel est le pourcentage (en masse) de polystyrène dans le néopor ?